

ISSN 2687-0509

ТИХООКЕАНСКАЯ ГЕОГРАФИЯ



4(16).2023

ТИХООКЕАНСКАЯ ГЕОГРАФИЯ

Научный журнал

4 (16). 2023

Учредитель

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

Журнал основан в 2020 г.

Выходит 4 раза в год

СОДЕРЖАНИЕ

Изучение территориальных социально-экономических систем и их компонентов

ОСИПОВ К.А., КАЛЕДИН Н.В. Современная электоральная география Японии: основные черты и особенности женского представительства	5
ГОЛЬДЕНБЕРГ Л.М. Трансформация городской среды в зоне влияния новых станций метрополитена в Санкт-Петербурге	17

Изучение природных геосистем и их компонентов

ШЕСТЕРКИН В.П., ШЕСТЕРКИНА Н.М. Пространственная и сезонная изменчивость содержания железа в воде Бурейского водохранилища	29
СКРЫЛЬНИК Г.П., [КРЫЛОВ И.И.], КАЧУР А.Н., НЕВСКИЙ В.Н. Структура современных экзогенных геоморфологических процессов Чукотки	38
УШАКОВ М.В. Гидрологические расчеты и прогнозы для рек Верхней Колымы и Северного Приохотоморья в условиях климатических изменений	52
УХОВ Н.В. Современный тепловой сток горных рек криолитозоны: геоэкологические особенности формирования на примере Верхней Колымы	64
ГОРБАТЕНКО Л.В. Оценка аккумулирующей емкости поймы реки Амур во время наводнения 2013 г. по данным гидрологических наблюдений	74
ДЕМИДИОНОВ М.Ю. Пространственное моделирование потенциала развития альтернативной энергетики на примере острова Сахалин	82

Хроника

Современная Евразия: общественно-географический анализ. БАТОМУНКВЕВ В.С., ГОМБОЕВ Б.О., ЖАМБЯНОВ Д. Ц.-Д.	93
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Памяти коллеги

Светлой памяти Петра Яковлевича Бакланова. МОШКОВ А.В.	97
К 85-летию со дня рождения Дмитрия Григорьевича Пикунуова. МАТЮШИНА О.А.	100

Авторский указатель статей, опубликованных в 2023 году	104
--------------------------------------------------------------	-----

Главный редактор
академик РАН, вице-президент Русского географического общества,
научный руководитель ФГБУН Тихоокеанский институт географии ДВО РАН
П.Я. БАКЛАНОВ

Заместители главного редактора:
МОШКОВ А.В. – д.г.н., главный научный сотрудник ТИГ ДВО РАН
ГАНЗЕЙ К.С. – к.г.н., директор ТИГ ДВО РАН

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

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

Редакционная коллегия:

- | | |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Бровко П.Ф. | – д.г.н., профессор Дальневосточного федерального университета (г. Владивосток) |
| 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) |
| Говорушко С.М. | – д.г.н., главный научный сотрудник Тихоокеанского института географии ДВО РАН (г. Владивосток) |
| 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) |
| Ермошин В.В. | – к.г.н., ведущий научный сотрудник Тихоокеанского института географии ДВО РАН (г. Владивосток) |
| 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) |
| 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) |
| Пинной Чжан | – профессор, заместитель директора Института географии и агроэкологии КАН (Китай) |
| 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) |
| Сунь Цзилинь | – академик Инженерной Академии Китая, Институт географических исследований и природных ресурсов КАН (Китай) |
| 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) |
| Шулькин В.М. | – д.г.н., главный научный сотрудник Тихоокеанского института географии ДВО РАН (г. Владивосток) |
| Ян Япин | – профессор, заведующий отделом Института географических исследований и природных ресурсов КАН (Китай) |

PACIFIC GEOGRAPHY

Scientific journal

4 (16). 2023

Founder

Pacific Geographical Institute
Far Eastern Branch
Russian Academy of Sciences

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., KALEIDIN N.V. Modern electoral geography of Japan: the main features and peculiarities of women's representation	5
GOLDENBERG L.M. Transformation of the urban environment in the influence zone of new metro stations in St. Petersburg	17

Examination of the natural geosystems and their components

SHESTERKIN V.P., SHESTERKINA N.M. Spatial and seasonal variability of iron content in the waters of the Bureya Reservoir	29
SKRYLNIK G.P., [KRYLOV I.I.], KACHUR A.N., NEVSKY V.N. The structure of modern exogenous geomorphic processes in Chukotka	38
USHAKOV M.V. Hydrological calculations and forecasts for the rivers of Upper Kolyma and Northern Priokhotomorie in the context of climate change	52
UKHOV N.V. Contemporary heat flow of mountain rivers of the cryolithozone: geoecological features of its formation by the example of the Upper Kolyma	64
GORBATENKO L.V. Assessment of flood storage capacity of the Amur river floodplain in the flood of 2013 with hydrological data	74
DEMIDIONOV M. Yu. Spatial modeling of the potential for alternative energy development on the example of Sakhalin Island	82

Chronic

Modern Eurasia: socio-geographical analysis. <i>BATOMUNKUEV V.S., GOMBOEV B.O., ZHAM'ANOV D. Ts.-D.</i>	93
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

In memory of a colleague

In bright memory of Peter Yakovlevich Baklanov. <i>MOSHKOV A.V.</i>	97
To the 85th anniversary of the birth of Dmitry Grigorievich Pikunov. <i>MATYUSHINA O.A.</i>	100

Author index of articles published in 2023	104
--------------------------------------------------	-----

Chief Editor

Academician of the Russian Academy of Sciences, the Vice-president of the Russian Geographical Society,
Scientific Adviser of Pacific Geographical Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences

P.Ya. BAKLANOV

Deputy Editors:

A.V. MOSHKOV – ScD. (Geography), Chief Researcher of PGI of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences
K.S. GANZEI – PhD., 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)
Ermoshin V.V. – PhD (Geography), Leading research associate of Pacific Geographical Institute of FEB RAS (Vladivostok)
Garmaev E.Zh. – Correspondent Member of RAS, Director of Baikal Institute of Nature Management of the Siberian Branch of RAS (Ulan-Ude)
Govorushko S.M. – ScD (Geography), senior research associate of Pacific Geographical Institute of FEB RAS (Vladivostok)
Jiulin Sun – professor, academician of the Chinese Academy of Engineering; Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences (Beijing, China)
Kachur A.N. – PhD (Geography), Leading research associate of Pacific Geographical Institute of FEB RAS (Vladivostok)
Makhinov A.N. – ScD (Geography), Senior 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)
Novikov A.N. – ScD (Geography), Professor of Baikal University (Chita)
Osipov S.V. – ScD (Biology), Senior research associate of Pacific Geographical Institute of FEB RAS (Vladivostok)
Panichev A.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)
Plyusnin V.M. – ScD (Geography), Research Adviser of Institute of Geography of the Siberian Branch of RAS (Irkutsk)
Razjigaeva N.G. – ScD (Geography), Senior research associate of Pacific Geographical Institute of FEB RAS (Vladivostok)
Shamov V.V. – ScD (Geography), Senior research associate of Pacific Geographical Institute of FEB RAS (Vladivostok)
Shulkin V.M. – ScD (Geography), Senior 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)
Vinh Cam Lai – professor, Vice-President of the Association of Asian Geographers (Hanoi, Vietnam)
Voronov B.A. – Correspondent Member of RAS, Research Adviser of Institute of Water Ecological Problems of FEB RAS (Khabarovsk)
Yaping Yang – professor, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences (Beijing, China)
Zharikov V.V. – PhD (Geography), Deputy Director of Pacific Geographical Institute of FEB RAS (Vladivostok)



Современная электоральная география Японии: основные черты и особенности женского представительства

Константин Анатольевич ОСИПОВ
магистрант
Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
kostia.osipov2015@yandex.ru, orcid 0009-0001-0140-4109

Николай Владимирович КАЛЕДИН
кандидат географических наук, доцент
Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
n.kaledin@spbu.ru, orcid 0000-0003-1436-7527

Аннотация. В различных странах существует разрыв в голосовании на всеобщих выборах между склонными к резким переменам городами и консервативно настроенной сельской местностью. Одним из аспектов политической модернизации и новизны, который может предложить город, является более активное участие и поддержка избирателями женщин-депутатов. Японский опыт малоизвестен и интересен своими противоречиями: очень высокий уровень урбанизации, множество партий имеют в городах свой основной электорат, но избирательная система подстроена под село, откуда в парламент проходит основная часть депутатов правящей Либерально-демократической партии; страна ориентируется на западные стандарты демократии, но в ней сильно влияние династий политиков и кланов, а женщины недостаточно представлены на руководящих должностях. По сути в Японии создан относительно гармоничный гибрид элементов политических систем Запада и Востока. В данном исследовании выявлены регионы поддержки на выборах в Палату представителей Японии по мажоритарной системе как традиционных, так и популистских партий за период с 2000 по 2021 г. Проведена типология женщин-политиков, прошедших в парламент в зависимости от того, в какую часть городской агломерации входит их избирательный округ; определены округа и регионы, где существенная поддержка партии совпадает с успешными выступлениями женщин-политиков. Установлено, что многие депутаты-женщины начинали карьеру в популистской партии, а затем переходили в более крупные и стабильные. Обозначены возможные причины неудач на выборах в парламент: сильные позиции традиционных партий, роль технического кандидата, особенности границ округов.

Ключевые слова: электоральная география, Япония, женское представительство

Для цитирования: Осипов К.А., Каледин Н.В. Современная электоральная география Японии: основные черты и особенности женского представительства // Тихоокеанская география. 2023. № 4. С. 5–16. https://doi.org/10.35735/26870509_2023_16_1. EDN: GELNTD.

Modern electoral geography of Japan: the main features and peculiarities of women's representation

Konstantin A. OSIPOV

Master's student

St Petersburg University, Saint Petersburg, Russia

kostia.osipov2015@yandex.ru, orcid 0009-0001-0140-4109

Nikolay V. KALEDIN

Candidate of Geographical Sciences, Assistant professor

St Petersburg University, Saint Petersburg, Russia

n.kaledin@spbu.ru, orcid 0000-0003-1436-7527

Abstract. Cities, unlike villages, are a powerful initiator and conductor of various innovations, which then spread throughout the country or the world. The Japanese political system is interesting with a combination of Western parliamentarism and traditional elements for the country. Elections are constantly held with the participation of rather heterogeneous political forces, but the same party has been in power for almost the entire post-war period, and deputies from it are quite often related. The state strives to achieve gender equality in leadership positions, but voters, for the most part, are distrustful of a female politician, therefore, compared to the countries of Europe and the United States, there are not so many of them in power. The purpose of this study is to develop a typology of women elected to parliament, depending on which part of the city her constituency belongs to: to the center, outskirts or outside it, but within the boundaries of the agglomeration. In the course of the work, spatial patterns were revealed in the distribution of votes in the elections to the House of Representatives of Japan from 2000 to 2021 of both traditional and populist parties, regions with significant support for a certain political force were correlated with frequent cases of women entering parliament as deputies. Conservative-leaning parties are tied to less urbanized territories, liberal ones - more to cities. It is established that populist parties have geographically limited support; they do not go far beyond the native places of the main persons. Many elected women deputies started their careers in a populist party, and then, if successful, moved to larger and more stable ones. The possible reasons why candidates do not get into parliament are outlined, among which: the strong positions of traditional parties or the presence of hereditary deputies, the role of a technical candidate, a kind of cutting of districts.

Keywords: Electoral geography, Japan, women's representation, parliamentarism

For citation: 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 Russ.). https://doi.org/10.35735/26870509_2023_16_1.

Введение

В современном обществе положение и взаимоотношение женщин и мужчин претерпели серьезные изменения. Женщина стала больше вовлекаться в различные социальные и экономические процессы, играя все чаще несвойственные ей ранее роли. При этом очевидна пространственная неоднородность этого процесса: в городе, в более развитых странах и регионах у женщин больше возможностей для проявления себя, чем в сельской местности или территории с более традиционным укладом жизни. Ответом на данные вызовы времени стало возникновение в 1970-е гг. на Западе особого раздела общественной географии – «географии женщин», трансформировавшейся спустя 20 лет в «гендерную» или «феминистскую», учитывающую уже идентичность и самовосприя-

тие женского пола в различных культурах и ситуациях [1]. Среди исследователей первого периода можно выделить таких как Ж. Тиверс, Л. Пикап, Л. Палм (социальная роль жен и матерей), П. Барнетт, А. Хейфорд, С. Маккензи (положение на рынке труда), второго – К. Двайер, П. Хопкинс, А. Наяк (религиозные убеждения и возраст) [2]. В 1994 г. возник главный рецензируемый журнал по данной тематике исследований – «Gender, Place and Culture – A Journal of Feminist Geography» [3]. С середины 2000-х гг. в связи с сильным размыванием различий между мужчиной и женщиной в условиях современного города, а также влиянием политической конъюнктуры стали затрагиваться темы маскулинности и сексуальности женщин (П. Хопкинс, К. Шредер, М. Браун и др.) [4]. В России развитие данной отрасли науки находится в начальной стадии, охватывая в основном социально-экономические аспекты. Например, в работах Н. В. Зубаревич прослеживается тематика регионального гендерного неравенства, у М.С. Савоскул – трудовой миграции женщин и их положения в сельской местности [2].

Довольно часто «гендерная география» рассматривает вопросы представительства женщин в различных законодательных и иных органах власти. Основная часть исследований посвящена региональным или страновым особенностям участия женщин в политике, среди которых можно привести работы следующих авторов: С. Глас (Ближний Восток), М.А. Мира и Дж.А. Бхата (Индия), Л.А. Швиндт-Байер (Латинская Америка), Е.Н. Степанова (Восточная Азия); меньшая часть затрагивает тему достижения гендерного паритета в парламентах стран и связанные с этим процессы [5]. Японский опыт интересен тем, что, несмотря на внедренную с Запада и работающую политическую систему, успешно сохраняются и не противоречат ей элементы из традиционного общества.

Для избирательной системы страны с послевоенного времени характерно положение «единого не переходящего голоса», в результате которого кандидату из сельской местности надо меньше получить голосов для прохода в парламент, чем аналогичному из города [6]. Это выгодно правящей на протяжении многих десятилетий с незначительными перерывами Либерально-демократической партии (ЛДП) [7]. Как консервативная сила, партия поддерживает сельскохоззяйственными субсидиями свои главные регионы поддержки, откуда происходят многие кадры в высшем руководстве Японии [8]. Основные оппозиционные силы (например, Коммунистическая или Конституционно-демократическая партии) собирают поддержку в городской местности [9]. Как правило, депутат передает место в своем округе «по наследству», а избиратели охотно голосуют за своих, которых практически никто не знает за пределами родных мест. В парламенте, согласно статистике, до 30 % мандатов занимают люди, имеющие среди родственников высокого ранга политиков, в том числе премьер-министров [10]. В середине 2000-х гг. под влиянием накопившихся проблем в экономике и неспешности их решения основными политическими силами в стране появился феномен «малых» популистских партий [7]. По большей части они стремились получить голоса более крупных партий, чем реально пройти в парламент и продвигать интересы своих избирателей. Их положение в политическом спектре и разница в идеологии между современными партиями рассмотрена одним из авторов в специальной статье [11].

В отношении японских женщин можно говорить о том, что у них не так много возможностей для прихода в политику и закрепления в ней. Среднестатистический японский избиратель вне зависимости от пола больше склонен отдать свой голос за мужского кандидата на выборах и не готов видеть в премьерском кресле женщину [1]. При этом на последних выборах на этот пост уже претендовали 2 кандидата-женщины [12]. Еще важен тот факт, что в составе правящей ЛДП, которая хотя и является инициатором феминизации политики, женщин оказывается меньше, чем в оппозиционных партиях [13]. В отличие от стран Западной Европы в Японии так и не была введена гендерная квота. На 19 министерских должностях лишь две женщины, а в общей сложности на руководящих должностях им отведено максимум до 15 % мест [14]. В парламенте страны на январь 2021 г. женщины занимали только 9.9 % отведенных мандатов при среднем мировом уровне в 24.1 % [14].

Чуть больше японских женщин представлено в муниципальных органах власти. На 2018 г. они занимали 14.7 % мандатов в городских советах, а в ассамблее префектуры Токио – 27 % во многом благодаря женской партии Netto [15]. Страна в Глобальном индексе гендерного разрыва (GGI) на 2020 г. была на 121-м месте среди 153 представленных стран, что указывает на то, что гендерное неравенство является серьезной проблемой в Японии. Для сравнения, соседние Южная Корея, Китай и Сингапур занимают 108-е, 106-е и 54-е места соответственно, а США, Великобритания и Канада – 53-е, 21-е и 19-е места [16].

Материалы и методы

Существует концепция «центр–периферия» Дж. Фридмана – А. Трейвиша, которая отображает всю неравномерность социально-экономического, политического или культурного развития территории. «Центр» («ядро») собирает в себе большое количество людских и денежных ресурсов и поэтому может генерировать и внедрять самые передовые решения и новшества, распространяя их сначала на ближнюю, а затем и на более отсталую дальнюю «периферию» [17]. На уровне страны в роли «центра» обычно выступает город, «периферией» является деревня. Данная концепция может быть применима и к анализу электоральных предпочтений избирателей в ходе выборов: в городе склоны голосовать за более либеральные и прогрессивные партии и идеи, а в сельской местности – за более консервативные. В промежуточной зоне (например, в субурбии) исход может быть непредсказуемым, победа во многом зависит от того, как далеко и как глубоко в умы местных жителей проникли политические инновации, выработанные непосредственно городом.

Работа основана на данных о результатах выборов в Палату представителей Японии, взятых в разрезе современных границ избирательных округов за период 2000–2021 гг. [18]. Данные о женщинах-политиках взяты из того же источника, но за период с 2003 по 2021 г., когда в картотеке кандидатов стала учитываться их гендерная принадлежность. Согласно методике оценки, каждый факт набора кандидатом максимального числа голосов, а значит и прохода в депутаты, оценен в 1 балл. Максимальный балл – 7 (прохождение на всех выборах), минимальный – 0 (никогда не становились депутатами). Каждому баллу соответствует свой цвет шкалы, чем более темный оттенок, тем большее количество раз женщина становилась депутатом в Палату представителей.

Типология женского представительства в Японии построена на основе учета фактов победы женщин: а) в избирательном округе, границы которого находятся в административных границах города (учитывается и положение округа в центре города или на его окраине); б) в пределах «зоны занятости» или в) в округе, который не принадлежит к двум указанным выше видам.

Результаты

Общие географические особенности в поддержке японских парламентских партий в период 2000–2021 гг. Выявленные особенности указывают на довольно явный раскол между городским центром и периферийным селом. В первом избиратели отдают предпочтение партиям прогрессивного, иногда популистского толка, во втором – консервативным. Такое же разделение в целом прослеживается по линии северо-восток – юго-запад.

Либерально-демократическая партия (ЛДП) традиционно побеждает в глубоко периферийных и сельскохозяйственных префектурах и частях страны: Тояма, Исикава, Тоттори, Симанэ, Ямагути, юг Кюсю (Кагосима, Кумамото, Миядзаки) (рис. 1). Этот список можно дополнить округами, располагающимися на полупериферии крупнейших агломераций: Вакаяма-3, Мизэ-4, Гифу-2, юг Тибы, северное полукольцо Токио. Наименьшая

доля поддержки привязана к городским округам (Токио, Киото, Осака, Нагоя, Оиты, Мо-риоки (Иватэ) основной части Окинавы, юго-западной половине острова Хоккайдо и центральной части Нагано). Средний результат по Японии: 43.5 % (мажоритарная система) и 33.6 % (пропорциональная система).

Демократическая партия (ДП) в противовес ЛДП получает основную поддержку в наиболее урбанизированных частях Японии: основная часть Хоккайдо за исключением северной части острова и примыкающей к Саппоро зоне (поддержка в среднем 45–48 %); отдельные вкрапления в столичном мегаполисе (47.2 %), Нагоя (47–61 %), Нагасаки (47.3 %), восточной части префектур Сидзуока (46–51 %), Ниигата (46–50 %), Фукусима (49.6 %) и юг Ямагаты (46 %). Выбываются из этого ряда несколько округов в гористой части префектуры Нагано (45 %). Наименьшая поддержка у партии в традиционно лояльных ЛДП регионах (17–26 %), округах с сильными независимыми кандидатами, в Осаке, а также на Окинаве (23–24 %). Средний результат по Японии: 31.7 % (мажоритарная система) и 26.4 % (пропорциональная).

Новое Комэйто (НК). Партия выставляет своих кандидатов только там, где позиции правящей ЛДП не очень сильны. В основном это отдельные городские округа Большого Токио (19.7–44.7 %), Осаки (47–53.3 %), Нагои (28.4–36.8 %), Сидзуока (23.2 %), Наха (Окинава-1, 38.7 %). Выбываются из ряда округа Хиросима-3 (55 %) и Хоккайдо-10 (41 %). По пропорциональной системе, для сравнения, наибольшая поддержка наблюдается в рамках префектур южной части Японии: Тоттори, Окаяма, Фукуока, Коти, Миядзаки, Осака, Вакаяма (16–18 %) Средний результат по Японии: 35 % (мажоритарная система) или 13 % (пропорциональная).

Коммунистическая партия Японии (КПЯ). Поддержка данной партии сильно локализована в нескольких городских центрах: Киото-1 и -2 (18.2–27.2 %), Осаки (16–26 %), Наха (25.8 %), Саппоро (18.4 %), Токио (15.5–20.4 %). Средний уровень показывают префектура Коти, Вакаяма, Нагано-4 (13.7–18.2 %), в большинстве других префектур 8–10 %.

Социал-демократическая партия (СДП). Наибольшая результативность партии приходится на южную часть Японии: префектуры Оита (за исключением столичного округа, 39.5 – 46 %), Окинава-2 (54.4 %), два вкрапления в северной части префектуры Осака (37.2 и 37.6 % соответственно). Чуть меньшая поддержка приходится на Окинаву-3, большую часть южного и западного побережья острова Кюсю, север острова Сикоку, Хиросиму-3 и на северный пояс: префектуру Тояма без столичного округа, Ниигату-3, Ямагату-3, Мияги-6, а также Хоккайдо-11 (17.8–29.8 %). Средний результат по Японии: 13.4 % (мажоритарная система) и 4.9 % (пропорциональная).

Независимые кандидаты (НК) практически не выдвигаются в округах с сильными позициями ЛДП. Наибольшая их концентрация наблюдается к северу от столичной агломерации, на северо-востоке Хонсю, к югу от Осаки, в центре Кюсю, а также на Окинаве. Поддержка в среднем по стране достигает 25.3 %, с максимумом в 81 % в округе Нара-3.

Партия инноваций (ПИ, 2012–2021 гг.). В дополнение к основному ареалу поддержки в Осацкой агломерации (не центр города, а, скорее, его окраины, 36–42 %) выделяются следующие очаги: северный, с центром в Иватэ-2, Аомори-1 и Акита-3 (максимум – 42.2 %); а также южный, с ядром в Кумамото-4 (65.9 %). Наименьшая поддержка ПИ в округах на Хоккайдо (регионы ЛДП), а также (за некоторыми исключениями) в не городских местностях. Средний показатель по Японии: 22.6 % (мажоритарная система) и 12.9 % (пропорциональная).

Либеральная партия (ЛП, 2000) получила основную поддержку на севере Хонсю (особенно в Иватэ-1, 41 %), Миэ-1 (37.3 %), Хиросиме-6 (33.9 %), Ниигате, северной части Токийского мегаполиса, а также в префектуре Нагасаки. Средний показатель по Японии – 13 % (мажоритарная система). По пропорциональной системе из регионов поддержки выделяются только Иватэ, север Хонсю и частично столица.

Новая народная партия (ННП, 2005–2012) занимала высокие позиции в части регионов с максимальной поддержкой ЛДП: Симанэ-2, Тояма-2, Аките-2, части округов Токио

и Осаки. Средний показатель по Японии: 14.8 % (мажоритарная система) и 1.8 % (пропорциональная).

Новая партия Даити (НПД). Региональная партия Хоккайдо, которая выдвигала своих кандидатов и получила относительно весомую поддержку примерно в тех же избирательных округах, что и ЛДП, а именно в 7-м, 11-м, 12-м округах префектуры со средней поддержкой в 36.8 % (мажоритарная система).

Партия реализации счастья (ПРС, 2009–2021). Основные районы поддержки – северная окраина Большого Токио, Осака, Кобе, Нагоя, Оита. Средний показатель по Японии по мажоритарной системе: 1.68 %, достигая максимума в 5.32 % в Хего-9.

Твоя партия (ТП). Сильно локализованная поддержка в префектуре Тотиги, на востоке Фукусимы. Отдельные вкрапления на южном побережье Канагавы, Токио, Нагасаки. Средний показатель по всей Японии: 24.9 % (мажоритарная система) и 5.4% (пропорциональная).

Новая партия (НП). Поддержка практически полностью сконцентрирована в Хиросиме-6, отдельных округах Осаки и Токио. По пропорциональной системе поддержка исключительно в регионе двух столиц и между ними. Средний показатель по Японии: 30 % (мажоритарная система) и 0.5 % (пропорциональная) соответственно.

Партия будущего (ПБ, 2014): Хиросима-6, все округа префектуры Иватэ, Нагасаки-3, Окинава-3, юг Тибы, восток Осаки и центр Нагои, Фукусима-1 (там расположена одноименная АЭС) и некоторые другие. Средний показатель по всей Японии: 13.8 % (мажоритарная система) и 5.6 % (пропорциональная).

Сердце Японии (СЯ, 2014–2017): Кумамото-4, округа Сайтамы и Осаки. Средний показатель по Японии: 14.4 % (мажоритарная система) и 1.2 % (пропорциональная).

Партия надежды (ПН, 2017) имеет достаточно пеструю географию поддержки. Поскольку это ультраконсервативная партия, то регионы основной поддержки находятся там, где традиционные партии не занимают подавляющего большинства, куда не входят крупнейшие города Окинава, Ниигата, Симанэ, Миэ, Тояма и некоторые другие. Средний показатель по Японии: 26.5 % (мажоритарная система) и 18.4 % (пропорциональная).

Для некоторых партий очевидно географическое расхождение в результатах мажоритарной и пропорциональной систем (в отдельных регионах или округах за партию голосуют менее охотно, чем за ее кандидата, или наоборот). Особо это характерно для «малых» партий, Партии инноваций и Комэйто.

В табл. 1 приведен средний процент поддержки избирателей основных политических сил в наиболее показательных избирательных округах из разных частей страны (см. рис. 1). На Хоккайдо особой популярностью среди избирателей пользуется Демократическая партия (47.2 %), а также представлена региональная – Даити (10.8 %). В Иватэ велика роль нестандартных для Японии сил: Партии надежды (52.6 %), партии «Будущее Японии» (25.9 %) и Либеральной партии (43 %), в Тотиги – независимых (53.4 %) и Твоей партии (26.4 %). В Токио одно из немногих мест, где выдвигается по мажоритарной системе Комэйто (24.6 %). В Киото наиболее высокий результат для коммунистов (27.2 %), а в Осаке – Партии инноваций (39.5 %). Тоттори – часть главного оплота правящей Либерально-демократической партии (71.8 %) при низкой поддержке всех остальных партий. Окинава – по большей части единственный регион серьезной поддержки социал-демократов (54.4 %).

Особенности географии женского представительства. Во многих округах женщина может выставляться на каждых выборах как технический кандидат. Особенно это характерно для Коммунистической партии в отдаленных от крупных городов округах, где у нее мало шансов не только выиграть выборы, но хотя бы занять 2–3 места. Это подтверждают и другие исследования [20]. Одной из причин, по мнению авторов, является то, что в японском менталитете по-прежнему сильно чувство «сохранения лица» перед людьми, которые доверились тебе. Существенный проигрыш мужчиной-кандидатом выборов может означать конец политической карьеры для него. В моменты перегруппировок между

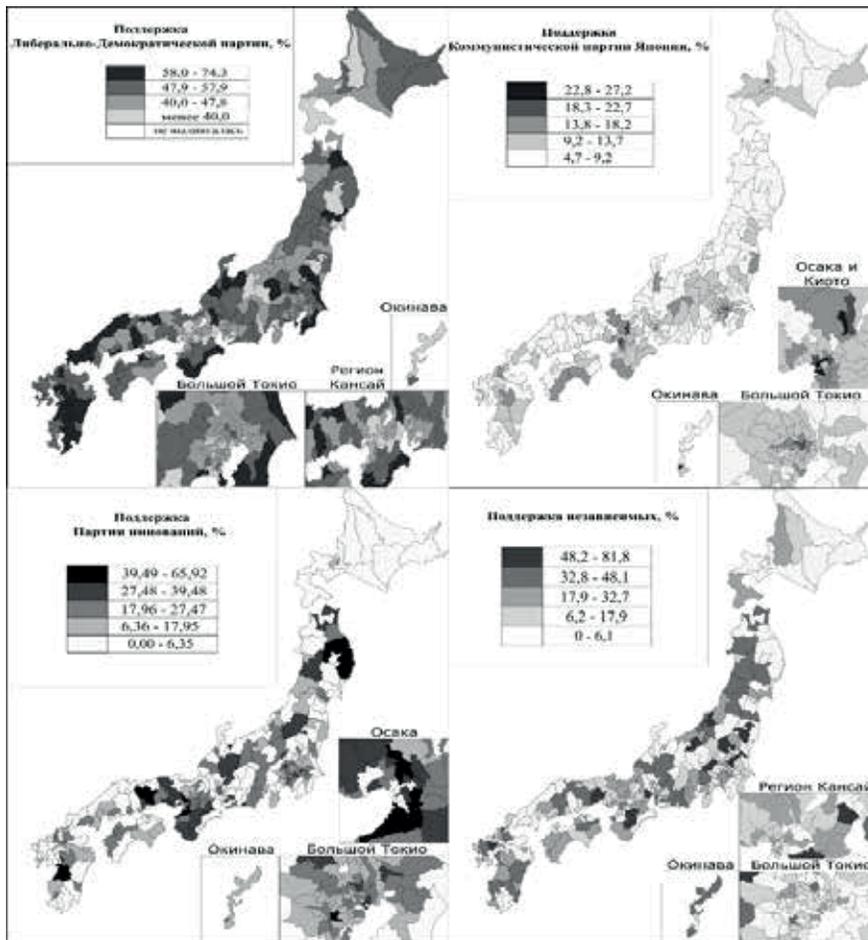


Рис. 1. Средняя поддержка избирателями некоторых партий и независимых кандидатов (в % по избирательным округам, 2000–2021). Источник: составлено авторами по данным Senkyo Dottokomu [19]. Из-за густоты округов для Токио и Осаки и их окрестностей (Большое Токио и регион Кансай), а также для Окинавы ввиду ее удаленности от основной территории Японии приводятся отдельные картосхемы-врезки.

Fig. 1. Average voter support for some parties and independent candidates (in% by electoral districts, 2000–2021). Compiled by the authors according to Senkyo Dottokomu [19]

Таблица 1
Поддержка отдельных партий на выборах в Палату представителей Японии (наиболее показательные округа, в среднем за 2000–2021 гг.), %

Table 1. Average percentage of support for specific parties in the elections to the House of Representatives of Japan (selected districts, 2000-2021)

Округ/Партия	Хоккайдо 1	Иватэ 1	Тотиги 2	Токио 4	Киото 1	Осака 4	Тоттори 1	Окинава-2
ЛДП	37.4	32.9	46.8	44.9	40.8	38.8	71.8	39.7
КДП/ДП	47.2	38.4	46.4	27.2	28	30.4	30	17.2
КПЯ	9.51	7.91	4.70	13.6	27.2	13.5	11	8.52
Независимые	5.02	–	53.4	21.8	10	14.1	7.48	4.11
ЛП	7.86	43	–	–	–	8.47	–	–
Партия инноваций	15.3	–	–	20.9	23.9	39.5	–	11.4

Округ/Партия	Хоккайдо 1	Ивагэ 1	Тотиги 2	Токио 4	Киото 1	Осака 4	Тоттори 1	Окинава-2
Даити	10.8	–	–	–	–	–	–	–
СДП	–	7.28	–	–	–	1.88	13.2	54.4
Твоя партия	–	–	26.4	14.2	11.8	–	–	–
Партия надежды	–	52.6	–	15.4	19.4	–	–	–
Партия будущего	–	25.9	–	–	–	–	–	–
Комэйто	–	–	–	24.6	–	–	–	–

Расчитано авторами по данным Senkyo Dottokomu [19].

Примечание. Прочерк – партия в данном округе за рассматриваемый период не выставляла своих кандидатов.

Source: calculated by the authors according to Senkyo Dottokomu [19].

либерал-демократами и демократами в 2009 и 2012 гг. женщина-кандидат могла сгладить поражение для партии в округе, где до этого партия уверенно побеждала и многие годы выставляла только мужчин.

В такой ситуации наиболее амбициозные женщины-политики начинали свою карьеру или как самовыдвиженцы, или в качестве кандидата от только что созданной популистской партии. В случае успеха они заручались поддержкой традиционных партий и на последующих выборах представляли уже традиционную политическую силу. В местах, где женщина проходила в парламент, больше вероятность того, что будут выдвигаться другие представительницы, в том числе и в соседних округах.

В табл. 2 отображено количество побед женщин-кандидатов по мажоритарной системе в отдельных избирательных округах. Например, в Гумма-1 (г. Маэбаси, центр одноименной префектуры) за 7 избирательных кампаний было 21 выдвижение, из них 10 раз – женщин, благополучных исходов для них было 7. Противоположный пример представляет Нагано-2, где всего было 31 выдвижение, из них 4 – женщин, побед – 0. Интересен случай Хиросимы-1, когда, несмотря на благоприятное расположение, женщины никогда не проходили в парламент страны, что можно объяснить следствием определенной нарезки округов в данной префектуре.

Таблица 2

Женщины в Палате представителей Японии
(наиболее показательные избирательные округа, 2003–2021)

Table 2. Women's representation in the House of Representatives of Japan
(selected districts, 2003–2021)

Округ*	Общее число выдвижений	Число выдвижений женщин	Число побед (мажоритарная система)
Хоккайдо-5	24	6	1
Аомори-2	24	10	0
Ибараки-6	24	5	2
Гумма-1	21	10	7
Канагава-4	30	5	3
Токио-1	41	10	3
Нагано-2	31	4	0
Айти-7	22	8	3
Осака-2	26	9	1

Округ*	Общее число выдвинутых	Число выдвинутых женщин	Число побед (мажоритарная система)
Тоттори-1	20	0	0
Хиросима-1	27	2	0
Фукуока-3	22	5	2
Окинава-3	26	3	6

Составлено автором по данным Senkyo Dottokomu [19].

* Обозначение избирательных округов следует японской традиции: сначала название префектуры, на территории которой располагается округ, потом порядковый номер, увеличивающийся по мере удаления от административного центра региона.

Основная часть прошедших в национальный парламент по мажоритарной системе женщин-депутатов происходит из городской местности и относится к одному из трех ее типов (рис. 2).

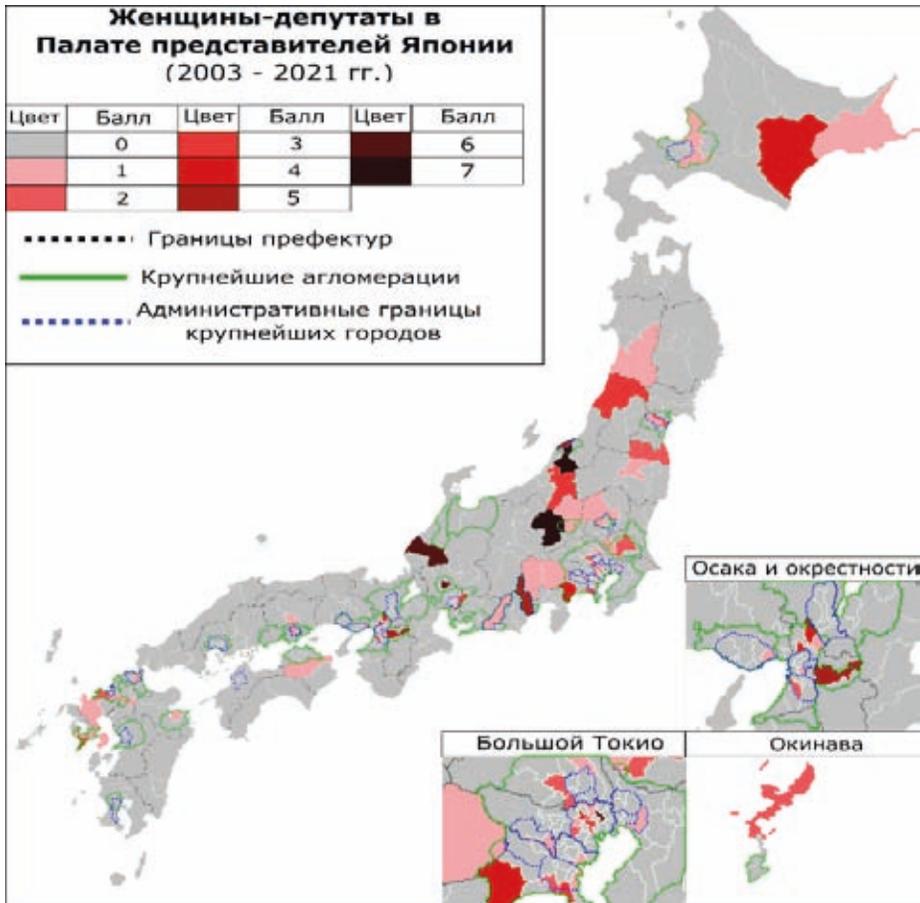


Рис. 2. Число прошедших по мажоритарной системе женщин-депутатов от избирательных округов (2003–2021 гг.). Составлено авторами по данным Senkyo Dottokomu [19]. На картосхему нанесены административные границы 30 крупнейших городов Японии, а также зоны их влияния, совпадающие с так называемыми городскими зонами занятости, подразумевающие каждодневные маятниковые миграции на работу с окраин в центр [21]

Fig. 2. The number of women deputies from electoral districts who passed through the majority system (2003–2021). Compiled by the author according to Senkyo Dottokomu [19]

1. *Крупнейшие агломерации с населением более 1 млн чел.* Победа происходит в округах, располагающихся между историческим центром (ядром) города и его административными границами, а также в примыкающей к нему зоне занятости. В центре города-миллионника достаточно большое количество кандидатов (до 8–10, в отличие от средних по стране 4–5) и более жесткая конкуренция. Ближе к окраинам и в пригородах конкуренция заметно ослабевает, но все еще преобладает плотная городская застройка и соответствующий образ жизни. В данный тип входят города агломерации Большого Токио (23 специальных района Токио, Иокогама, Сайтама, Тиба и др.), Осака, Кобе, Нагоя, Саппоро и Фукуока.

2. *Города с населением более 500 тыс. чел.* поделены на меньшее количество избирательных округов. Выигрывать выборы в них не так престижно, как в более крупных городах, поэтому и кандидатов выступает меньше, в результате чего женщина может пройти в депутаты и в центре города, и на окраинах. В большинстве таких мест административные границы городов совпадают с зонами занятости, что влияет на большую поддержку женщин, проходящих в парламент чаще, чем в крупнейших агломерациях (1 тип). Примерами таких городов выступают: Сендай, Ниигата, Хамамацу, Сидзуока, Гифу, Нагасаки и др.

3. Округа, которые имеют в основе *город с населением менее 500 тыс. чел.* и существенную долю слабо урбанизированных территорий. Победа в таких округах возможна для ярких и амбициозных женщин при активной поддержке двух главных партий Японии: демократов и либерал-демократов. К данному типу принадлежат и практически все округа, где женщины с 2003 по 2021 г. проходили в парламент почти на всех выборах. Примеры: Хоккайдо-11, Ямагата-3, Ниигата-4, Гумма-5, Фукуи-1 и Токусима-2. Ядрами данных округов выступают города Обихиро, Нагаока, Маэбаси, Фукуи, Токусима соответственно. Стоит отметить, что некоторые округа совпадают с районами повышенной поддержки ЛДП.

Таким образом, можно видеть, что женщины чаще всего как выдвигаются, так и проходят в парламент на выборах в крупных городах, где быстрее и в большей степени происходят изменения, в том числе в политической сфере (рис. 2).

Есть достаточно много избирательных округов, где женщины никогда не выставляли свою кандидатуру и не проходили в парламент. Это в первую очередь округа, где в большинстве своем сохраняется сельский образ жизни, небольшие, и в них достаточно консервативное население, которое на выборах предпочитает наследственного мужского парламентария. Выпадают также городские округа с наибольшей поддержкой коммунистов или Партии инноваций (пример – Киото). В случае Хиросимы сказался и тот фактор, что территория города была поделена несколькими сходящимися в его центре крупными избирательными округами, где высокая доля сельскохозяйственных и горных территорий.

Заключение

Проведенное исследование позволяет сделать следующие выводы. Основная поддержка правящей ЛДП приходится на наиболее удаленные от крупных городов префектуры Ямагути, Тоттори, Тояма, Гумма, север Хоккайдо. Близкая ей по духу партия Новое Комэйто выдвигает кандидатов в округах, где позиции ЛДП слабы (центр Токио и Осаки, запад Хоккайдо и др.). Оппозиционная КДП сосредоточена, напротив, в агломерациях Саппоро и всего юга Хоккайдо, в Токио, Нагоя, а также в части префектур к северу от столицы.

Максимальная поддержка СДП тяготеет к самому югу Японии: юг Кюсю и Окинава. Партия инноваций имеет основное ядро сторонников в Осаке и вокруг нее; КПЯ – в центрах крупнейших городов (особенно Киото и Окинава). Для популистских партий характерна очень ограниченная география поддержки, не выходящая далеко за пределы родных мест ее главных лиц.

Участие женщин в японской политике с каждым годом становится все активнее, хотя данный процесс проходит замедленно из-за консервативности политической системы и

общества. Многие успешные женщины-депутаты начинали свой путь в популистских партиях, а в дальнейшем переходили в более крупные и стабильные.

В территориальной дифференциации женского представительства в нижнюю палату страны прослеживается следующая закономерность: за женщину-кандидата в городах голосуют охотнее, чем в сельской местности. В зависимости от того, откуда проходит в парламент женщина, можно выделить три вида избирательных округов. Первый охватывает округа, расположенные в административных границах городов-миллионников, а также примыкающие к ним округа, входящие в «зону занятости» или тяготения крупнейших городов. Второй тип включает округа, занимающие всю или большую часть территории города с населением более 500 тыс. чел. Третий тип – округа, выходящие далеко за пределы городской среды, но имеющие в своем основании ядро с населением более 100 тыс. чел. Этот тип частично совпадает с нетрадиционными регионами поддержки ЛДП.

Дополнительные причины, препятствующие проходу женщин-политиков в парламент, заключаются в сильных позициях традиционных партий, определенной нарезке округов, кроме того, женщины, выдвинутые от КПЯ, играют роль технических кандидатов, а от ЛДП и ДП предназначены для смягчения поражения в моменты перегруппировок 2009 и 2012 гг.

Литература

1. Yuya Endo, Yoshikuni Ono: Opposition to Women Political Leaders: Gender Bias and Stereotypes of Politicians Among Japanese Voters // *Journal of Women, Politics & Policy*. 2023. Vol. 44, N 3. P. 371–386.
2. Потураева А.В. История развития и теоретико-методологические основы гендерной географии // *Региональные исследования*. 2020. № 2 (68). С. 39–51.
3. Taylor & Francis Online: Gender, Place & Culture. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.tandfonline.com/loi/cgpc20> (дата обращения: 5.06.2023).
4. Hopkins P. Social geography I: intersectionality // *Progress in Human Geography*. 2019. Vol. 43, N 5. P. 937–947.
5. Великая Н.М., Березкина Е.Ю. Особенности женского представительства в законодательных органах власти Европы: левые против популистов // *Наука. Культура. Общество*. 2022. Т. 28, № 22. С. 8–23.
6. Варюшин П.С., Тихоцкая И.С. Политическая модель и электоральный ландшафт Японии и США: сравнительная характеристика // *Проблемы Дальнего Востока*. 2016. № 1. С. 54–63.
7. Стрельцов Д.В. Партийная система современной Японии: от господства ЛДП до реальной многопартийности // *Контуры глобальных трансформаций: политика, экономика, право*. 2018. № 3. С. 120–136.
8. Feldhoff Thomas. Japan's electoral geography and agricultural policy making: The rural vote and prevailing issues of proportional misrepresentation // *Journal of Rural Studies*. 2017. N 55. P. 131–142.
9. Варюшин П.С., Тихоцкая И.С. Территориальные факторы электорального поведения в Японии и США // *Вестник Московского университета. Серия 5. География*. 2016. № 2. С. 102–111.
10. Антонов П.А. «Потомственные парламентарии» («Сэсю: гинин») в политической системе современной Японии: сравнительно-исторический анализ // *Сравнительная политика*. 2019. № 2. С. 152–164.
11. Елацков А.Б., Осипов К. А. Электоральный ландшафт Японии в XXI веке // *Псковский регионалогический журн*. 2020. № 4 (44). С. 3–15.
12. ТАСС. В Японии состоятся выборы лидера правящей партии, который станет и премьер-министром. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://tass.ru/mezhdunarodnaya-panorama/12529913> (дата обращения: 11.03.2023).
13. Седых Т.С. Статус женщины в японской политике: история и современность // *Готлибовские чтения. Востоковедение и регионоведение Азиатско-Тихоокеанского региона в фокусе современности: Материалы Междунар. науч. конф. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2019. С. 367–375.*
14. Колбасеева Д., Хорсун Д. Гендерный фактор в политике азиатских стран на примере Японии // *Наука и образование в наши дни: фундаментальные и прикладные исследования: Материалы XLIII Всерос. науч.-практ. конф. Ростов-н/Д: Изд-во Южного университета ИУБиП, 2021. С. 142–147.*
15. Shin K. An Alternative Form of Women's Political Representation: Netto, a Proactive Women's Party in Japan // *Politics & Gender*. 2020. Vol. 16, N 1. P. 78–98.
16. Dalton E. *Sexual Harassment in Japanese Politics*. London: Palgrave Macmillan, 2021. 246 p.
17. Грицай О.В., Иоффе Г.В., Трейвиш А.И. *Центр и периферия в региональном развитии*. М.: Наука, 1991. 168 с.
18. Ministry of Internal Affairs and Communications. Shuugiin Ousenkyoku no Kuwari no Kaitei to ni Tsui Te. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.soumu.go.jp/senkyo/senkyo_s/news/senkyo/shu_kuwari/shu_kuwari_3.html (дата обращения: 28.08.2023) (In Japanese).

19. Senkyo Dottokomu. Shuugiingiin Senkyo. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://go2senkyo.com/shugiin> (дата обращения: 8.03.2023) (In Japanese).
20. Kerevel Y.P., Matthews A.S., Katsunori S. Mixed-member electoral systems, best loser rules, and the descriptive representation of women // *Electoral Studies*. 2019. N 57. P. 153–162.
21. Center for Spatial Information Science (CSIS), at the University of Tokyo. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.csis.u-tokyo.ac.jp/UEA/index_e.htm (дата обращения: 8.03.2023).

References

1. Yuya, E.; Yoshikuni, O. Opposition to Women Political Leaders: Gender Bias and Stereotypes of Politicians Among Japanese Voters. *Journal of Women, Politics & Policy*. 2023, 44 (3), 371-386.
2. Poturaeva, A.V. Gender geography: history of development and theory. *Regional studies*. 2020. 2 (68), 39-51. (In Russian)
3. Taylor & Francis Online. Gender, Place & Culture. Available online: <https://www.tandfonline.com/loi/cgpc20> (accessed June 5, 2023)
4. Hopkins, P. Social geography I: intersectionality. *Progress in Human Geography*. 2019, 43 (5), 937–947.
5. Velikaya, N.M.; Berezkina, E.Y. How do women are represented in the European legislative assemblies: comparative analysis of the left and populist political parties' practices. *The science. Culture. Society*. 2022, 28 (22), 8-23. (In Russian)
6. Varyushin, P.S.; Tikhotskaya, I.S. A comparative study of political patterns and electoral landscape in Japan and USA. *Far Eastern Studies*. 2016, 1, 54-63. (In Russian).
7. Streltsov, D.V. The party system in contemporary Japan: from the LDP dominance to a real multi-party system. *Outlines of global transformations: politics, economics, law*. 2018, 3, 120-136. (In Russian)
8. Feldhoff, T. Japan's electoral geography and agricultural policy making: The rural vote and prevailing issues of proportional misrepresentation. *Journal of Rural Studies*. 2017, 55, 131-142.
9. Varyushin, P.S.; Tikhotskaya, I.S. Territorial factors of electoral behavior in Japan and the USA. *Lomonosov Geography Journal*. 2016, 2, 102-111. (In Russian)
10. Antonov, P. A. "Hereditary parliamentarians" ("Sesu: giin") in the modern political system Japan: Comparative and historical analysis. *Comparative Politic Russia*. 2019, 2, 152-164. (In Russian)
11. Elatskov, A.B.; Osipov, K.A. Japan's electoral landscape in the 21st century. *Pskov Journal of Regional Studies*. 2020, 4 (44), 3-15. (In Russian)
12. TASS. Elections of the leader of the ruling party, who will also become prime minister, will be held in Japan. Available online: <https://tass.ru/mezhdunarodnaya-panorama/12529913> (accessed March 11, 2023). (In Russian)
13. Sedykh, T.S. The status of women in Japanese politics and modernity. In *The III Gottlieb readings: Oriental Studies and Asia-Pacific regional studies of the region in the focus of modernity. Materials of the International Scientific Conference*. Irkutsk, Russia, 2019, 367-375. (In Russian)
14. Kolbaseeva, D.; Khorsun, D. Gender factor in the politics of Asian countries on the example of Japan. In *Science and Education in our days: fundamental and applied research. Materials of the XLIII All-Russian Scientific and Practical Conference*. Rostov-on-Don, Russia, 2021, 142-147. (In Russian)
15. Shin, K. An Alternative Form of Women's Political Representation: Netto, a Proactive Women's Party in Japan. *Politics & Gender*. 2020, 16, 78–98.
16. Dalton, E. *Sexual Harassment in Japanese Politics*. Palgrave Macmillan; Singapore. 2021; 246 p.
17. Gritsai, O.V.; Ioffe, G.V.; Treivish, A.I. Center and periphery in regional development. Nauka: Moscow, Russia, 1991; 168 p. (In Russian)
18. Ministry of Internal Affairs and Communications [website]. Shuugiin Ousenkyoku no Kuwari no Kaitei to ni Tsui Te [website]. Available online: https://www.soumu.go.jp/senkyo/senkyo_s/news/senkyo/shu_kuwari/shu_kuwari_3.html (accessed: August 23, 2023). (In Japanese)
19. Center for Spatial Information Science (CSIS), at the University of Tokyo [website]. Available online: https://www.csis.u-tokyo.ac.jp/UEA/index_e.htm (accessed March 11, 2023). (In Japanese)
20. Senkyo Dottokomu. Shuugiingiin Senkyo [website]. Available online: <https://go2senkyo.com/shugiin> (accessed March 11, 2023). (In Japanese)
21. Kerevel, Y.P.; Matthews, A.S.; Katsunori, S. Mixed-member electoral systems, best loser rules, and the descriptive representation of women. *Electoral Studies* 2019, 57, 153–162.

Статья поступила в редакцию 24.05.2023; одобрена после рецензирования 07.06.2023; принята к публикации 27.06.2023.

The article was submitted 24.05.2023; approved after reviewing 07.06.2023; accepted for publication 27.06.2023.

Трансформация городской среды в зоне влияния новых станций метрополитена в Санкт-Петербурге

Леонид Маркович ГОЛЬДЕНБЕРГ
магистрант
«Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия
st075911@student.spbu.ru

Аннотация. Данная работа посвящена изучению пространственного (градостроительного) эффекта, который оказывают на формирование планировочной структуры г. Санкт-Петербург такие крупные объекты ключевого вида городского общественного транспорта, как станции метрополитена, открытые после 2010 г. Рассмотрены различные подходы к изучению такого сложного понятия как городская среда, а также пространственной структуры третичного сектора экономики (сферы услуг). Гипотезой исследования выступает предположение о существовании закономерности формирования городской среды: взаимосвязей между анонсированием планов, строительством и открытием станций метрополитена; сменой характера функций окружающей территории и строений и визуальным преобразованием городской среды; между качественным и количественным насыщением городских районов, находящихся в зоне влияния станций метрополитена, объектами третичного сектора экономики. Были проанализированы процессы преобразования городской среды г. Санкт-Петербург в ее разных функционально-морфологических зонах, выделенных в соответствии с особенностями развития транспорта и третичного сектора экономики, от начала строительства станции метрополитена и на сегодняшний день. Установлено, что роль новых станций метрополитена в преобразовании визуальных и функциональных составляющих городской среды, при их высокой степени связности с наземным общественным транспортом, в целом невелика. Она затрагивает преобразования транспортной инфраструктуры и благоустройство территории, в том числе развитие третичного сектора – сферы услуг. Третичный сектор – это наиболее динамичный индикатор, который позволяет отразить ключевые изменения, обусловленные появлением новых станций метрополитена. Их строительство обуславливает появление новых объектов сферы услуг, а также особых пространственных форм локации – торговых коридоров и узлов концентрации, отсутствовавших до появления станций метрополитена.

Ключевые слова: городская среда, метрополитен, общественный транспорт, третичный сектор, Санкт-Петербург, трансформация

Для цитирования: Гольденберг Л.М. Трансформация городской среды в зоне влияния новых станций метрополитена в Санкт-Петербурге // Тихоокеанская география. 2023. № 4. С. 17–28. https://doi.org/10.35735/26870509_2023_16_2. EDN: IDDCXT.

Transformation of the urban environment in the influence zone of new metro stations in St. Petersburg

Leonid M. GOLDENBERG
Master's student
HSE University, Moscow, Russia
st075911@student.spbu.ru

Abstract. In 2014 the government of St. Petersburg has adopted the state program “Transport system development” which declares the necessity to improve the efficiency of metro by increasing the proportion of the population living within walking distance from metro stations. For this reason, there is an exceptional interest to what spatial effect by St. Petersburg metro stations opened after 2010 have on the transport system and surrounding territories. What transformations have occurred with the development of transport accessibility of certain areas; and to what extent the formation of the urban environment in forms, types and locations of objects of the tertiary sector in the zone of influence of the metro is reflected. The purpose of the research is to assess the impact of new metro stations on the transformation of the urban environment in St. Petersburg. The work is considered on the researches of foreign researchers – J. Jacobs, M. de Certeau and the theory of “new urbanism”; H. Lefebvre’s essays on the cities’ reorientation to car traffic and studies of domestic specialists – urban space study by the Senezh Studio; A. Gutnov’s concept of “A new element of settlement”; A. Vysokovsky’s unevenly-zoned model, etc. The emphasis is on K. Aksenov’s monograph, who studied the peculiarities of the transformation of the urban environment in St. Petersburg concentrating on the tertiary sector. Particular attention is paid to different approaches to understanding the urban environment. Despite the inclusion of the St. Petersburg metro stations opened after 2010 in the transport framework with a high degree of connectivity with ground public transport the metro’s role in different functional and morphological zones in the transformation of visual and functional components is tiny. The most striking changes are associated with objects of the tertiary sector of everyday demand, the development of new locations and the emergence of new unique concentration forms of objects of the tertiary sector as shopping corridors and concentration nodes on the first facade floors in residential buildings, which were absent before the appearance of metro stations.

Keywords: urban environment, metro stations, public transport, St. Petersburg, transformation

For citation: Goldenberg L.M. Transformation of the urban environment in the influence zone of new metro stations in St. Petersburg. *Pacific Geography*. 2023;(4)17-28. (In Russ.). https://doi.org/10.35735/26870509_2023_16_2.

Введение

Первые работы, направленные на конкретное изучение городской среды, появились только в середине XX в., когда понятия «урбанизация» и «городское» стали распространяться на все сферы жизни. Выделяются зарубежные исследователи – Дж. Джекобс и М. де Серто с работами, связанными с теорией «нового урбанизма» [1]; Д. Харви с представлением о городской среде как продукте капиталистического общества потребления [2]; А. Лефевр с критическими очерками, касающимися переориентации городов на автомобильное движение; М. Готтдиенер с социопространственным подходом к изучению городов [3]. Существуют работы отечественных ученых и специалистов, в которых подходы к определению городской среды отличаются, т.к. в теоретическом и практическом отношении урбанистика в них сводилась к градостроительству и жесткому функциональному подходу к планированию городов. Это труды представителей Сенежской студии по

исследованию городского пространства и развитию концепции «нового урбанизма» под руководством Е.А. Розенблюма [4]; А.Э. Гутнова, выдвинувшего концепцию «Новый элемент расселения» [5]; Л.Б. Когана, обозначившего тему социологии города [6]; А.А. Высоковского, описавшего неравномерно-районированную модель, и т.д.

«Городская среда» как понятие трактуется по-разному. Со стороны проектных институтов она рассматривается как часть окружающей среды или как совокупность политик городского развития [7], с урбанистической точки зрения – воспринимается как повседневная реальность [8], в рамках законодательства РФ – во многом соотносится с понятием «качество городской среды» [9].

Обобщая названные подходы, можно утверждать, что городская среда – это определенного рода пространство, где человек в рамках города и связанных с ним территорий взаимодействует со своим окружением – обществом и совокупностью конкретных мест и объектов. Городская среда позволяет взглянуть на город не просто как на набор различного рода объектов, а как на опорный каркас, связывающий воедино человеческое общество и все элементы города.

Обязательным элементом каждого города является транспортная система. Особенно важна ее роль в крупных агломерациях, где она выступает как ключевое связующее звено между разрозненными элементами городского пространства, обеспечивающего определенный уровень взаимодействия транспортных систем и элементов городской планировочной структуры. Транспортные узлы активно влияют на формирование городского пространства, воздействуя на распределение пассажиропотоков и локацию объектов третичного сектора экономики крупного города.

Сегодня в условиях высоких темпов роста автомобилизации в г. Санкт-Петербург создается колоссальная нагрузка на дорожную инфраструктуру, которая требует значительных расходов на содержание и новое строительство. Вследствие перегруженности автомобильных дорог и, как следствие, невозможности осуществлять наземным общественным транспортом (НОТ) необходимый объем пассажироперевозок одним из приоритетов развития транспортной системы города является развитие метрополитена, являющегося наиболее стабильным и популярным видом общественного транспорта.

При этом значительный интерес вызывает изучение механизма воздействия станций метрополитена, в т.ч. введенных в последние годы, на преобразование городской среды, в первую очередь на сети объектов сферы услуг, расположенных в непосредственной близости от окружающих станции территорий. Это позволяет прогнозировать возможные изменения в транспортной системе и городской среде, связанные с повышением доступности городских районов. Целью исследования является выявление влияния новых станций метрополитена на трансформацию городской среды г. Санкт-Петербург.

Материалы и методы

Исследование базируется на выводах, сделанных в монографии К.Э. Аксенова с соавторами [10], которые рассмотрели особенности трансформации городского пространства г. Санкт-Петербург, акцентируя внимание на третичном секторе и адаптации города к процессам глобализации и механизмам рыночной экономики. Авторы отмечают, что факторы морфологии городской среды и транспортной модели являются ключевыми в формировании городского пространства. Морфология городской среды позволяет установить части города, имеющие разную притягательность для размещения объектов третичного сектора. Объекты сферы услуг в транспортной модели города имеют разное значение, поскольку во многом определяются свойствами транзитных автодорог и метрополитена. Именно к этим локациям, где в большинстве случаев собираются одинаково большие ежедневные маятниковые пешеходные потоки, и тяготеют различные объекты сферы услуг, в том числе и торговли.

Тематике влияния крупных инфраструктурных объектов на городскую среду, а также внешним и внутренним эффектам, исходящим от них, посвящены работы исследователей городской среды А.А. Высоковского [11], А.Н. Демьяненко [12], Д.М. Медведниковой [13], А.С. Пузанова [14], Дж. Урри [15] и др., а также специалистов в сфере изучения транспорта В. Вучика [16], К. Канского [17], П.М. Крылова [18], Ж.-П. Родри [19] и др.

Исследование основано на данных о работе новых станций Петербургского метрополитена, изменений в работе НОТ в зоне их влияния до открытия станций, на сегодняшний день и т.д. На их основе, а также количестве маршрутов НОТ в радиусе 150 м от выходов со станций производилась оценка интеграции новых станций в систему общественного транспорта. Также использовались статистические данные по пассажиропотоку и функциональному использованию новых станций пассажирами, полученные автором по итогам полевых наблюдений. Сбор данных по пассажиропотоку проводился в течение 3 месяцев с учетом сезонных колебаний пассажиропотока во втором или третьем вагоне состава в зависимости от линии. Наиболее оптимальной признана частота сбора 3 раза в месяц в рабочие и выходные дни, что позволило определить средний суточный, месячный и годовой пассажиропоток. Оценка функционального использования новых станций пассажирами была проведена посредством социологического опроса, направленного на изучение частоты использования станций, а также изменений, произошедших как в транспортном поведении респондентов, так и в окружающих территориях. Опрос проводился в электронном виде и преимущественно размещался в географически таргетированных группах в социальных сетях Интернета.

Оценка функциональных изменений в формировании городского пространства у станционных выходов проводилась на основе количественных и качественных оценок объектов третичного сектора, как наиболее подверженного происходящим в городской среде изменениям. Для основных функционально-морфологических зон города (ФМЗ) выбиралась станция-ключ, результаты анализа которой проецировались на всю зону. Описание специфики изменений осуществлялось на основе ретроспективных картографических материалов электронных ресурсов «Яндекс.Карты» и «Google Maps» с рассмотрением территорий в радиусе 300 м от выхода(-ов) со станций и последующим разделением полигона на пять зон, каждая из которых была на 60 м больше, чем предыдущая, для рассмотрения локальных изменений, произошедших в третичном секторе.

Результаты и их обсуждение

«Новыми» станциями Петербургского метрополитена можно считать станции метро, открытые после 2010 г. Всего таких станций 9, большая часть из них расположена в 3 концентрических ФМЗ: «Адмиралтейская», «Обводный канал» и «Зенит» находятся в историческом центре города; «Международная», «Проспект Славы» и «Дунайская» – в жилых районах с преимущественной застройкой советского периода; «Бухарестская» – на периферии промышленной зоны, опоясывающей исторический центр; «Беговая» – в новом районе массовой жилой застройки; «Шушары» – в промышленной зоне на городской окраине за кольцевой автомобильной дорогой.

Для анализа связности перечисленного списка станций метрополитена с системой НОТ г. Санкт-Петербург была проведена оценка всех муниципальных автобусных, троллейбусных, трамвайных, а также «коммерческих» маршрутов, подходящих к названным станциям метро. Для уменьшения искажений был использован критерий – нормативный стандарт Госстроя России [20], который гласит, что длина пешеходного пути между пересадочными остановочными пунктами общественного транспорта не должна превышать 150 м.

Всего с новых станций можно совершить пересадку на 93 маршрута НОТ (учитывая повторяющиеся), из которых около четверти – «коммерческие», а более половины

оставшихся – муниципальные автобусные, являющиеся единственными, интегрированными с каждой рассматриваемой станцией в городе.

В среднем с каждой рассматриваемой станцией метрополитена соединяется по 9 маршрутов НОТ, что является очень высоким индикатором связности. Однако они распределены по станциям неравномерно: из 9 станций только с 5 можно совершить пересадку более чем на 10 маршрутов НОТ в радиусе 150 м. Так, к «Шушарам» подходит только два автобусных маршрута, «Проспект Славы» и «Международная» сочетают в себе все виды общественного транспорта и имеют одни из самых масштабных возможностей пересадки в радиусе 150 м – 20 и 15 маршрутов соответственно.

Отметим, что возможность пересадки на железнодорожные или водные виды транспорта, которая бы соответствовала нормам транспортно-пересадочных узлов (далее – ТПУ), в разрезе новых станций метро Санкт-Петербурга отсутствует.

Оценка пассажиропотоков была проведена посредством полевых наблюдений на основе подготовленной методики, что связано с отсутствием в свободном доступе данных ГУП «Петербургский метрополитен» по пассажиропотокам на станциях. На основе данных по пассажиропотоку и связанности станций с НОТ отмечена связь большей мощности пассажирских потоков на станциях, где в радиусе 150 м существует большая интеграция с НОТ, с плотностью населения в муниципальных округах (далее – МО) (табл. 1).

Таблица 1

Соотношение интенсивности суточного пассажиропотока с количеством маршрутов НОТ и плотностью населения

Table 1. The ratio of the intensity of daily passenger traffic to number of routes of ground public transport and population density

Станция метрополитена	Пассажиропоток, тыс. пассажиров/сутки		Количество маршрутов НОТ	Плотность населения МО, тыс. чел/км ²
	Собственные наблюдения	Данные РА «Проспект» [21]		
Адмиралтейская	37.7	33.1	6	9.6
Международная	34.9	32.7	15	18.0
Беговая	25.8	29.4	21	13.5
Проспект Славы	22.2	26.4	20	14.6
Дунайская	16.8	21.4	7	11.3
Обводный канал	15.2	17.7	12	11.1
Бухарестская	10.9	11.1	12	4.5
Зенит	10.0	10.1	–	–
Шушары	7.3	8.9	2	0.9

Для большинства станций наблюдается закономерная картина соответствия плотности населения в МО и количества маршрутов НОТ в радиусе 150 м от метрополитена к пассажиропотоку. На основе собранных данных по величине и суточной динамике пассажиропотоков, информации о количестве пересадок на НОТ была проведена типология изучаемых станций Петербургского метрополитена (табл. 2).

Полученные посредством социологического опроса, проведенного в сети Интернет, данные об использовании новых станций подтвердили увеличивающуюся роль метрополитена как в транспортном поведении горожан, так и всей транспортной системе города. Появившийся метрополитен предложил новые маршруты для передвижения по г. Санкт-Петербург, став для 43 % опрошенных регулярным видом транспорта, повысил мобильность горожан, существенно сократив время в пути – в среднем на 25 мин, а также разгрузил другие виды транспорта. В большинстве случаев станции используются для достижения мест работы или учебы, а также мест проведения досуга. Превалируют регулярный способ передвижения и вариант использования станций несколько раз в месяц.

Типология новых станций Петербургского метрополитена по пассажиропотоку и степени интегрированности в систему НОТ

Table 2. Typology of new stations of the St. Petersburg Metro by passenger traffic and a degree of integration into the system of ground public transport

Тип станции		Подтип	Станция метрополитена
По числу НОТ в радиусе 150 м	По пассажиропотоку		
Сложные ТПУ – возможность пересадки на 3 и более видов НОТ	Крупные (22–38 тыс. пасс./сут)	Пересадка на 4 вида и более 15 маршрутов НОТ	Проспект Славы, Международная
		Пересадка на 3 вида и более 15 маршрутов НОТ	Беговая
	Средние (11–21 тыс. пасс./сут)	Пересадка на 3 вида и более 15 маршрутов НОТ	Дунайская, Обводный канал
Простые ТПУ – возможность пересадки на 2 и менее видов НОТ	Крупные (22–38 тыс. пасс./сут)	Пересадка на 2 и менее видов маршрутов НОТ	Адмиралтейская
		Пересадка на 2 и менее видов маршрутов НОТ	Бухарестская, Шушары
	Малые (менее 11 тыс. пасс./сут)	Отсутствие пересадки на НОТ	Зенит

Общее представление об изменениях, связанных с появлением метрополитена, оценка последствий строительства линий метро и открытия станций, их влияние на городскую среду в разных ФМЗ были получены с помощью метода ключей и использования ретроспективных картографических материалов.

В качестве станции-ключа для исторического центра была выбрана станция «Адмиралтейская», пристанционная территория которой визуальнo не претерпела трансформации в силу высокой степени освоенности участка. Кроме этого, большинство ближайших к станции зданий являются объектами культурного наследия и находятся под охраной государства, что ограничивает строительные работы по изменению их архитектурного облика. Между тем прилегающий к метрополитену участок, в т.ч. и здание, в которое был встроено вестибюль «Адмиралтейской», после открытия станции постепенно сменил преобладающую ранее жилую функцию на общественно-деловую. Здесь появились торгово-развлекательный комплекс, кафе, хостелы и т.д. При этом большинство изменений произошли не на момент открытия станции, а несколько позже, т.е. с определенным временным лагом. Остальные же функциональные изменения в размещении объектов третичного сектора (сферы услуг) на выделенной территории практически не связаны с метрополитеном.

Общее количество объектов третичного сектора на пристанционной территории «Адмиралтейской» с момента начала строительства станции (2009 г.) и по состоянию на 2021 г. увеличилось в 1.5 раза. Главный фактор размещения большого количества объектов сферы услуг – выгодное транспортно-географическое положение, которое «притягивает» в большом количестве объекты ритейла. В данном случае это исторический центр города и одна из крупнейших магистралей Санкт-Петербурга – Невский проспект. При этом Большая Морская улица является классическим примером престижной территории, где размещаются соответствующие отрасли третичного сектора, к которым вследствие открытия метрополитена и соответствующего увеличения интенсивности транзитных пешеходных потоков добавились объекты сферы услуг, ориентированные на указанные потоки [10].

На момент начала строительства станции существующие объекты на будущей пристанционной территории представляли собой объекты сферы услуг, которые традиционно концентрируются в первую очередь в центре города, – рестораны, фирменные магазины, нотариальные и юридические услуги и пр., т.е. объекты центрального типа размещения [10]. С открытием метрополитена традиционная специализация района стала постепенно меняться, ее основу начали составлять объекты, ориентированные на массового

потребителя (общественного питания, розничной торговли и т.д). Смена специализации района станции метрополитена сопровождалась соответствующей реконструкцией зданий, их фасадов, внутренних помещений.

Объекты третичного сектора, входящие в полигон буферной зоны пристанционной территории «Адмиралтейской», объединены в отдельные функциональные группы, которые соответствуют трем типам спроса: повседневному, периодическому и эпизодическому. Для каждого типа спроса отобраны по два вида объектов третичного сектора, локализованных в буферной зоне станции «Адмиралтейская»: продовольственные магазины и общепит (повседневный), банки и рестораны (периодический), юридические и нотариальные услуги и турфирмы (эпизодический).

В 2009 г. в первых двух зонах были представлены объекты исключительно повседневного спроса, поскольку здесь преобладала жилая застройка (участок Кирпичного переулка). Однако на других участках указанного полигона этот тип спроса не доминирует над прочими. В них отмечается преобладание объектов эпизодического спроса, что связано с престижностью этого района города. К 2021 г. объекты третичного сектора, ориентированные на удовлетворение повседневного спроса потребителей, практически полностью «захватили» пристанционную территорию станции «Адмиралтейская» (рис. 1).



Рис. 1. Отрасли третичного сектора по типам спроса на пристанционной территории «Адмиралтейской» в 2009 и 2021 гг. (желтым цветом обозначены объекты общепита, красным – продовольственные магазины, голубым – рестораны, зеленым – банки, синим – турфирмы, фиолетовым – нотариальные услуги)

Fig. 1. Tertiary sector industries near Admiralteyskaya Station by types of demand in 2009 and 2021 (colors denote: yellow – catering facilities, red – grocery stores, azure – restaurants, green – banks, blue – travel agencies, purple – notary services)

Вместе с ними заметно увеличили свое присутствие объекты сезонного спроса – гостиницы и хостелы, ориентированные на туристов. В свою очередь объекты периодического и эпизодического спроса, традиционно занимавшие данный район, оказались «сдвинуты» на десятки метров с привычных локаций от метрополитена. Однако они не покинули полностью указанную территорию, а заняли новые локации, образовав территориальную кооперацию с другими объектами сферы услуг. В этом случае метрополитен выступает в качестве инструмента преобразования городского пространства, меняя специализацию объектов третичного сектора экономики на прилегающей территории.

Следующая ФМЗ – спальный район советской застройки, сформировавшийся в 1920–1990-е гг. На пристанционной территории станции-ключа данной ФМЗ – «Проспекта Славы» – после строительства станции и улучшения общей транспортной доступности этой территории существенных изменений в специализации объектов третичного сектора не произошло.

Большинство объектов сферы услуг на пристанционной территории «Прспекта Славы» относится к отраслям локального и центрально-локального типов периодического и повседневного типа спроса, что характерно для спальных районов [10]. Отмечается количественное увеличение объектов, ориентированных на удовлетворение повседневного спроса. По сравнению с годом до начала строительства станции их число увеличилось практически в 2 раза.

В 2011 г. большинство объектов было размещено в домах, расположенных на перекрестке улицы Бухарестской и пр-та Славы. В формировании городского пространства ключевую роль играли автомобильные магистрали, к которым в целом и тяготели объекты третичного сектора: транзитные потоки пешеходов от остановочных пунктов НОТ. В этих условиях объекты третичного сектора традиционно размещаются в наиболее удобных для подобных функций строениях – на первых этажах жилых домов, отдельно стоящих стационарных магазинах и киосках. Узлы концентрации отдельных отраслей не образуются, т.к. последние размещены достаточно равномерно.

К 2021 г. приоритеты размещения объектов третичного сектора не изменились: в связи с открытием метрополитена объекты, ориентированные на повседневный спрос, следуя за интенсивными пешеходными потоками от выходов со станции, существенно расширили свое присутствие. Они начали размещаться на первых этажах жилых домов, изначально не предназначенных для подобных целей, что привело к образованию особых пространственных форм – торговых коридоров (рис. 2).



Рис. 2. Отрасли третичного сектора по типам спроса на пристанционной территории «Прспект Славы» в 2011 и 2021 гг. (желтым цветом обозначены объекты общепита, красным – продовольственные магазины, голубым – рестораны, зеленым – салоны красоты, синим – магазины бытовой техники, фиолетовым – медицинские услуги)

Fig. 2. Tertiary sector industries near Prospect Slavy Station by types of demand in 2011 and 2021 (colors denote: yellow – catering facilities, red – grocery stores, azure – restaurants, green – beauty salons, blue – home appliance stores, purple – medical services)

Названный процесс оказал влияние исключительно на те строения, которые фасадной частью выходят на улицу и расположены на пути следования транзитных пассажиропотоков. Ориентируясь на него, новые объекты повседневного типа спроса сохранили свое доминирующее положение.

Последняя рассматриваемая ФМЗ, представленная станцией «Беговая» – это новый район массовой жилой застройки. На ее пристанционной территории преобразования городской среды и формирование разнообразной структуры третичного сектора эконо-

мики, связанные с открытием станции, невелики. Другими словами, городская среда пристанционной территории практически никак не реагирует на появление крупного транспортного узла. Данный факт сопряжен с высоким уровнем сформированности городской среды в рассматриваемой ФМЗ. Метрополитен «пришел» в новые спальные районы заметно позже, чем городская среда в них достигла этапа зрелости, и практически не смог привести коренных изменений в сложившуюся пространственную структуру третичного сектора.

Отличительная особенность жилой застройки в этом районе – наличие на первых фасадных этажах помещений для размещения объектов третичного сектора, что увеличивает плотность их локаций. В целом динамика общего числа объектов третичного сектора для этой зоны не столь существенна. В данном случае основная черта ФМЗ – это не появление новых локаций объектов сферы услуг, а увеличение плотности размещения в уже существующих.

В 2011 г., до начала строительства «Беговой», большинство объектов третичного сектора тяготели к крупной автомобильной магистрали – улице Савушкина, где размещались в строениях, выходящих на нее фасадом. Пальму первенства делили объекты с эпизодическим спросом, а также объекты повседневного типа спроса, расположенные главным образом в глубине жилых кварталов, ориентированные преимущественно на пешеходные потоки.

В 2021 г. отмечается уменьшение количества объектов эпизодического и периодического типов спроса, происходит заметное насыщение территории объектами повседневного спроса, т.е. тенденция на доминирование объектов сферы услуг повседневного спроса сохраняется (рис. 3).

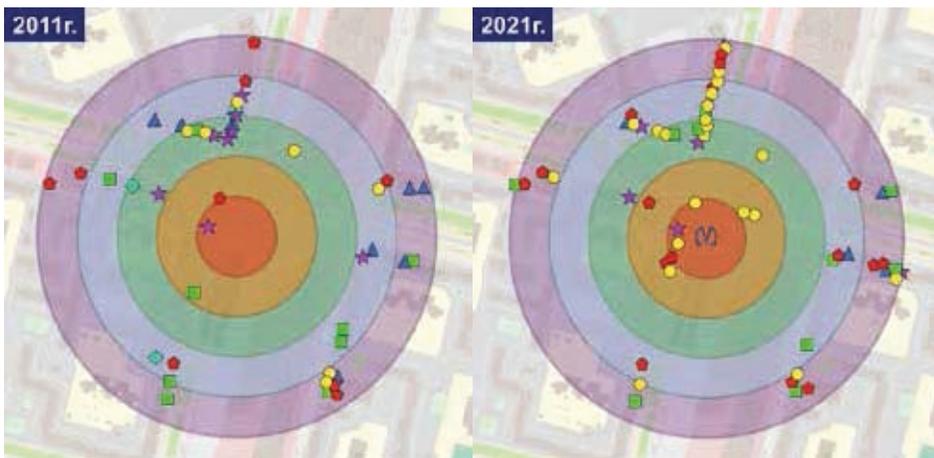


Рис. 3. Отрасли третичного сектора по типам спроса на пристанционной территории «Беговой» в 2011 и 2021 гг. (желтым цветом обозначены объекты общепита, красным – продовольственные магазины, голубым – банки, зеленым – салоны красоты, синим – магазины бытовой техники, фиолетовым – медицинские услуги)

Fig. 3. Tertiary sector industries near Begovaya Station by types of demand in 2009 and 2021 (colors denote: yellow – catering facilities, red – grocery stores, azure – banks, green – beauty salons, blue – home appliance stores, purple – medical services)

В непосредственной близости от метрополитена функционируют исключительно объекты сферы услуг повседневного типа спроса. Объекты, ориентированные на другие типы спроса, единичны, они закономерно ограничили свое присутствие на рассматриваемой пристанционной территории. В данном случае прослеживается смена специализации у объектов третичного сектора, где изначально равное положение объектов разных типов спроса сменилось доминированием объектами повседневного спроса.

Заключение и выводы

Трансформация городской среды под влиянием строительства крупных инфраструктурных объектов – транспортных, спортивных, торговых и др., затрагивает не только изменение архитектурного облика окружающих территорий, но и преобразование в сложившейся функциональной и пространственной структуре третичного сектора экономики. Эффективное вписывание новых объектов в сложившуюся пространственную структуру города – важная проблема формирования комфортной городской среды.

Анализ интеграции новых станций метрополитена с общественным транспортом г. Санкт-Петербург позволил отметить особенности включения этих объектов в транспортный каркас города, их высокое влияние на степень связности транспорта и объектов третичного сектора экономики. При этом отмеченные проблемы включения новых станций в транспортный каркас города в ряде случаев могут говорить о возможном отсутствии гибкости в функционировании его транспортной системы.

Роль новых станций метрополитена в трансформации архитектурных форм и функциональных компонентов окружающих территорий в целом незначительна и затрагивает преобразования транспортной инфраструктуры и благоустройство микрорайонов. В свою очередь присутствующий на этой территории третичный сектор экономики может служить наиболее динамичным индикатором, отражающим ключевые изменения в локации объектов сферы услуг, ориентированной на обслуживание повседневного спроса населения.

Примером подобных изменений может служить появление в спальных районах разных периодов застройки особых пространственных форм третичного сектора экономики – торговых коридоров, где объекты сферы услуг располагаются на первых фасадных этажах жилых домов. До открытия станций метрополитена такие масштабные формы размещения объектов торговли в микрорайонах отсутствовали. Это непосредственно связано с появлением новых станций метрополитена, увеличением интенсивности транзитных пешеходных потоков. Проведенный анализ показывает, что проблема недостаточного количества локаций объектов третичного сектора экономики в районах размещения новых станций метрополитена может быть решена в кратчайшие сроки. При этом важно следить за процессом трансформации третичного сектора в этих районах, добиваясь формирования сбалансированной структуры сферы услуг, что обеспечивает комфортные условия проживания населения.

Литература

1. Джекобс Дж. Смерть и жизнь больших американских городов. М.: Новое издательство, 2011. 460 с.
2. Трубина Е.Г. Город в теории: опыты осмысления пространства. М.: Новое литературное обозрение, 2011. 519 с.
3. Gottdiener M. The Social Production of Urban Space. The University of Texas Press, 1985. 320 p.
4. Глазычев В.Л. Опыт Сенежской студии. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.glazychev.ru/publications/articles/2004-03-11_opyt_senezh_studii.htm (дата обращения: 02.11.2023).
5. Тарабарина Ю. Что такое был НЭР? [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://archi.ru/russia/82147/chto-takoe-byul-ner> (дата обращения: 02.11.2023).
6. Ахиезер А.С., Коган Л.Б., Яницкий О.Н. Урбанизация, общество и научно-техническая революция // Вопросы философии. 1969. № 2. С. 44-56.
7. Котова Е. Понятие «городской среды». [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://urbanica.spb.ru/wp-content/uploads/2013/06/2_Ponjtie_gorodcskaj_sreda.pdf (дата обращения: 02.11.2023).
8. Александр Высоковский о том, почему в России нет системного градостроительного процесса. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://urban.hse.ru/news/118008508.html> (дата обращения: 02.11.2023).
9. Перечень поручений Председателя Правительства РФ «О разработке методики оценки качества городской среды проживания и проведения такой оценки в крупных городах России» от 20 марта 2012 г. № ВП-П9-1581, п. 4.
10. Аксенов К.Э., Брадэ И., Бондарчук Е.А. Трансформационное и посттрансформационное городское пространство. Ленинград – Санкт-Петербург. 1989–2020. СПб.: Геликон Плюс, 2006. 284 с.

11. Высоковский А.: в 3 т. Т. 2. Practice / А.А. Высоковский. М.: Grey Matter., 2015. 400 с.
12. Демьяненко А.Н. Особенности формирования городского пространства Хабаровской агломерации // Тихоокеанская география. 2021. № 3. С. 51–63.
13. Медведникова Д.М. Трансформации транспортной системы и городской среды Москвы с введением МЦК // Международная конференция «Ломоносов 2017», секция «Экономическая география. Региональное развитие. Управление природопользованием». 2017. С. 1–2.
14. Лекции по экономике города и муниципальному управлению / Под науч. ред. А.С. Пузанова. М.: Фонд «Институт экономики города», 2004. 340 с.
15. Урри Дж. Мобильности. М.: Издательская и консалтинговая группа «Праксис», 2012. 576 с.
16. Вучик В.Р. Транспорт в городах, удобных для жизни. М.: Издательский дом «Территория будущего», 2011. 576 с.
17. Kansky K. Structure of transportation networks: relationships between network geometry and regional characteristics. Chicago: Univ. of Chicago Press, 1963. 155 p.
18. Крылов П.М. Типологии региональных транспортных систем России: автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. М., 2007. 24 с.
19. Rodrigue J.-P., Comtois Cl., Slack B. The geography of Transport Systems. [Third edition]. N. Y.: Routledge, 2013. 432 p.
20. Рекомендации по проектированию общественно-транспортных центров (узлов) в крупных городах. Госстрой РФ. М.: ЦНИИП градостроительства, 1997. 34 с.
21. Аналитика: Пассажиропоток по станциям метрополитена [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://prospectgroup.ru/analytics/passazhiropotok-po-stanciyam/> (дата обращения: 02.11.2023).

References

1. Jacobs, J. Death and life of big American cities. Novoe izdatel'stvo: Moscow, Russia, 2011; 460 p. (In Russian)
2. Trubina, E.G. The city in theory: experiments in understanding space. New Literary Review: Moscow, Russia, 2011; 519 p. (In Russian)
3. Gottdiener, M. The Social Production of Urban Space. University of Texas Press: New York, USA, 1985; 320 p.
4. Glazychev, V.L. Experience of the Senezh Studio. Available online: http://www.glazychev.ru/publications/articles/2004-03-11_opyt_senezh_studii.htm (accessed on 2 November 2023). (In Russian)
5. Tarabarina, Yu. What was NPE? Available online: <https://archi.ru/russia/82147/chto-takoe-byt-ner> (accessed on 2 November 2023). (In Russian)
6. Akhiezer, A.S.; Kogan, L.B.; Yanitsky, O.N. Urbanization, society and science-technical revolution. *Questions of philosophy*. 1969, 2, 44-56. (In Russian)
7. Kotova, E. The concept of “urban environment”. Available online: http://urbanica.spb.ru/wp-content/uploads/2013/06/2_Ponjtie_gorodskaj_sreda.pdf (accessed on 2 November 2023). (In Russian)
8. Alexander Vysokovsky on why there is no systematic urban planning process in Russia. Available online: <https://urban.hse.ru/news/118008508.html> (accessed on 2 November 2023). (In Russian)
9. List of instructions of the Chairman of the Government of the Russian Federation “On the development of a methodology for assessing the quality of the urban living environment and conducting such an assessment in large cities of Russia” dated March 20, 2012. No. VP-P9-1581, item 4. (In Russian)
10. Aksenov, K.E.; Brade, I.; Bondarchuk, E.A. Transformational and post-transformational urban space. Leningrad – St. Petersburg. 1989-2020. Publishing house “Helikon Plus”: St. Petersburg: Russia, Russia, 2006; 284 p. (In Russian)
11. Vysokovsky A. in 3 volumes. V. 2. Practice / A.A. Vysokovsky. Grey Matter: Moscow, Russia, 2015; 400 p. (In Russian)
12. Demyanenko, A.N. Features of the formation of the urban space of the Khabarovsk agglomeration. *Pacific Geography*. 2021, 3, 51-63. (In Russian)
13. Medvednikova, D.M. Transformations of Moscow transport system and urban environment with the introduction of the MCC. In *Materials of International Conference “Lomonosov 2017”, the section “Economic Geography. Regional development. Natural resources management”*. Moscow, Russia, 2017. 1-2. (In Russian)
14. Lectures on city economics and municipal management / Ed. of A.S. Puzanov. Foundation “Institute of City Economics”: Moscow, Russia, 2004; 340 p. (In Russian)
15. Urry, J. Mobility. Praxis Publishing and Consulting Group: Moscow, Russia, 2012; 576 p. (In Russian)
16. Vuchic, V.R. Transport in cities convenient for life. Publishing House “Territory of the future”: Moscow, Russia, 2011; 576 p. (In Russian)
17. Kansky, K. Structure of transportation networks: relationships between network geometry and regional characteristics. Univ. of Chicago Press: Chicago, USA, 1963; 155 p.
18. Krylov, P.M. Typologies of regional transport systems of Russia. Abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Geographical Sciences. Moscow, 2007. 24 p. (In Russian)

19. Rodrigue, J.-P.; Comtois, Cl.; Slack, B. The geography of Transport Systems. [Third edition]. Routledge: New York, USA, 2013; 432 p.

20. Recommendations for the design of public transport centers in large cities - Moscow: CRI of Urban Planning; 1997; 34 p. (In Russian)

21. Analytics: Passenger traffic at metro stations. Available online: <http://prospectgroup.ru/analytics/passazhiropotok-po-stanciyam/> (accessed on 2 November 2023). (In Russian)

Статья поступила в редакцию 17.04.2023; одобрена после рецензирования 11.07.2023; принята к публикации 25.07.2023.

The article was submitted 17.04.2023; approved after reviewing 11.07.2023; accepted for publication 25.07.2023.





Пространственная и сезонная изменчивость содержания железа в воде Бурейского водохранилища

Владимир Павлович ШЕСТЕРКИН¹
кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник
shesterkin@ivep.as.khb.ru, orcid 0000-0002-7271-8228

Нина Михайловна ШЕСТЕРКИНА²
научный сотрудник
shesterkina@ivep.as.khb.ru, orcid 0000-0001-7053-6087

^{1,2}ХФИЦ Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия

Аннотация. Работа посвящена изучению пространственной и сезонной изменчивости содержания валового и растворенного железа в воде Бурейского водохранилища. Приводятся результаты гидрохимических исследований на водоеме за 20-летний период эксплуатации. Отмечено, что в начале заполнения водохранилища содержание железа формировалось в условиях высокого водного обмена и влияния стока питающих его рек, дренирующих преимущественно заболоченные земли Тырминской и Верхнебурейнской равнин. Наибольшие концентрации валового железа из-за влияния внутриводоемных процессов (вынос из затопленных почв и растительности, появление дефицита растворенного кислорода и др.) в период наполнения были зафиксированы в зимний период в придонных слоях воды Приплотинного, Тырминского и Мельгинского участков. Максимальное содержание валового железа (4.2 мг/дм^3) было установлено в июле засушливого 2008 г. Показано, что повышенный приток воды и стабилизация уровня воды в водохранилище на отметке НПУ (256 м) обусловили после 2009 г. улучшение кислородного режима, которое привело к снижению концентрации растворенного железа. Отмечены небольшие различия в содержании валового и растворенного железа в поверхностных слоях воды в районе оползня в январе и июле 2019 г. Установлено появление высоких концентраций валового (3.46 мг/дм^3) и растворенного (0.72 мг/дм^3) железа зимой 2022 г. в верхней части водохранилища после значительного притока воды в июле–августе 2021 г. (21.2 км^3). Показана стабилизация содержания растворенного железа в пределах $0.1\text{--}0.2 \text{ мг/дм}^3$ в поверхностных слоях воды в многоводные 2021–2022 гг. Дана оценка стока валового и растворенного железа зимой 2021/2022 г.

Ключевые слова: Бурейское водохранилище, водный обмен, содержание, железо

Для цитирования: Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. Пространственная и сезонная изменчивость содержания железа в воде Бурейского водохранилища // Тихоокеанская география. 2023. № 4. С. 29–37. https://doi.org/10.35735/26870509_2023_16_3. EDN: KSYENK.

Spatial and seasonal variability of iron content in the waters of the Bureya Reservoir

Vladimir P. SHESTERKIN¹

Candidate of Geographical Sciences, Leading research associate
shesterkin@ivep.as.khb.ru, orcid 0000-0002-7271-8228

Nina M. SHESTERKINA²

Research associate
shesterkina@ivep.as.khb.ru, orcid 0000-0001-7053-6087.

^{1,2}KhFRC Institute of Water Ecological Problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia

Abstract. The paper is devoted to the study of spatial and seasonal variability of gross and dissolved iron content in the waters of the Bureya Reservoir. The results of hydrochemical studies in the reservoir are given over a 20-year period of its exploitation. At the beginning of the filling of the reservoir, the iron content was formed under conditions of high water exchange and the influence of the flow of the rivers feeding it, draining mainly the swampy lands of Tirminskaya and Verkhnebureinskaya plains. The highest concentrations of gross iron, due to the influence of water bodies inner processes (removal from flooded soils and vegetation, appearance of dissolved oxygen deficit, etc.), during the filling period were recorded in the winter period in the bottom water layers at the Priplotinnoe, Tyrma and Melginskoe sites. The maximum gross iron content (4.2 mg/dm³) was found in July of the dry year 2008. It is shown that the increased inflow of water and stabilization of the water level in the reservoir at the level of the normal retaining level (256 m) caused the improvement of the oxygen regime after 2009, which led to a decrease in the concentration of dissolved iron. Small differences in gross and dissolved iron concentrations in surface waters in the landslide area in January and July 2019 were observed. The occurrence of high concentrations of total (3.46 mg/dm³) and dissolved (0.72 mg/dm³) iron in winter 2022 in the upper part of the reservoir after a significant inflow in July-August of 2021 (21.2 km³) was recorded. Stabilization of the dissolved iron content in the surface water layers occurred during high-water years 2021–2022 in the range of 0.1–0.2 mg/dm³. Estimation of gross and dissolved iron runoff in winter of 2021–2022 is given.

Keywords: Bureya Reservoir, water exchange, content, iron

For citation: Shesterkin V.P., Shesterkina N.M. Spatial and seasonal variability of iron content in the waters of the Bureya Reservoir. *Pacific Geography*. 2023;(4)29-37. (In Russ.). https://doi.org/10.35735/26870509_2023_16_3.

Введение

В последние десятилетия в бассейне р. Амур активно развивается гидротехническое строительство. Наибольшее количество водохранилищ для водоснабжения, энергетики и орошения создано на китайской части бассейна (Сунхуаху, Байшань и др.). На российской части появились Зейское, Бурейское и Нижнебурейское водохранилища, полный объем которых суммарно превышает 1/3 годового стока р. Амур.

Формирование химического состава воды в водохранилищах – это сложный и многогранный процесс, зависящий от комплекса разнообразных факторов, связанных как с функционированием водных экосистем, так и с природными условиями водосбора. На него оказывают влияние многие абиотические, биологические и антропогенные факторы. В природных условиях они действуют в сложной зависимости и взаимосвязи, определяя трансформацию основных химических веществ [1]. Среди этих веществ большое значение имеет железо – широко распространенный элемент земной коры, принимающий

активное участие в биохимических процессах в живых организмах, лимитирующий качество и продуктивность водных объектов. Сделано предположение о снижении продуктивности Охотского моря вследствие уменьшения стока железа в р. Амур [2], отмечены рост и последующий спад стока железа в р. Амур в конце XX в. из-за деградации многолетней мерзлоты вблизи южной границы ее распространения [3], установлен повышенный сток железа в водотоках криолитозоны бассейна р. Буряя [4].

В воде рек и озер железо находится в растворенном, взвешенном и коллоидном состояниях. К взвешенной форме принято относить частицы размером более 0.45 мкм, представляющие собой железосодержащие минералы и сорбированные на взвеси соединения железа. Растворенное железо может находиться в ионной форме, в виде комплексных соединений с минеральными и органическими веществами. На формы железа и их содержание влияют значения pH и Eh, концентрации O₂, H₂S, CO₂, органических кислот. Предельно допустимая концентрация суммарного содержания растворенных форм железа (Fe_{раст.}) в воде объектов рыбохозяйственного значения составляет 0.1 мг/дм³ [5]. Под валовым содержанием подразумевают суммарное содержание в воде растворенных и взвешенных форм железа (Fe_{вал.}).

ИВЭП ДВО РАН осуществлял мониторинг за содержанием железа в воде Бурейского водохранилища в период его наполнения в 2003–2008 гг. и после схода оползня в районе его расположения в 2019–2020 гг. В многоводные 2021–2022 гг. появились новые данные о содержании валового и растворенного железа в воде этого водохранилища, которые позволили рассмотреть его динамику за 20-летний период эксплуатации.

Объект и методы исследований

Основным объектом исследования являлось Бурейское водохранилище – второе после Зейского крупное водохранилище в Приамурье. Плотина Бурейской ГЭС расположена в 186 км выше устья р. Буряя. Площадь водосбора и зеркала составляют 64 800 и 750 км² соответственно, полный объем при нормальном подпорном уровне (НПУ) 256 м – 20.9 км³. Основные притоки – рр. Буряя и Тирма. Параметры Бурейского водохранилища в 2009–2022 гг. даны в табл. 1.

Таблица 1
Распределение компонентов водного баланса в Бурейском водохранилище в 2009–2022 гг., км³

Table 1. Distribution of water balance components in the Bureya Reservoir in 2009–2022, km³

Компоненты водного баланса	Год														
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
Приток	34.1	29.5	20.4	32.8	38.2	21.9	24.6	37.1	28.3	27.3	41.9	32.4	41.3	40.5	
Расход (XII–III)	6.1	8.2	7.5	7.3	5.8	7.9	6.3	8.4	7.8	8.5	8.5	8.4	8.7	9.1	
Расход (IV–XI)	15.1	15.0	14.0	22.9	30.3	15.8	16.0	30.2	16.6	18.8	34.0	23.1	32.4	31.8	

Мониторинг проводили в 2003–2022 гг. на 12 станциях, расположенных на определенных участках (рис. 1). Летом и осенью 2003–2007, в марте 2004–2007 и июле 2011 гг. отбор проб воды (общее количество составило 343) осуществляли на Чеугдинском и Приплотинном участках на 3 равномерно расположенных по ширине водоема вертикалях, на Сектаглинском, Тырминском и Нижнемельгинском участках – на середине водоема. Пробы воды отбирали с поверхности, среднего и нижнего горизонтов. В 2008 г. исследования проводили на Приплотинном участке, в марте, июне, августе и октябре охватывали Бурейский, Верхнетырминский, Ольский и Чекундинский участки, общее количество проб составило 99. В январе и июле 2019 г., июле 2020 г. воду отбирали с поверхности в районе оползня на Сандарском участке (20 проб воды). В сентябре 2021 г., марте и июле 2022 г. пробы воды отбирали в поверхностных и придонных слоях воды на всей акватории водохранилища (общее количество проб составило 55).

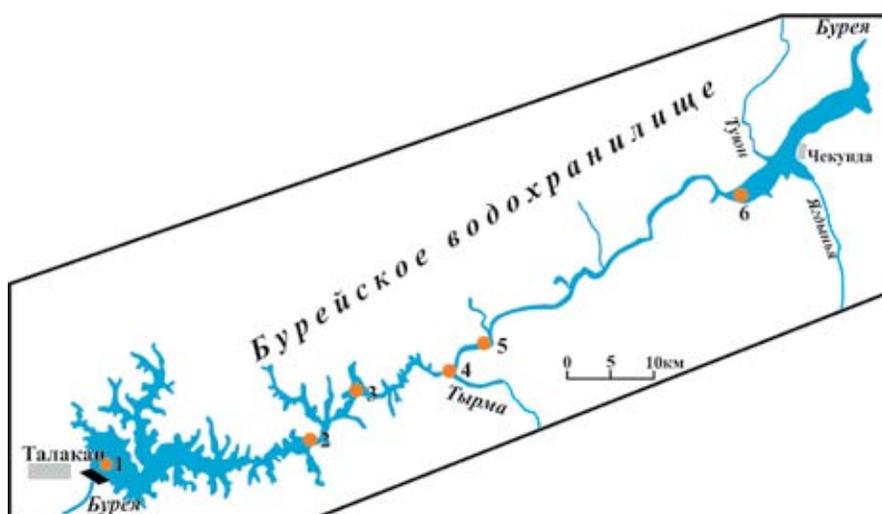


Рис. 1. Карта-схема Бурейского водохранилища: 1 – Приплотинный; 2 – Чеугдинский; 3 – Мальмалтинский; 4 – Сектаглинский; 5 – Тырминский; 6 – Нижнетырминский; 7 – Нижнемельгинский; 8 – Сандарский; 9 – Солдатов; 10 – Ольский; 11 – Чекундинский; 12 – Бурейский участки

Fig. 1. Map-diagram of the Bureya Reservoir sites: 1 – Priplotinny; 2 – Cheugdinsky; 3 – Malmaltinsky; 4 – Sektaglinsky; 5 – Tyrminsky; 6 – Nizhnetyrminsky; 7 – Nizhnelmginsky; 8 – Sandarsky; 9 – Soldatov; 10 – Olsky; 11 – Chekundinsky; 12 – Bureysky sites

Содержание железа определяли в Центре коллективного пользования при ИВЭП ДВО РАН: $Fe_{\text{вал}}$ без фильтрации, $Fe_{\text{раств.}}$ – после фильтрации через фильтр (0.45 мкм) по [6]. В 2003–2008, 2010 гг. определяли преимущественно $Fe_{\text{вал}}$, в 2011, 2020 и 2021 гг. – $Fe_{\text{раств.}}$, в 2019 и 2022 гг. $Fe_{\text{вал}}$ и $Fe_{\text{раств.}}$ одновременно. В работе использовали материалы ПАО «Рус-Гидро» за 2003–2022 гг. и Росгидромета за 1949–1988 гг. для характеристики р. Бурей до зарегулирования.

Результаты и обсуждение

Вода р. Бурей характеризуется гидрокарбонатно-кальциевым составом, низкой минерализацией. До зарегулирования, в 1949–1988 гг., минерализация варьировала от 15.4 до 112.2 мг/дм³. Наименьшие значения отмечались в 1960, 1961 и 1972 гг. в период крупных паводков. В летнюю межень минерализация повышалась на 10–15 мг/дм³, зимой в среднем составляла 61.9 мг/дм³ [7].

Содержание $Fe_{\text{вал}}$ изменялось в широком диапазоне. В зимнюю межень в 1949–1980 гг. значение находилось в пределах 0.01–0.29 мг/дм³, в среднем составляло 0.17 мг/дм³. Сток изменялся в пределах 42–1477 кг/сут, в среднем составлял 0.6 т/сут. В половодье и паводки его содержание возрастало до 1.63 мг/дм³ за счет повышения содержания взвешенных веществ (в 1978 г. до 1408 мг/дм³). Сток $Fe_{\text{вал}}$ в период открытого русла в среднем составлял 23 т/сут [8].

Заполнение водохранилища началось в апреле 2003 г. В начальный его период качество вод формировалось в условиях высокого водного обмена. В 2004, 2009, 2010, 2012, 2013, 2016–2022 гг. приток воды в водоем был выше среднемноголетнего значения (27.3 км³), причем в 2019 г. был максимальным (см. табл. 1). Наименьший приток воды (17.8 км³) отмечался в 2008 г. Холостой сброс воды во время строительства и ввода в действие гидроагрегатов проводился через нижние затворы на отметках в соответствии с проектом. Такие особенности заполнения, связанные с выработкой электроэнергии, снизили влияние затопленных почв и растительности на качество воды.

Во время наполнения водохранилища основное влияние на содержание железа оказал сток питающих его рек, затопленные леса и мари. В дальнейшем его содержание в отсутствие хозяйственного освоения береговой зоны и слабого освоения в бассейнах притоков определялось стоком питающих рек и внутриводоёмными процессами [8].

Содержание $Fe_{вал.}$ в воде в начале существования водохранилища было повышенным из-за высокого водного обмена и поступления из затопленных почв и растительности (табл. 2). Наибольшая концентрация наблюдалась в начале лета в придонных слоях воды Приплотинного участка (рис. 2), когда в питании водохранилища преобладали талые снеговые воды [8]. По сравнению с верхними слоями содержание $Fe_{вал.}$ в придонных слоях было выше на 0.26 мг/дм^3 . По мере наполнения водоема его содержание постепенно снижалось, сглаживались и различия по глубине.

Таблица 2

Содержание $Fe_{вал.}$ и $Fe_{раств.}$ в воде Бурейского водохранилища, мг/дм^3
Table 2. $Fe_{tot.}$ and $Fe_{dis.}$ contents in the waters of the Bureya Reservoir, mg/dm^3

2003 г. n=90	2004 г. n=111	2005 г. n=86	2006 г. n=63	2007 г. n=54	2008 г. n=99	2010 г. n=9	2019 г. n=11	2022 г. n=38
$Fe_{вал.}$								
0.34 ± 0.10 0.18–0.59	0.26 ± 0.09 0.12–0.76	0.28 ± 0.19 0.11–1.24	0.39 ± 0.45 0.11–2.64	0.34 ± 0.15 0.19–1.16	0.39 ± 0.46 0.13–4.20	0.29 ± 0.08 0.19–0.43	0.14 ± 0.02 0.11–0.17	0.46 ± 0.58 0.11–3.46
$Fe_{раств.}$								
2011 г. n=22	2019 г. n=11	2020 г. n=9	2021 г. n=16	2022 г. n=38				
0.18 ± 0.08 0.06–0.36	0.08 ± 0.02 0.05–0.11	0.15 ± 0.02 0.13–0.19	0.20 ± 0.05 0.13–0.30	0.21 ± 0.12 0.08–0.72				

Примечание. Числитель – среднее и среднее квадратичное отклонение, знаменатель – минимальное и максимальное значения; n – количество проб (the numerator is the mean and standard deviation, the denominator is the minimum and maximum values; n – is the number of samples).

На второй год эксплуатации водохранилища содержание $Fe_{вал.}$ стало варьировать в более широких пределах (см. табл. 2), среднее значение зимой составило 0.21 мг/дм^3 , что было незначительно выше, чем до зарегулирования. Наибольшие различия по глубине (от 0.18 до 0.76 мг/дм^3) отмечались зимой на Приплотинном участке. На остальных участках амплитуда колебаний была ниже 0.12 мг/дм^3 . Летом и осенью при высоком водном обмене (приток составлял 30.6 км^3 , максимальный объем – 6.8 км^3) содержание $Fe_{вал.}$ в воде изменялось в основном в более узком диапазоне (0.24 – 0.34 мг/дм^3).

В последующие маловодные годы (приток воды был ниже 24.9 км^3) на содержание $Fe_{вал.}$ начинают все больше влиять затопленные почвы и растительность. В марте 2005 г. наибольшие значения наблюдались в нижних слоях воды как у плотины (рис. 2), так и на Тырминском (до 1.1 мг/дм^3) и Мельгинском (до 1.2 мг/дм^3) участках.

Существенные изменения в его содержании отмечались после паводков. Большой приток объемом 7.6 км^3 в июне 2005 г. не только обусловил полную смену воды в водохранилище, но и вызвал повышение содержания $Fe_{вал.}$ в придонном слое в июле.

На Чеугдинском и Тырминском участках оно достигало 0.59 мг/дм^3 . В верхних слоях воды содержание $Fe_{вал.}$ было ниже 0.2 мг/дм^3 [9]. Различия в содержании между верхними и нижними слоями на Нижнемельгинском участке составляло 0.08 мг/дм^3 , Сектаглинском – 0.06 мг/дм^3 . Осенью постепенное снижение притока воды в водохранилище обусловило снижение и выравнивание концентрации $Fe_{вал.}$ по глубине.

Содержание $Fe_{раств.}$ в 2005 г. [10] было повышенным (0.05 – 0.16 мг/дм^3) из-за обширных заболоченных территорий, определяющих образование устойчивых Fe-органических комплексов (в основном коллоидов). Более высокое содержание $Fe_{раств.}$ в придонных слоях по сравнению с поверхностными могло быть вызвано увеличением содержания тонкодисперсных частиц.

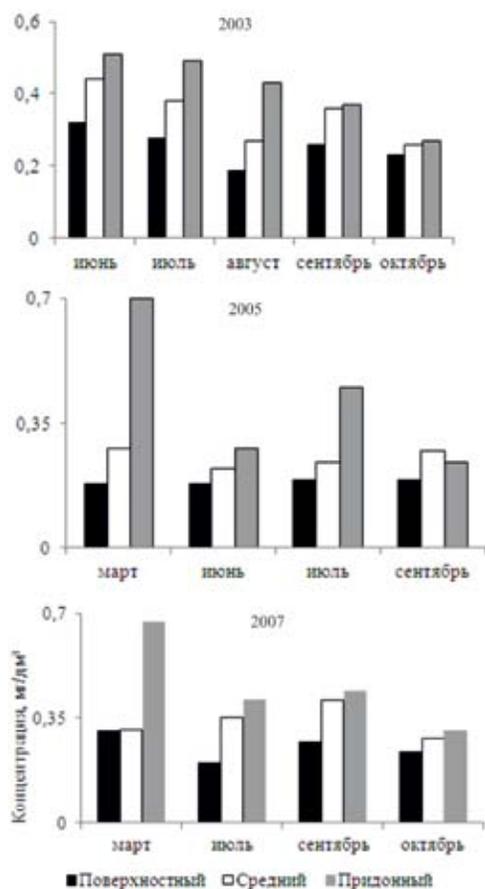


Рис. 2. Сезонная динамика распределения содержания $Fe_{вал}$ по глубине в воде Приплотинного участка Бурейского водохранилища в 2003, 2005 и 2007 гг.

Fig. 2. Seasonal dynamics of the Fe_{tot} depth distribution in the waters of the Bureya Reservoir at the Priplotinnoe site in 2003, 2005 and 2007

его содержание на всех участках изменялось в пределах 0.19–0.28 мг/дм³, в средних – 0.35–0.43 мг/дм³, по длине и глубине водоема различалось незначительно из-за большого притока талых снеговых вод в апреле–мае (5.3 км³). В дальнейшем слабый приток (8 км³) не способствовал поступлению $Fe_{вал}$ в водоем, поэтому его содержание в поверхностных слоях воды находилось в пределах 0.13–0.25 мг/дм³, в средних – 0.19–0.37 мг/дм³ [12]. В придонных слоях воды большинства участков содержание было ниже 0.41 мг/дм³, лишь на Нижнемельгинском участке достигало 2.26 мг/дм³. Среднее содержание $Fe_{вал}$ летом составило 0.26 мг/дм³, сток – 12.6 т/сут [8].

В последующие годы из-за улучшения кислородного режима, обусловленного значительным притоком воды и затухания влияния процессов разложения затопленных почв и растительности, содержание железа в воде стало постепенно снижаться (см. табл. 2). Лишь после значительного притока воды в июне–августе 2021 г. (25.6 км³) и превышения НПУ воды в водохранилище на 1.77 м содержание $Fe_{вал}$ в марте 2022 г. достигло в среднем 0.71 мг/дм³, изменялось в пределах 0.25–3.46 мг/дм³. Причем на Приплотинном участке значительные различия в содержании отсутствовали (рис. 3), а максимальное значение наблюдалось в придонном слое воды Чекундинского участка из-за подтопления новых заболоченных земель.

Зимой 2006 и 2007 гг. на содержание $Fe_{вал}$ на всех участках водохранилища, кроме Тырминского, начинают влиять внутриводоемные процессы, которые обусловили наибольшие его значения в придонных слоях воды, имеющих дефицит растворенного кислорода (см. рис. 2). Подобное распределение концентраций $Fe_{вал}$ отмечалось и при заполнении Зейского водохранилища, однако его содержание в придонных слоях воды здесь достигало 3.0 мг/дм³ вследствие значительных количеств затопленной древесины [11]. Лишь на Тырминском участке большие различия в содержании $Fe_{вал}$ между верхними и нижними слоями отсутствовали из-за малой глубины (<25 м). Значительно меньше содержалось $Fe_{вал}$ осенью 2006 г. после притока 10 км³ в июле–августе. В придонных слоях воды Приплотинного участка его содержание составляло 0.42 мг/дм³, Нижнемельгинского – 0.22 мг/дм³. В поверхностных горизонтах воды концентрация находилась в пределах 0.11–0.26 мг/дм³ [9].

Сезонная динамика содержания $Fe_{вал}$, отмечавшаяся в начале заполнения, в условиях снижения притока воды в водохранилище в 2006–2007 гг. и затопления больших массивов заболоченных земель в его широкой части сохранялась и в 2008 г., однако в пространственном отношении претерпела существенное изменение. В июне 2008 г. максимальное его содержание (4.2 мг/дм³) отмечалось у плотины на глубине 111 м, где концентрация кислорода была ниже 0.3 мг/дм³. В верхних слоях воды

В конце июля 2022 г. содержание $Fe_{вал.}$ варьировало в более широком диапазоне: в верхних слоях от 0.11 до 0.23 мг/дм³, в нижних – от 0.23 до 0.81 мг/дм³. Максимальные его концентрации отмечались в воде придонных слоев Нижнетырминского и Сандарского участков.

Первые исследования содержания $Fe_{раств.}$ в воде Бурейского водохранилища в конце маловодного июля 2011 г. свидетельствовали о небольших его различиях по акватории и

глубине. В поверхностных слоях воды его содержание было в пределах 0.06–0.14 мг/д. В целом по акватории водоема наименьшее значение отмечалось в верхних слоях воды Сектаглинского и Тырминского участков, наибольшее – в придонных слоях Приплотинного участка (возможно, сформированных в многоводном 2010 г.). Низкие концентрации $Fe_{раств.}$ наблюдались в поверхностных слоях воды Сандарского участка в январе (0.08–0.11 мг/дм³) и июле (0.05–0.07 мг/дм³) многоводного 2019 г. (в середине июля приток достиг 17.8 км³), что свидетельствовало о стабилизации его содержания в этих слоях воды в пределах 0.05–0.11 мг/дм³.

В сентябре многоводного 2021 г. содержание $Fe_{раств.}$ изменялось в узком диапазоне: в поверхностных горизонтах воды от 0.13 до 0.19 мг/дм³, в придонных – от 0.17 до 0.28 мг/дм³. Наибольшие концентрации и различия между этими горизонтами наблюдались на Приплотинном и Ольском участках. На Чекундинском и Сандарском участках различия в содержании были менее 0.03 мг/дм³.

Повышенный приток воды в июле–августе 2021 г. и затопление заболоченных земель обусловили в марте 2022 г. рост содержания $Fe_{раств.}$ (табл. 3) на всех участках водохранилища. В верхних слоях воды его концентрация изменялась от 0.17 до 0.25 мг/дм³, в придонных – от 0.22 до 0.72 мг/дм³. Причем на Приплотинном участке различия в содержании $Fe_{раств.}$ по глубине отсутствовали (см. рис. 3). В воде р. Бурейя содержание $Fe_{раств.}$ достигало 0.14 мг/дм³.

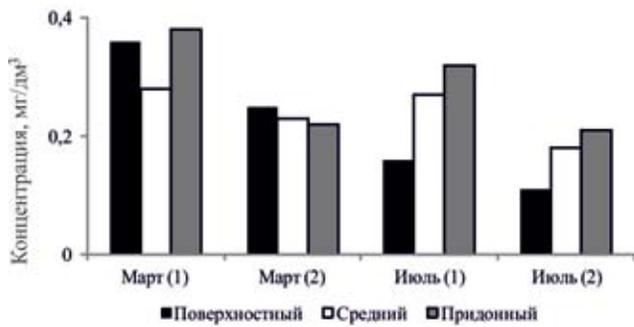


Рис. 3. Распределение содержания $Fe_{вал.}$ (1) и $Fe_{раств.}$ (2) в воде Приплотинного участка Бурейского водохранилища в марте и июле 2022 г.

Fig. 3. The distribution of the $Fe_{tot.}$ (1) and $Fe_{dis.}$ (2) contents in the waters of the Bureya Reservoir at the Priplotinny Site in March and July 2022

Таблица 3

Сезонные изменения содержания $Fe_{вал.}$ и $Fe_{раств.}$ в воде Бурейского водохранилища в 2022 г., мг/дм³

Table 3. Seasonal changes in the content of $Fe_{tot.}$ and $Fe_{dis.}$ in the waters of the Bureya Reservoir in 2022, mg/dm³

$Fe_{вал.}$		$Fe_{раств.}$		$Fe_{раств.}$, % от $Fe_{вал.}$	
март n=16	июль n=22	март n=16	июль n=22	март n=16	июль n=22
0.71 ± 0.82 0.28–3.46	0.28 ± 0.17 0.10–0.81	0.28 ± 0.14 0.13–0.72	0.15 ± 0.05 0.08–0.28	56 ± 19 21–82	61 ± 16 35–100

Примечание. Числитель – среднее и среднеквадратичное отклонение, в знаменателе – минимальное и максимальное значения; n – количество проб (the numerator is the mean and standard deviation, the denominator is the minimum and maximum values; n – is the number of samples).

Повышенное содержание железа наряду с максимальными за весь период эксплуатации водоема расходами воды позволили дать оценку стока $Fe_{раств.}$ и $Fe_{вал.}$ в зимний период,

которые составили соответственно 16.5 и 24.8 т/сут. Таким образом, по сравнению с 1949–1988 гг. [8], зимний сток $Fe_{вал.}$ стал выше в 41.3 раза.

Значительный приток воды (20.4 км³) в мае–июле 2022 г. обусловил смену воды в водоеме, привел к существенному снижению в нем концентрации железа (см. табл. 3). В поверхностных слоях воды концентрация $Fe_{раств.}$ находилась в пределах 0.08–0.11 мг/дм³, в придонных – 0.14–0.28 мг/дм³, в среднем составила 0.15 мг/дм³.

Заключение

Гидрохимические наблюдения в 2003–2022 гг. на Бурейском водохранилище свидетельствуют о больших вариациях содержания железа, вызванных изменениями водного режима и внутриводоемными процессами. В начале заполнения водоема основное влияние на содержание железа оказал высокий водный обмен и сток питающих рек, дренирующих заболоченные земли. Наибольшие концентрации валового железа из-за влияния затопленных почв и растительности отмечались в нижних слоях воды зимой и в июле засушливого 2008 г. В верхних слоях воды концентрация валового железа не превышала 0.2 мг/дм³. Повышенный приток и стабилизация уровня воды на НПУ, а также улучшение кислородного режима привели к снижению содержания железа после 2009 г. В январе и июле 2019 г. исследования показали небольшие различия в содержании валового и растворенного железа в верхних слоях воды в районе оползня.

В многогоднюю зиму 2021/2022 г. отмечены повышенные концентрации валового (3.46 мг/дм³) и растворенного (0.72 мг/дм³) железа в нижних слоях воды Чекундинского участка, стабилизация содержания растворенного железа в пределах 0.05–0.13 мг/дм³ в верхних слоях воды, максимальный сток растворенного (16.5 т/сут) и валового (24.8 т/сут) железа.

Благодарности. Авторы выражают благодарность кандидатам географических наук старшим научным сотрудникам Института физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН С.Л. Горину и П.Н. Терскому за содействие в отборе проб воды в 2021–2022 гг.

Acknowledgements. The authors are grateful to Cand. geogr. Sciences, Senior Research Fellows of the Institute of Atmospheric Physics. A.M. Obukhov RAS S.L. Gorin and P.N. Tersky for assistance in water sampling in 2021–2022.

Литература

1. Эдельштейн К.К., Белова С.Л., Заславская М.Б., Новикова Е.В. Гидролого-гидрохимические аспекты формирования качества воды в водохранилищах питьевого и рекреационного назначения // Водные ресурсы. 1993. Т. 20, № 5. С. 565–574.
2. Narita H., Shiraiwa T., Nakatsuka T. Human activities in northeastern Asia and their impact on the biological productivity in north Pacific Ocean // Report on Amur-Okhotsk project. Kyoto: RIHN. 2004. N 2. P. 1–24.
3. Шамов В.В., Кулаков В.В., Ониши Т. Аномальная динамика железа в реках системы Амура в конце XX века: вероятные причины // Водоочистка, водоподготовка, водоснабжение. 2008. № 10. С. 72–78.
4. Tashiro Y., Yoh M., Shiraiwa T., Onishi T., Shesterkin V., Kim V. Seasonal variations of dissolved iron concentration in active layer and permafrost areas, Russian Far East // Water. 2020. Vol. 12, N 9. 2500.
5. Приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 № 552 (ред. от 10.03.2020) «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения». М.: Минюст России, 2017. № 45203. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201701160006> (дата обращения: 23.10.2023).
6. РД 52.24.358-2019. Массовая концентрация железа общего и железа валового в водах. Методика измерений фотометрическим методом с 1,10-фенантролином. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://base.garant.ru/407562861/daf75cc17d0d1b8b796480bc59f740b8> (дата обращения: 23.10.2023).
7. Мордовин А.М., Шестеркин В.П., Антонов А.Л. Река Бурей: гидрология, гидрохимия и ихтиофауна. Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 2006. 149 с.

8. Шестеркин В.П., Сиротский С.Е., Шестеркина Н.М. Воздействие гидроэнергетического строительства на содержание и сток растворенных веществ в воде реки Бурей // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2014. № 4. С. 72–83.

9. Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. Гидрохимия Бурейского водохранилища в период заполнения (2005–2006 гг.) // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов: Труды Междунар. науч.-практ. конф. Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 2007. С. 100–104.

10. Chudaeva V.A., Shesterkin V.P., Chudaev O.V. Trace elements in surface water of the Amur River basin // *Water Resources*. 2011. Vol. 38, N 5. pp. 650–661.

11. Мордовин А.М., Петров Ю.С., Шестеркин В.П. Гидроклиматология и гидрохимия Зейского водохранилища. Владивосток; Хабаровск: Дальнаука, 1997. 138 с.

12. Шестеркин В.П. Многолетняя динамика содержания железа в воде Бурейского водохранилища // Водохранилища Российской Федерации: современные экологические проблемы, состояние, управление: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. Новочеркасск: Лик, 2019. С. 403–409.

References

1. Edelstein, K.K.; Belova, S.L.; Zaslavskaya, M.B.; Novikova, E.V. Hydrological and hydrochemical aspects of water quality formation in drinking and recreational reservoirs. *Water Resources*. 1993, 20(5), 565–574. (In Russian).

2. Narita, H.; Shiraiwa, T.; Nakatsuka, T. Human activities in northeastern Asia and their impact on the biological productivity in north Pacific Ocean. In *Report on Amur-Okhotsk project*. RIHN: Kyoto. 2004, 2, 1–24.

3. Shamov, V.V.; Kulakov, V.V.; Onishi, T. Anomalous dynamics of iron in the rivers of the Amur system at the end of the twentieth century: probable causes. *Water purification, water treatment, water supply*. 2008, 10, 72–78. (In Russian)

4. Tashiro, Y.; Yoh, M.; Shiraiwa, T.; Onishi, T.; Shesterkin, V.; Kim, V. Seasonal variations of dissolved iron concentration in active layer and permafrost areas, Russian Far East. *Water*. 2020, 12(9), 2500. DOI: 10.3390/w12092579

5. Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation dated 13.12.2016 N 552 (ed. dated 10.03.2020) “On approval of water quality standards for water bodies of fishery significance, including standards for maximum permissible concentrations of harmful substances in the waters of water bodies of fishery significance”. Moscow: Ministry of Justice of Russia, 2017. No. 45203. (In Russian). Available online: <https://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201701160006> (accessed on 23 October 2023). (In Russian).

6. RD 52.24.358-2019. The mass concentration of total iron and gross iron in the waters. Measurement method by photometric method with 1,1-phenanthroline. (In Russian). Available online: <https://base.garant.ru/407562861/daf-75cc17d0d1b8b796480bc59f740b8> (accessed on 23 October 2023). (In Russian).

7. Mordovin, A.M.; Shesterkin, V.P.; Antonov, A.L. The Bureya River: hydrology, hydrochemistry, fish fauna. Institute of Water Ecological Problems, FEB RAS: Khabarovsk, Russia, 2006; 149 p. (In Russian).

8. Shesterkin, V.P.; Sirotsky, S.E.; Shesterkina, N.M. The impact of hydropower construction on the content and flow of dissolved substances in the water of the Bureya River. *Water sector of Russia: problems, technologies, management*. 2014, 4, 72–83. (In Russian).

9. Mordovin, A.M.; Petrov, E.S.; Shesterkin, V.P. Hydroclimatology and hydrochemistry of the Zeya Reservoir. Dal'nauka: Vladivostok-Khabarovsk, Russia, 1997; 138 p. (In Russian)

10. Shesterkin, V.P.; Shesterkina, N.M. Hydrochemistry of the Bureysky Reservoir during the filling period (2005–2006). In *Modern problems of reservoirs and their catchments*. Proceedings of the international scientific and practical conference. Publishing House of Perm University: Perm, Russia, 2007, 100–104. (In Russian)

11. Chudaeva, V.A.; Shesterkin, V.P.; Chudaev, O.V. Trace elements in surface water of the Amur River basin. *Water Resources*, 2011, 38(5), 650–661.

12. Shesterkin, V.P. Long-term dynamics of iron content in the water of the Bureysky Reservoir. In *Reservoirs of the Russian Federation: modern environmental problems, condition, management*. Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference. Liki: Novocherkassk, Russia, 2019, 403–409. (In Russian).

Статья поступила в редакцию 02.02.2023; одобрена после рецензирования 21.09.2023; принята к публикации 29.07.2023.

The article was submitted 02.02.2023; approved after reviewing 21.09.2023; accepted for publication 29.09.2023.



Структура современных экзогенных геоморфологических процессов Чукотки

Геннадий Петрович СКРЫЛЬНИК¹
кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, skrylnik@tigdvo.ru

Иван Иванович КРЫЛОВ²
кандидат географических наук, старший научный сотрудник

Анатолий Николаевич КАЧУР³
кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник
kachur@tigdvo.ru, orcid 0000-0002-2150-1512

Владимир Николаевич НЕВСКИЙ⁴
кандидат географических наук, старший научный сотрудник
nevsky@tigdvo.ru, orcid 0000-0003-2956-3395

^{1,2,3,4}Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия

Аннотация. Жанр предлагаемой статьи соответствует геоморфологическому или научно-географическому очерку. В ней достаточно подробно описан весь спектр экзогенных геоморфологических процессов Чукотского автономного округа (преимущественно Чукотского полуострова), включая комплексы криогенных, гляциально-нивационных и склоновых гравитационных процессов, а также русловые процессы – эрозию и селевые потоки. Упомянуты и незональные процессы, в частности эоловые (формирование дюн). Отмечено, что наблюдаемый набор экзогенных процессов, их активность и совместное действие обусловлены уникальностью климатической обстановки – соседством и взаимопроникающим влиянием большого участка суши в пределах субарктического и арктического поясов и морей двух океанов с различными гидрофизическими условиями. Наблюдения и выводы авторов касаются не всей территории округа, однако следует учесть, что подобного описания комплекса экзогенных геоморфологических процессов Чукотки до сих пор нет. Статья может представлять интерес для геоморфологов и географов любого профиля, так как дает хоть и краткое, но достаточно емкое описание современной динамики рельефа округа. Отдельно отмечены антропогенные факторы современного рельефообразования, главным из которых является пирогенный. Именно он способен обусловить существенную трансформацию ландшафтов, что в свою очередь неизбежно влияет на структуру и активность экзогенных геоморфологических процессов. Однозначных выводов о каких-либо тенденциях в современном рельефообразовании авторы не делают в силу ограниченной продолжительности периода наблюдений в данном регионе, но высказывают предположение об усилении аридизации климата и дальнейшей активизации криогенных процессов.

Ключевые слова: Чукотка, экзогенные геоморфологические процессы, криогенные процессы, гляциально-нивационные процессы

Для цитирования: Скрыльник Г.П., Крылов И.И., Качур А.Н., Невский В.Н. Структура современных экзогенных геоморфологических процессов Чукотки // Тихоокеанская география. 2023. № 4. С. 38–51. https://doi.org/10.35735/26870509_2023_16_4. EDN: JQENKA.

Original article

The structure of modern exogenous geomorphic processes in Chukotka

Gennadiy P. SKRYLNIK¹

Candidate of Geographical Sciences, Leading research associate, skrylnik@tigdvo.ru

Ivan I. KRYLOV²

Candidate of Geographical Sciences, Senior research associate

Anatoliy N. KACHUR³

Candidate of Geographical Sciences, Leading research associate
kachur@tigdvo.ru, orcid 0000-0002-2150-1512

Vladimir N. NEVSKY⁴

Candidate of Geographical Sciences, Senior research associate
nevsky@tigdvo.ru, orcid 0000-0003-2956-3395

^{1,2,3,4}Pacific Geographical Institute of FEB RAS, Vladivostok, Russia

Abstract. The genre of the proposed article corresponds to a scientific-geographical or geomorphological essay. It describes in detail the whole spectrum of exogenous geomorphic processes in the Chukotka Autonomous District (Far East of Russia), including a complex of permafrost (cryogenic) processes on slopes and subhorizontal surfaces, a complex of glacial-nivation processes, a complex of slope gravity processes traditional for mountainous territories, and also channel processes - erosion and mudflows. Non-zonal processes are also described, for example, eolian ones (the formation of dunes). It is noted that the observed set of exogenous processes, their activity and joint action on the same surfaces are due to the uniqueness of the climatic situation, i.e., the proximity and interpenetration of a large land area within the subarctic and arctic belts and the seas of two oceans with different natural-physical conditions. The observations and conclusions of the authors cannot be called strictly systemic, but it should be taken into account that there is still no such description of the entire system of exogenous geomorphic processes on the territory of Chukotka. The article may be of interest to geomorphologists and, in general, geographers of any profile, as it gives a concise and, at the same time, a brief description of the modern dynamics of the relief of the Chukotka District. Separately, anthropogenic factors of modern relief formation are noted, the first of all pyrogenic one. It is the latter factor that can cause a significant transformation of the landscapes of Chukotka, which, in turn, will inevitably affect the structure and activity of exogenous geomorphic processes. The authors do not make unambiguous conclusions about any trends in modern relief formation due to the limited duration of the observation period in this region, but they suggest an increase in climate aridization and further activation of cryogenic processes.

Keywords: Chukotka, exogenous geomorphic processes, cryogenic (permafrost) processes, slow slope mass movement, glaciation-nivation processes.

For citation: Skrylnik G.P., Krylov I.I., Kachur A.N., Nevsky V.N. The structure of modern exogenous geomorphic processes in Chukotka. Pacific Geography. 2023;(4):38-51. (In Russ.). https://doi.org/10.35735/26870509_2023_16_4.

свою задачу авторы видели в том, чтобы представить полную на данный момент картину системы экзогенных геоморфологических процессов.

Материалы и методы

Статья является своеобразным обобщением полевых наблюдений И.И. Крылова (в 1990-х гг.) и Г.П. Скрыльника (в 1970-х гг.) в отдельных точках региона, анализом доступных литературных источников и космических мелкомасштабных снимков и космических изображений Google Earth. В частности, сведения о лавинах были получены из научных и региональных новостных публикаций, а локализация наледей и некоторых очагов формирования селей была отслежена по космическим изображениям. При анализе были применены сравнительно-географический, информационный и палеогеографический методы.

Результаты и их обсуждение

Развитие геосистем Чукотки протекает под влиянием континента и океана. В ходе их многофакторного взаимодействия активизируются те или иные экзогенные геоморфологические процессы (ЭГП). В первом случае активизируются мерзлотные рельефообразующие процессы, а во втором – гляциально-нивационные.

Применительно к данной территории можно выделить следующие группы ЭГП:

– склоновые: а) быстрые собственно гравитационные (обвалы, осыпи, оползни, оползни-сплывы, оплывины, лавины, осовы); б) массового смещения рыхлого материала, преимущественно криогенного генезиса (крип, десерпция и дефлюкция; солифлюкция медленная и быстрая в базовых определениях Ч. Дэвисона, С.С. Коржуева, Дж. Андерссона, Г.Ф. Грависа, С.С. Воскресенского [3]);

– флювиальные и морские: речная эрозия и аккумуляция, абразия и аккумуляция;

– криогенные гидродинамические (локализованные на субгоризонтальных поверхностях: морозобойное трещинообразование, полигонально-жильное льдообразование, формирование полигональных блоков рельефа, формирование курумов элювиального типа);

– гляциальные и нивационные;

– термокарст, термоэрозия, наледные процессы;

– эоловые;

– карстовые и суффозионные.

Отдельно следует отметить антропогенные (техногенные) процессы.

Обвалы и осыпи. Наибольшая пораженность территории этими процессами характерна для среднегорья Чукотки, склоны которого местами превышают крутизну 35° , и сильно расчлененного низкогорья с такими же склонами. Обычно обвалы развиваются по крутым и отвесным склонам речных долин и трогов, на стенках каров и цирков и на скалистых склонах абразионных берегов (преимущественно Берингова моря). Осыпи, как правило, сочетаются с обвалами (рис. 2). У подножия крутых склонов речных долин и выходов коренных пород на междуречьях осыпи образуют мощные конусы и шлейфы; на некоторых участках осыпи занимают небольшие площади. Осыпи, развитые в водосборных воронках и в верховьях водотоков, часто являются очагами формирования селей.



Рис. 2. Осыпной склон на левобережье р. Анадырь. Фото А.В. Галанина

Fig. 2. Talus slope near the Anadyr River (photo by A. Galanin).

Оползни и оползни-сплывы. Наибольшая частота оползней характерна для приморских равнин, особенно вдоль береговых уступов на побережье Берингова моря и на северном побережье Чукотки. Их сопровождают оплывины и осовы. Оползни нередко формируют оползневой берег на протяжении нескольких километров. По глубине захвата склона оползни Чукотки относятся к поверхностным и мелким. Высота уступа оползневого цирка в среднем составляет 1–2.5 м, но на побережьях достигает 3–3.5 м. Активизация оползней наблюдается в начале августа. На берегу зал. Лаврентия отмечен древний оползневой цирк, в днище которого активизировались несколько мелких оползней. Этот район отличается высокой степенью горизонтальной расчлененности оврагами. Иногда на оползневом участке отмечается несколько ярусов оползней.

Оползни-сплывы отмечаются повсеместно на побережьях, по бортам термокарстовых котловин и на делювиально-солифлюкционных склонах.

Лавины. Продолжительность лавиноопасного периода на Чукотке составляет 8 месяцев. Наибольшая лавинная опасность возникает в области интенсивно расчлененного среднегорья и низкогорья. Климатическими факторами образования лавин являются частые метели и связанные с ними ветровые снежные надувы и снегопады. Одна из главных причин схода лавин – формирование слоев разрыхления (горизонтов глубинной изморози) с ослабленными в них прочностными связями. В силу местных климатических особенностей в прибрежных областях лавины могут быть как сухими (зимой), так и мокрыми.

Для низкогорья Чукотки более характерны лотковые лавины и лавины-осовы. Уместно отметить несколько наиболее известных лавин:

1) 6 октября 1964 г. в районе г. Иульгин сошла лавина, которая снесла буровую вышку. В течение нескольких дней до ее схода отмечались снегопад, метель, оттепель, дождь. Крутизна склона в месте схода лавины составляла 25–30° при высоте лавиносбора над днищем долины 300–400 м;

2) в начале ноября 1982 г. в районе пос. Вешкап лавина сошла после 2–3-дневного снегопада, сформировавшего 40-сантиметровый слой снега. В водосборной воронке ручья на отметке около 500 м образовался козырек, который сорвался при сильном порыве ветра. Лавина засыпала и частично повредила вахтовый поселок Восточно-Чукотской геолого-разведочной экспедиции, находившийся на отметке около 300 м.

3) 22 декабря 2019 г. вблизи пгт. Эгвекино сошла одна из самых мощных за последние полвека лавина, свидетелями которой были десятки наблюдателей;

Среди лавиноопасных районов следует выделить хребет Искатень (максимальная высота 1508 м). Он отличается регулярным сходом достаточно мощных лавин, которые транспортируют большое количество крупнообломочного материала.

Солифлюкция (комплекс процессов массового смещения рыхлого склонового материала). Морфологический результат действия этого комплекса процессов – создание фестончатых, микроступенчатых склонов с крутизной в интервале от 3–6 до 35–38°. Геоморфологи часто не разделяют общий процесс массового смещения рыхлого материала на отдельные категории в соответствии с внешними условиями (колебания температур, оттаивания-замерзания и переувлажнения), поскольку в большинстве случаев, в т.ч. в условиях достаточно влажного субарктического климата, почти все склоны с крутизной менее 38–40° являются полигенетическими и выделить ведущий ЭГП очень трудно (скорее, даже бессмысленно). Чаще всего этот общий процесс массового смещения рыхлого склонового материала в районах существования многолетнемерзлых пород называют крипом или солифлюкцией [3].

Одна из форм солифлюкции, так называемая медленная солифлюкция, создает на склонах Чукотки микрорельеф специфической формы – потоки и террасы, имеющие в плане языкообразную форму. Чаще всего она проявляется на склонах крутизной от 3–6 до 20°, но наиболее активна на поверхностях средней крутизны (8–15°) при наличии слоя дисперсных отложений мощностью 1–2 м. Медленная солифлюкция проявляется наиболее отчетливо в средних и нижних частях склонов, т.е. гипсометрически ниже участков со

сплошным распространением курумов. Обнаруживается преимущественная приуроченность солифлюкций к склонам, сложенным ультраосновными породами, андезито-дацитами, глинистыми сланцами, алевролитами, дающими при выветривании много глинистых частиц.

Муссонная (водородная) солифлюкция, типичная для Южной Чукотки, активизируется после выпадения жидких атмосферных осадков. Как самостоятельная категория при картографировании ЭГП она не выделяется.

Быстрые подвижки переувлажненного поверхностного слоя пород на склонах носят название быстрой солифлюкций, которая развивается благодаря снижению устойчивости грунтов на склонах при сильном увлажнении талыми и дождевыми водами и в результате оттаивания. Быстрые солифлюкционные сплывы протекают обычно во второй половине лета и после дождей. Скорости течения в оттаивающем горизонте чаще измеряются несколькими м/сутки, но при особо быстрых сплывах достигают сотен м/ч.

Солифлюкционные террасы формируются как единичными, так и группами. Иногда они соединяются в гирлянды, протягивающиеся по склону на несколько десятков, а то и на сотни метров. Фронтальные уступы на них чаще составляют 0.6–0.9 м, местами до 2 м. В некоторых горных массивах отмечается до 5 ступеней террас. Примечательно, что солифлюкционные террасы чаще развиты в средней части склонов.

Вдоль подножия солифлюкционных склонов формируются обширные делювиально-солифлюкционные шлейфы. Этот процесс способствует формированию асимметричных долин. Шлейфы достигают днищ речных долин и формируют широкие террасоувалы.

В структуре процессов массового смещения рыхлого склонового материала различные частные процессы обычно соседствуют или поочередно замещаются, формируя полигенетические склоны [4, 5]. В частности, почти все солифлюкционные склоны с разреженной растительностью подвержены плоскостному смыву, который, впрочем, играет подчиненную роль. Массовое смещение рыхлого склонового материала является ведущим фактором в современном рельефообразовании региона.

Речная эрозия и аккумуляция. В Восточно-Сибирское, Чукотское и Берингово моря впадает множество горных и равнинных рек. Эрозионные процессы и формирование аллювия для данной территории не являются уникальными процессами, свойственными лишь Чукотке. Элювий на большей части территории маломощен, содержит много грубых крупных обломков, поскольку все составляющие выветривания относительно слабы, поэтому и аллювий представлен относительно грубым, не всегда хорошо окатанным материалом.

Стоит отметить, что период «эрозионной» деятельности рек всего четыре месяца. Наибольшие расходы характерны для май-июньского половодья, тогда как в последующие, дождевые паводки (2–3 в сезон) они, как правило, незначительны. Несмотря на то, что оттаивающая на несколько десятков сантиметров мерзлота действует как водоупор, катастрофические наводнения случаются редко.

Берега горных рек иногда имеют почти отвесные склоны. И причина этому не только эрозия, но и наледные процессы. Активная эрозия и интенсивный размыв берегов встречаются, в частности, в долинах рек Амгуэма, Ионивеем, Эгельхвеем. Равнинные реки чаще имеют широкие долины ледникового происхождения. Для них характерны боковая эрозия и меандрирование. На юге Чаунской низменности реки, стекающие с Илirianейского кряжа и Анадырского плоскогорья, образуют внутренние дельты, которые, соединяясь друг с другом, формируют огромную заболоченную плоскую равнину с многочисленными действующими и отмершими протоками. В июне эта территория превращается в сплошное озеро-болото с отдельными «сухими» островами.

Сели. Селевые потоки питаются в основном материалом, поставляемым осыпями, солифлюкцией и крипом, включая курумовый материал. Селевой поток, в частности, был отмечен в долине р. Топографической (бассейн р. Орловки – правого притока р. Большой Анюй) в пределах Южно-Анюйского хребта. Он сформировался на левом борту на

продолжении широкого (до 1 км) эрозионного лотка на склоне северо-западной экспозиции. Лоток состоит из эрозионного вреза с крутым (до 15°) уклоном днища и корытообразным поперечным профилем, ниже которого расположено древнее аккумулятивное тело (конус выноса) с разнонаклонной (3–50°) поверхностью высотой над урезом реки до 5 м и шириной до 400 м. В этот нижний склон на глубину около 1–1.3 м в верхней части и до 2 м в нижней и врезан селевой поток шириной до 30 м. Слагающий склоны лотка материал – это глыбы и щебень гранитоидов и мезозойских сланцев с заполнением песком и гравием, которые прикрыты фрагментарным растительным покровом с куртинами кедрового стланика. Крупные обломки селевого материала выделяются на фоне остальных отсутствием лишайников. Анализ космических изображений показал, что в некоторых средне- и низкогорных районах (Илирнейский кряж, низкогорные хребты, окаймляющее зал. Креста, западная часть Чукотского нагорья) селевые, или, точнее, пролювиально-селевые, отложения не являются большой редкостью. Очаги их питания – это, как правило, водосборные воронки на высотах 200–800 м, в которые попадают солифлюкционный и грубообломочный материал склоновых курумов. Главным инициаторами таких селей являются май-июньское снеготаяние и половодье. Аккумуляция пролювиально-селевого материала в большинстве случаев наблюдается на поймах и в руслах, принимающих данные притоки рек. Крупных конусов выноса, отжимающих русла рек к противоположным бортам, не отмечено. В этот процесс, разумеется, вовлекаются некоторые и иногда большие объемы льда, и в таком случае формируется глетчер-сель.

Абразия и морская аккумуляция. Береговая линия Чукотки имеет в плане «кружевную» форму, отражающую структурно-геологические особенности территории и интенсивность береговых процессов. Последние осложняются мерзлотными факторами. Наряду с разрушением морем скальных коренных пород происходит процесс формирования аккумулятивного рельефа – вытянутых вдоль береговых валов, лагун, островов, кос, пересыпей и банок. На отдельных участках пляжи, расширяясь, переходят в лайды (илистые песчаные отмели) с солеными озерами на поверхности.

Курумообразование и процессы смещения курумов (крип). Геоморфологи обычно выделяют две разновидности курумов: курумы 1-го рода (каменные моря или россыпи преимущественно щебня и глыб, залегающие в виде плаща на приводораздельных субгоризонтальных поверхностях и выположенных склонах) и курумы 2-го рода (каменные

реки из щебнисто-глыбового материала, движущиеся вниз по склону с крутизной до 35°). Первые следует считать грубообломочной формой элювия, вторые – склоновым рыхлым материалом [6, 7]. Под курумами 2-го рода часто фиксируются водные потоки. Неравномерное движение каменного материала вызывает образование небольших глыбовых террас на прилегающих склонах. Эти разновидности курумов часто образуют парагенетический ряд: каменные моря (выше) – каменные реки или потоки (ниже).

В бортах трогов за счет сноса обломочного материала с их стенок обычно формируются присклоновые (лопастные) курумы-глетчеры (рис. 3).



Рис. 3. Присклоновый (лопастной) каменный глетчер в борту позднеплейстоценового (сартанского) трога, формирующийся за счет сноса обломочного материала со стенок трога, хребет Искатень, Восточная Чукотка. *Фото А.А. Галанина*

Fig. 3. Downslope (blade) rock glacier in the side of the Late Pleistocene (Sartan) trough, formed due to the removal of detrital material from the walls of the trough, Iskaten Ridge, Eastern Chukotka (photo by A. Galanin)

Наибольшая встречаемость курумов на Чукотке характерна для среднегорья с крутизной склонов 20–25° и сильно расчлененного низкогорья. На некоторых участках низкогорья у подножия крутых склонов речных долин и скальных выходов коренных пород образуются мощные конусы и шлейфы – курумы-осыпи. В начале лета и после сильных дождей случаются их катастрофические подвижки. Процесс смещения склоновых курумов геоморфологи называют по-разному; обычно используются термины крип и десерпция. Данные о скорости движения курумов на территории отсутствуют.

Морозобойное трещинообразование и полигонально-жильное льдообразование. Поверхности низменностей разбиты на полигоны, ограниченные сетью трещин четырех-, пяти- и шестиугольной формы. Трещины часто заполняются грунтами и/или водой, которая при замерзании превращается в жильный лед. При повторе замерзания новых порций воды происходит дальнейшее расширение и углубление морозобойных трещин. Их ширина в верхней части обычно составляет 1–5 см (до 10 см); глубина же в долинных таликах достигает их подошвы. Сеть морозобойных трещин на водоразделах и склонах Чукотки образует полигональную систему каменных пятен-медальонов (в диаметре от 0.5 до 3–4 м) и плоско-выпуклых многоугольников (в диаметре до нескольких метров). Полигоны с трещинно-жильным льдом (размером в поперечнике до сотен метров) встречаются в вечномерзлых грунтах Ванкаремской, Анадырской и других низменностей.

Полигонально-жильные льды формируются при обязательном наличии криогенных трещин и свободном и многократном поступлении воды. Различия между эпигенетическими и сингенетическими льдами четко просматриваются по территориальной приуроченности первых к водораздельным и пологосклоновым поверхностям, а вторых – как правило, к плоским днищам долин. Размеры полигонов различны, но чаще встречаются блоки 10–30 м в поперечнике, которые отделены друг от друга неширокими валиками высотой 0.5–0.7 м. В окрестности г. Анадырь система полигонов имеет термокарстово-полигональный облик. Размер блоков в плане составляет здесь 15–20 м; блоки отделены друг от друга трещинами, освоенными небольшими оврагами шириной до 2 м и глубиной 1.2–1.5 м.

На современных морских косах по побережью от мыса Сердце-Камень к Берингову морю морозобойное трещинообразование приводит к формированию на их поверхности полигонального рельефа без ледяных жил. В то же время на песчаных косах и пляжах к западу от мыса Сердце-Камень уже происходит рост жильных льдов [8, 9].

В районе Колочинско-Мечигменской депрессии полигональные грунты развиты в основном на поверхностях морских террас. Чаще встречаются вогнутые валиковые полигоны, заболоченные или увлажненные в центре. Форма полигонов неправильная, размер сторон от 1 до 3 м. Высота валиков изменяется от 0.3 до 0.5 м. Наиболее отчетливо полигональный рельеф проявляется на дне спущенных озер. Наряду с полигонально-жильными формами на плоских водоразделах широко развиты структурные грунты (пятна-медальоны, каменные кольца и многоугольники) с размерами до 2 м. В них хорошо заметна сортировка каменного материала по крупности: центры каменных колец или многоугольников чаще всего выполнены суглинисто-дресвяно-щебнистым материалом, а периферийные части – глыбово-щебнистым.

Наибольшее распространение пятна-медальоны имеют в пределах надпойменных террас, реже – в поймах рек (в частности, р. Анадырь), округлые, овальные или неправильной формы диаметром от 0.2 до 2 м без растительного покрова. Иногда встречаются многоугольники размером до 3 м. Пятна-медальоны здесь чаще всего выполнены глиной, суглинком или супесью с включениями гальки и щебня. Реже встречаются пятна с поверхностным щебнем.

Пучение грунтов. В наибольшей степени данному процессу подвержены водонасыщенные глинистые, илистые и торфянистые грунты, пылевые пески, а также обводненные отложения русловой и пойменной фаций в долинах водотоков, имеющих несквозные талики, в пределах Анадырской, Чаунской, Ванкаремской низменностей. Они обычно приуро-



Рис. 4. Торфяные бугры пучения: а – на 40-метровой морской террасе близ с. Ларино, Восточная Чукотка; б – на Анадырской низменности; в – на пологом склоне на юге Чукотки; г – с линзой льда вблизи пос. Беринговский, Южная Чукотка. Фото Д.Г. Замолодчиковой (а), А.В. Галанина (б, в), Ф.Т. Рузанова (г)

Fig. 4. Palsa (peat mounds): а – on a 40-meter sea terrace near the Larino village, Eastern Chukotka; б – on the Anadyr lowland; в – on a gentle slope in the south of Chukotka; г – with a lens of ice near the Beringovskiy village, Southern Chukotka. Photo by D.G. Zamolodchikova (a), A.V. Galanin (б, в), F.T. Ruzanov (г)

шириной до 0.3 м, в которых вскрывается ледяное ядро [10].

Термоэрозия, термоабразия и термокарст. Воздействие талых и дождевых вод на тонкодисперсные грунты в пределах развития сезонно- и вечномерзлых делювиально-солифлюкционных, водно-ледниковых и других отложений приводит к образованию на склонах деллей [3] – мелких выположенных ложбин, ориентированных по падению склонов, которые выполнены тонкодисперсным материалом. Длина деллей в низкогорьях Чукотки может достигать нескольких сотен метров. Наиболее четко они выражены в средней и нижней частях склонов, где происходит накопление мелкозема. Плановое распределение деллей чаще всего прямолинейное, иногда веерообразное и дугообразное.

Наряду с деллями развиты и другие термоэрозионные формы, наиболее важными из которых являются овраги. Они интенсивно развиваются в льдосодержащих делювиально-солифлюкционных отложениях предгорного обрамления низменностей и долин рек. Длина их достигает 20–30 м, ширина 2 м, глубина 2.5 м. Профиль оврагов V-образный, с крутыми стенками. Отмечены также овраги, находящиеся в начальной стадии развития. Наиболее крупные овраги регистрируются в районе мысов Якан и Онман (Чукотское море) и вдоль побережья Берингова моря севернее пос. Энмелен. Здесь на склонах южной экспозиции отмечены овраги зрелой стадии развития. Ширина их составляет 4–6 м, длина 500–600 м, средняя глубина 3–4 м.

Отмечается четкая приуроченность овражной сети к абразионным берегам с крупными уступами в местах развития рыхлых четвертичных отложений. Абразионные уступы

члены к пониженным заболоченным участкам и аласам по краям термокарстовых западин. Форма бугров, как правило, округлая и овальная. В долинах водотоков бугры пучения развиваются вдоль русел рек на пойме и надпойменных террасах и представлены чаще холмами вытянутой формы высотой до 2 м (рис. 4).

В пределах Валькарайской низменности широко развиты сезонные бугры пучения. Приурочены они обычно к тыловым швам речных террас и к участкам вогнутых перегибов склонов. В плане сезонные бугры имеют округлую и овальную форму диаметром от 0.7 до 2.0 м. Их высота составляет 0.5–0.8 м, редко до 1.5 м. Встречаются как одиночные бугры, так и площади пучения до 0.5 км². Ядра бугров, как правило, минеральные (суглинки и глины); линзы льда встречаются редко.

На южном побережье Колючинской губы в пределах предгорной низменности и по долинам рек развиты холмообразные бугры (гидролакколиты) диаметром до 10 м и высотой до 2 м, перекрытые торфом мощностью до 0.5 м и тонким пчвенно-растительным слоем. Вершины бугров разбиты трещинами

(высотой 20–40 м) прорезаются многочисленными оврагами, которые «захватывают» полосу берега шириной местами до 1.5 км. Уступы выполнены, как правило, верхнечетвертичными лессовидными сильнольдистыми отложениями. Примером развития такой овражной сети является восточное побережье Колючинской губы. Здесь абразионный уступ высотой 26–30 м, выполненный ледниково-морскими среднечетвертичными отложениями, разбит оврагами на участке протяженностью около 25 км.

Широко развиты овраги и по восточному берегу Чукотского полуострова, к северу от мыса Кригуйгун на участке берега около 15 км. Здесь насчитывается свыше 80 крупных и мелких оврагов. Приурочены они к поверхности верхнечетвертичной морской террасы, которая обрывается к морю 30-метровым абразионным уступом.

Севернее пос. Энмелен в образованном уступе морской террасы насчитывается около 75 оврагов на участке берега длиной 3 км. По берегам рек развивается сеть оврагов длиной до 350 м и шириной 5–7 м. Слагающие речные террасы отложения представлены сильнольдистыми лессовидными суглинками, в которых содержатся мощные сингенетические жилы льда.

Молодые термоэрозионные овраги широко развиты на наклонных поверхностях с озерно-аллювиальными отложениями в пределах приморских низменностей. Глубина их вреза за 1–2 года достигает 2–3 м, длина – 150–200 м. Крутые борта осложнены многочисленными сплывами.

Интенсивность развития термоэрозионных форм активизируется при техногенном воздействии человека на среду. Так, в профиле гусеничного следа на пологих склонах образуются эрозионные борозды, местами переходящие в овраги глубиной до 2.5 м. Такие картины процесса термокарста и овражной эрозии с охватом новых участков отмечаются практически вблизи каждого поселка.

Термокарст наиболее широко развит в пределах приморских низменностей (Анадырской, Колючинско-Мечигменской, Уэленско-Инчоунской) и межгорных впадин, в меньшей степени – в долинах рек. Благоприятными условиями для зарождения и развития термокарстовых форм являются плоские водораздельные пространства с уклонами порядка 0.001–0.015. При уклонах свыше 0.017 термокарст прекращается в результате усиления эрозионных процессов. Развитие термокарста протекает по-разному в зависимости видов вытаивающих льдов [11]. Вытаивание эпигенетических жильных льдов приводит к появлению понижений шириной в несколько десятков сантиметров, которые оконтуривают сохранившие форму полигоны. В случае активного вытаивания сингенетических льдов образуются выпуклые, куполовидной формы полигоны (байджарахи) с глубокими и широкими межблочными понижениями – бороздами протаивания. И.И. Крыловым отмечено, как по таким бороздам сформировались термоэрозионные овраги.

В береговых обрывах зал. Креста вытаивание пластовых подземных льдов приводит к возникновению обширных цирков до 200 м в поперечнике, а вытаивание ледяных ядер булгунняхов (гидролакколитов) приводит к образованию небольших провальных озер. Иной облик имеет рельеф при частичном вытаивании повторно-жильного льда. Здесь образуются безваликовые полигоны с неглубокими бороздами протаивания над ледяными жилами.

В возникновении очагов термокарста, очевидно, определенную роль играет и процесс саморазвития изначально законсервированных полигонально-жильных льдов. Фронтальный рост сингенетических полигонально-жильных льдов обуславливает более ранний их переход в стадию пластической деформации по сравнению с вмещающими мерзлыми грунтами в теплый период года [6].

Очаги начальной стадии развития термокарста встречены на участках тектонических погружений малой амплитуды. В этом случае, на стадии зарождения термокарста, возможно, просматривается влияние неотектонических движений [12]. Теплоносителем здесь являются подземные воды, циркуляция которых связана с зонами повышенной трещиноватости.

Причиной возникновения термокарста может служить и хозяйственная деятельность человека. При многочисленных проездах гусеничного транспорта, утечках горячей воды, проведении горных работ нарушается верхний горизонт мерзлой толщи, что приводит к увеличению глубины протаивания пород и разрушению верхних слоев почвы с последующими ее провалами и обрушениями. При протаивании мерзлых пород возникают упомянутые выше байджарахи и аласы.

Байджарахи широко встречаются в пределах приморских низменностей Чукотки [13]. Эти конусообразные формы представляют собой ядра полигонов, оставшихся после вытаивания решетки окаймлявших их клиновидных льдов. Размеры байджарахов зависят от густоты решетки ледяных жил, их размеров, свойств грунта. На участках повышенной льдистости мерзлых пород байджарахи «расплываются» и постепенно переходят в аласы – котловинообразные просадочные понижения.

Гляциальные и нивационные процессы. Современное оледенение, присутствующее на Чукотском нагорье (около 50 ледников), представлено каровыми ледниками. Первая группа из трех ледников расположена на северо-востоке Чукотского п-ва на хр. Тенканый. Средняя высота границы питания около 500 м. Вторая группа, состоящая из 14 каровых ледников с приблизительно такой же высотой области питания, находится в Провиденском горном массиве. Третья группа (хр. Искатень) состоит из 21 ледника с областью питания от 500 до 1000 м. Четвертая группа расположена на хр. Пекульней и состоит из 4 каровых ледников размером примерно 0.3 км² при высоте границы питания 740 м. В пятой группе отмечено 5 ледников от 0.1 до 0.5 км², расположенных на Чанталском хребте в бассейне р. Амгуэма, со средней высотой границы питания около 1400 м [14].

Нивационные процессы развиваются вдоль границ снежников и ледников в виде активного морозного и в меньшей степени химического выветривания в условиях попеременного многократного замерзания и оттаивания. Интенсивность физического выветривания горных пород возле снежников в 1.5–3.5 раза превосходит фоновую [15]. С нивацией связано образование и углубление одноименных ниш, нагорных террас, каров и цирков, а также поверхностей нивационного выравнивания.

Наледеобразование. На Чукотке широко развиты наледи, которые представляют собой плосковыпуклые ледяные тела, формирующиеся в результате многократного излияния подземных вод, смещения участков русел, слияния рек (ручьев) и при впадении рек в озера и их послынного замерзания [14, 16]. По спутниковым снимкам в пределах региона можно идентифицировать порядка 160 относительно крупных наледей. Большинство наледей приурочено к верховьям и средним течениям горных рек. На востоке региона ложи наледей приурочены к абсолютным высотам 100–200 м, в некоторых местах, например, в долинах рек Уттывеем и Кооленьвеем, – к высотам до 350 м. Наледи здесь имеют небольшие размеры и, как правило, развиты в пределах русловых частей долин. Площадь наледей в днищах долин редко превышает 2 км². В западной части региона (долины правых притоков р. Амгуэма) наледи располагаются на высотах 350–600 м. Здесь их размеры больше – до 6 км в длину и 0.6 км в ширину.

Большая часть долинных наледей вытянута лентообразно вдоль русла. Встречаются наледи овальной формы и многоязыковые. С наледями связано формирование наледных полей – расширенных каменистых участков, освобождающихся после стаивания наледей днищ долин, полностью лишенных растительного покрова.

Карстовые и суффозионные процессы. Известно, что мерзлота лишь замедляет карстообразование, но не исключает его [13]. Геологами наблюдались небольшие останцы карбонатных пород (чаще известняков) на водоразделах и неглубокие желоба между ними. Классических отрицательных карстовых форм не найдено.

Суффозия отмечена на одном из участков автодороги Этвекинот–Иультин и на небольшой площади левобережья р. Амгуэма. Здесь рыхлые отложения подстилаются сильно трещиноватыми породами, поглощающими вымываемые частицы.

Эоловые процессы. Эоловые процессы протекают в условиях активной ветровой деятельности на морских косах побережья Чукотского моря и особенно на западном побережье Берингова пролива в районе пос. Лаврентия. Наряду с закрепленными эоловыми формами существуют подвижные участки активно действующих эоловых процессов. Здесь (в частности, по долинам водотоков и вдоль морских берегов) формируются ветровые полосы, реже валы, прислоненные дюны и фрагменты дюн.

Пирогенное воздействие на рельеф и некоторые особенности антропогенных факторов современного рельефообразования. В условиях ветреной и нередко жаркой летней погоды возникают пожары. Они, как правило, приводят к полному выгоранию растительного покрова. В результате экспонирования поверхности почво-грунтов на этих участках активизируются физическое выветривание и морозобойное трещинообразование, эрозионные и термокарстовые процессы, пучение.

О вероятных тенденциях в современном рельефообразовании. На региональном уровне антропогенные факторы действуют дискретно, в виде разрозненных очагов, вследствие низкой плотности населения и разреженной сети путей сообщения. Однако есть основания предполагать, что в последнее время отмечается образование фрагментарных участков арктических пустынь с тенденцией к продвижению их на соседние участки тундры. Природа этого явления неясна. С одной стороны, здесь может сказываться вероятная (общая для значительной части Дальнего Востока) тенденция усиления аридизации климата и, как следствие, усиления роли криогенных процессов, замещающих гляциально-нивационные [17]. Антропогенные факторы, действующие локально, в целом «укладываются» в эту предполагаемую тенденцию. Поскольку природные пожары в последние десятилетия стали подлинным бичом для значительной территории Дальнего Востока России, то следует признать, что пирогенный фактор превратился в один из главных антропогенных факторов современной трансформации ландшафтов и соответственно рельефа. Лесные пожары способствуют активизации криогенных процессов независимо от тенденций изменения климата. Наиболее очевидные признаки – появление курумов на месте выгоревших лесов.

Заключение

При удовлетворительной в целом геологической изученности Чукотки рельеф ее и рельефообразующие процессы изучались лишь фрагментарно.

Уникальность рельефа Чукотки обусловлена, с одной стороны, своеобразным сочетанием морфоструктурных и экзоморфодинамических особенностей, с другой – близким соседством суши с морями двух океанов, отличающихся друг от друга по многим физико-географическим характеристикам. Береговые ЭГП и ЭГП в прибрежных зонах на севере (Чукотское и Восточно-Сибирское моря) и юге (Берингово море) имеют существенные различия, обусловленные различными ветровыми и ледовыми режимами и режимами выпадения осадков. Следует добавить, что Чукотка располагается в четырех климатических областях (двух Сибирских и двух Тихоокеанских) двух климатических поясов (Арктического и Субарктического) согласно классификации Б.П. Алисова [1]. Эти аспекты геоморфологами отмечались лишь вскользь и тем более не анализировались. Прямых аналогов именно таких типов рельефа и именно такого набора действующих ЭГП на территории России нет.

В настоящее время наиболее активными, с точки зрения степени воздействия на рельеф, следует признать процессы криогенеза и в меньшей степени «малого» гляциогенеза, а также обвалы и сели. Кроме того, в системе современных ЭГП одна из ведущих ролей принадлежит термокарсту, который является наиболее «чувствительным» звеном – ответом на климатические изменения и любые антропогенные воздействия. Все эти процессы могут резко повышать свою активность в определенные периоды времени [18], а спуско-

вым крючком могут стать экстремальные климатические, сейсмические и антропогенно обусловленные события.

В условиях сложившегося баланса континентального и океанического влияний активность экзогенных процессов сохраняется на достаточно высоком уровне. При увеличении степени континентальности активизируются процессы, свойственные аридным условиям, в данном случае – мерзлотные рельефообразующие процессы, при увеличении степени океаничности – процессы, более свойственные гумидным областям, т.е. гляциально-нивационные. Вероятную тенденцию последних десятилетий – усиление континентальности климата на юге Дальнего Востока России – здесь, на территории Чукотки, проследить трудно. Впрочем, явно недостаточная геоморфологическая изученность данного региона оставляет еще немало вопросов, требующих скорого разрешения, и выявление природных индикаторов, указывающих на какие-либо направленные изменения, остается проблемой для будущих исследователей.

Литература

1. Атлас СССР. М.: ГУГК, 1985. 259 с.
2. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Вып. 33. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 567 с.
3. Тимофеев Д.А. Терминология денудации и склонов. М.: Наука, 1978. 242 с.
4. Жигарев Л.А. Причины и механизм развития солифлюкции. М.: Наука, 1967. 158 с.
5. Каплина Т.Н. Криогенные склоновые процессы. М.: Наука, 1965. 296 с.
6. Симонов Ю.Г. Региональный геоморфологический анализ. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1972. 255 с.
7. Галанин А.А. Каменные глетчеры – особый тип современного горного оледенения Северо-Востока Азии // Вестник ДВО РАН. 2005. № 5. С. 59–70.
8. Гасанов Ш.Ш. Подземные льды Чукотского полуострова // Тр. СВКНИИ СО АН СССР. 1964. Вып. 10. С. 14–41.
9. Маслаков А.А., Белова Н.Г., Баранская А.В., Романенко Ф.А. Пластовые льды на восточном побережье Чукотского полуострова при потеплении климата: некоторые итоги экспедиций 2014–2018 гг. // Арктика и Антарктика. 2018. № 4. С. 30–43.
10. Васильчук Ю.К., Васильчук А.К., Буданцева Н.А., Чижова Ю.Н. Выпуклые бугры пучения многолетне-мерзлых торфяных массивов. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2008. 571 с.
11. Плахт И.Р. Условия развития термокарста и этапы формирования аласного рельефа равнин Северо-Востока Евразии в позднем плейстоцене и голоцене // Развитие криолитозоны Евразии в верхнем кайнозое. М.: Наука, 1985. С. 112–120.
12. Скрыльник Г.П. Термокарст как фактор разрушения и созидания в развитии геосистем юга Средней Сибири и Дальнего Востока // Успехи современного естествознания. 2018. № 11 (ч. 2). С. 425–436.
13. Воскресенский К.С. Современные рельефообразующие процессы на равнинах Севера России. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2001. 262 с.
14. Ананичева М.Д., Маслаков А.А., Антонов Е.В. Деградация объектов криосферы в районе залива Лаврентия, Восточная Чукотка // Арктика и Антарктика. 2017. № 3. С. 17–29.
15. Выркин В.Б. Криогенный и нивальный микрорельеф гольцов Прибайкалья и Северного Забайкалья: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Иркутск, 1980. 20 с.
16. Скрыльник Г.П. Наледи как особая форма малого оледенения и их роль в развитии геосистем Чукотки и Приморья // Успехи современного естествознания. 2018. № 9. С. 83–92.
17. Скрыльник Г.П. Ведущие факторы развития рельефа Дальнего Востока и его место в общем климоморфогенезе материков Северного полушария // Исследования глобальных факторов климоморфогенеза Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1979. С. 7–31.
18. Качур А.Н., Скрыльник Г.П. Современная структура и устойчивость геосистем Восточной Чукотки // Арктика и Антарктика. 2019. № 2. С. 1–15.

References

1. Atlas of the USSR. GUGK: Moscow, Russia, 1985; 259 p. (In Russian)
2. Scientific and applied reference book on climate of the USSR. Issue 3. Vol. 33. Gidrometeoizdat: Leningrad, Russia, 1990; 567 p. (In Russian)
3. Timofeyev, D.A. Terminology of denudation and slopes. Nauka: Moscow, Russia, 1978; 242 p. (In Russian)
4. Zhigarev, L.A. Causes and mechanism of development of solifluction. Nauka: Moscow, Russia, 1967; 158 p. (In Russian)

5. Kaplina, T.N. Cryogenic slope processes. Nauka: Moscow, Russia, 1965; 296 p. (In Russian)
6. Simonov, Yu.G. Regional geomorphic analysis. Publ. of Moscow Univ.: Moscow, Russia, 1972; 255 p. (In Russian)
7. Galanin, A.A. Rock glacier as a specific type of modern mountain glaciation of the North-East of Asia. *Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2005, 5, 59-70. (In Russian)
8. Gasanov, Sh.Sh. Underground ice of Chukotka peninsula. Magadan: In *Works of the North-East Complex Scientific Inst. of Siberian Branch of the Academy of Sciences of the USSR*, Vol. 10, 1964, 14-41. (In Russian)
9. Maslakov, A.A.; Belova, N.G.; Baranskaya, A.V.; Romanenko, F.A. Massive ice on the eastern coast of the Chukotka Peninsula during climate warming: some results of expeditions in 2014-2018. *Arctica and Antarctica*. 2018, 4, 30-43. (In Russian)
10. Vasil'chuk, Yu.K.; Vasil'chuk, A.K.; Budantseva, N.A.; Chizhova, Yu.N. Convex heaving mounds of permafrost peat massifs. Publ. of Moscow Univ.: Moscow, Russia, 2008; 571 p. (In Russian)
11. Plakht, I.R. Conditions for the development of thermokarst and the stages of formation of the alas relief of the plains of Northeast Eurasia in the Late Pleistocene and Holocene. In *Development of the permafrost zone of Eurasia in the Upper Cenozoic*. Nauka: Moscow, Russia, 1985, 112-120. (In Russian)
12. Skrylnik, G.P. Thermokarst as a factor of destruction and creation in the development of geosystems in the south of Central Siberia and the Far East. *Achievements of modern natural science*. 2018, 11, 425-436. (In Russian)
13. Voskresensky, K.S. Modern relief-forming processes on the plains of the North of Russia. Publ. of Moscow Univ.: Moscow, Russia, 2001; 262 p. (In Russian)
14. Ananicheva, M.D.; Maslakov, A.A.; Antonov, E.V. Degradation of cryospheric objects in the area of the Gulf of Lavrentiya, Eastern Chukotka. *Arctica and Antarctica*. 2017, 3, 17-29. (In Russian)
15. Vyrkin, V.B. Cryogenic and nival microrelief of the chars of the Baikal region and Northern Transbaikalia. Abstract for the degree of candidate of geographical sciences. Irkutsk, 1980, 20 p. (In Russian)
16. Skrylnik, G.P. Ice glaciers as a special form of minor glaciation and their role in the development of geosystems in Chukotka and Primorye. *Achievements of modern natural science*, 2018, 9, 83-92. (In Russian)
17. Skrylnik, G.P. Leading factors in the development of the relief of the Far East and its place in the general climomorphogenesis of the continents of the Northern Hemisphere. In *Studies of global factors of climomorphogenesis of the Far East*. Publ. of the Far East Center of the Academy of Sciences of the USSR: Vladivostok, 1979, 7-31. (In Russian)
18. Kachur, A.N.; Skrylnik, G.P. Modern Structure and Stability of Geosystems in Eastern Chukotka. *Arctica and Antarctica*, 2019, 2, 1-15. (In Russian)

Статья поступила в редакцию 24.11.2022; одобрена после рецензирования 19.10.2023; принята к публикации 25.10.2023.

The article was submitted 24.11.2022; approved after reviewing 19.10.2023; accepted for publication 25.10.2023.



Гидрологические расчеты и прогнозы для рек Верхней Колымы и Северного Приохотоморья в условиях климатических изменений

Михаил Вилорьевич УШАКОВ

кандидат географических наук, старший научный сотрудник

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

mvilorich@narod.ru, [orcid 0000-0003-1731-7541](https://orcid.org/0000-0003-1731-7541)

Аннотация. В работе приведен краткий обзор гидрологических исследований, проведенных в Северо-Восточном комплексном научно-исследовательском институте им. Н.А. Шило ДВО РАН. Исследования начались в 2011 г. с приходом автора в институт. Тематика исследований была обусловлена вызовами, связанными с процессом глобального потепления климата, а именно потребовались методы и подходы по учету климатических изменений в практике гидрологических расчетов и прогнозов для рек Верхней Колымы и Северного Приохотоморья. Исходные ряды наблюдений исследовались на наличие тренда с использованием критерия Стьюдента и Херста. Для исследования характера многолетних колебаний элементов гидрологического режима временные ряды подвергались низкочастотной фильтрации методом скользящей средней и спектральному анализу. При разработке прогностических моделей применялись скользящая регрессия и гармонические уравнения. Установлены корреляционные связи между 30-летними скользящими средними годового и летне-осеннего минимального стока рек Северного Приохотоморья со среднегодовой температурой воздуха. На основе этих связей получены формулы для вычисления норм элементов гидрологического режима при различных сценариях потепления климата. Рассчитано современное внутригодовое распределение стока рек Верхней Колымы. Для прогноза месячного и квартального прогноза притока воды к водохранилищам на р. Колыма предложен метод скользящей регрессии на трех переменных. Многолетние колебания суммарного притока к каскаду водохранилищ на р. Каменушка были представлены в отклонениях от линии тренда. Эти отклонения имеют статистически значимые циклы длительностью 6, 10, 11 лет. По этим гармоникам было составлено уравнение, при помощи которого можно предвычислять колебания годового притока. При разработке методов прогноза дат вскрытия и замерзания р. Колыма был также успешно применен метод скользящей регрессии. Предложенные методы и подходы будут полезны гидрологам, занимающимся гидрологическими расчетами и прогнозами.

Ключевые слова: речной сток, ледовые явления, гидрологические расчеты и прогнозы, потепление климата

Для цитирования: Ушаков М.В. Гидрологические расчеты и прогнозы для рек Верхней Колымы и Северного Приохотоморья в условиях климатических изменений // Тихоокеанская география. 2023. № 4. С. 52–63. https://doi.org/10.35735/26870509_2023_16_5. EDN: JZPLJD.

Hydrological calculations and forecasts for the rivers of Upper Kolyma and Northern Priokhotomorie in the context of climate change

Mikhail V. USHAKOV

Candidate of Geographical Sciences, Senior research associate

North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute n.a. N. A. Shilo, FEB RAS, Magadan, Russia

mvlorich@narod.ru, orcid_0000-0003-1731-7541

Abstract. The paper provides a brief overview of the hydrological studies carried out at the North-Eastern Complex Research Institute n.a. N.A. Shilo FEB RAS. Research began in 2011 with the arrival of the author at the institute. The subject of research was determined by the challenges associated with the process of global climate warming, namely, methods and approaches were required to take into account climate changes in the practice of hydrological calculations and forecasts for the rivers of Upper Kolyma and Northern Priokhotomorie. The initial series of observations were examined for the presence of a trend using the Student and Hurst test. To study the nature of long-term fluctuations in the elements of the hydrological regime, the time series were subjected to low-frequency filtering by the moving average method and spectral analysis. Moving regression and harmonic equations were used to develop predictive models. Correlations were found between the 30-year moving averages of the annual and summer-autumn minimum runoff of the rivers in Northern Priokhotomorie with the average annual air temperature. Based on these relationships, formulas were obtained for calculating the norms of elements of the hydrological regime under various scenarios of climate warming. The current intra-annual distribution of the runoff of the Upper Kolyma rivers is calculated. To forecast the monthly and quarterly forecast of water inflow to reservoirs on the Kolyma River a method of sliding regression on three variables was proposed. Long-term fluctuations in the total inflow to the cascade of reservoirs on the Kamenushka River were presented in deviations from the trend line. These deviations have statistically significant cycles lasting 6, 10, 11 years. Based on these harmonics, an equation was drawn up, which that makes possible to predict the fluctuations of the annual inflow. When developing methods for predicting the dates of opening and freezing of the Kolyma River the method of moving regression was successfully applied as well. The proposed methods and approaches will be useful to hydrologists involved in hydrological calculations and forecasts.

Keywords: river flow, ice phenomena, climate, hydrological calculations and forecasts, climate warming

For citation: Ushakov M.V. Hydrological calculations and forecasts for the rivers of Upper Kolyma and Northern Priokhotomorie in the context of climate change. *Pacific Geography*. 2023;(4):52-63. (In Russ.). https://doi.org/10.35735/26870509_2023_16_5.

Введение

Происходящие на планете климатические изменения [1–6], влекут за собой различные трансформации гидрологического режима рек. Например, в работе [7] были исследованы компоненты гидрологического режима рек Сибири. В термическом режиме не замечены существенные изменения, но выявлено, что продолжительности ледостава и толщины льда уменьшаются. Кроме того, наблюдается увеличение стока подземных вод таежной зоны. В северных зонах тундры увеличиваются площади озер, а в южных районах тундры и тайги озера теряют площадь. По мнению авторов, ожидается, что сток рек в основных водосборных бассейнах Сибири увеличится, и этот результат согласуется с большинством прогнозов глобальных климатических моделей на XXI в.

В работах [8, 9] установлено, что в 1976–2017 гг. с территории Сибири и Дальнего Востока годовой сток рек в арктические моря увеличился на 7 % по сравнению с предыдущим 30-летием. На реках северо-восточного сектора явный рост стока отмечен с середины 1990-х гг. Больше всего годовой сток рек вырос на территории Республики Саха (Якутии) (до 18 %). Рост слоя стока продолжался в течение всех последних лет, о чем свидетельствуют положительные и нередко значимые линейные тренды. Общее уменьшение или «стабильное поведение» стока за этот же период обнаружено на реках Обского Севера и Крайнего Северо-Востока. Рост температур зимнего периода приводит к повышенному питанию грунтовых вод, что опосредованно влияет на водность межени. Практически во всех исследованиях отмечается рост зимних расходов воды для большинства рек. Так, зимний сток р. Колыма увеличился на 169 %. Эти выводы подтверждает исследование [10], где зафиксировано статистически значимое увеличение стока рек Восточной Якутии после 1980 г., особенно в осенне-зимние месяцы.

Происходящие трансформации гидрологического режима ставят перед гидрологами задачи по учету этих изменений при проведении гидрологических расчетов и прогнозов.

В настоящей статье представлен краткий обзор исследований, проведенных в вышеуказанном направлении в Северо-Восточном комплексном научно-исследовательском институте им. Н.А. Шило ДВО РАН (СВКНИИ ДВО РАН) в 2012–2022 гг. Следует упомянуть, что результативность проводимых исследований связана с сотрудничеством с

такими организациями, как Дальневосточный научно-исследовательский гидрометеорологический институт, Колымское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

В настоящей работе под Верхней Колымой понимается бассейн р. Колыма до гидрологического поста у п. Усть-Среднекан. Северное Приохотоморье включает в себя бассейны рек, впадающих в северную часть Охотского моря от устья р. Тауя до устья р. Гижига (рис. 1). Природные условия и гидрологический режим рек рассматриваемой территории подробно описаны в [11, 12]. Водные ресурсы рек используются в горной промышленности, энергетике, рыбной промышленности, коммунальном хозяйстве.



Рис. 1. Верхняя Колыма и Северное Приохотоморье

Fig 1. Upper Kolyma and Northern Priokhotomorie

Материалы и методы

В гидрологическом отношении регион плохо изучен [13]. Исходные данные по речному стоку, ледовым явлениям были взяты из Гидрологических ежегодников государственного Водного кадастра. Метеорологические данные имеются в свободном доступе на сайте Росгидромета [14].

Временные ряды исследовались на наличие тренда с использованием критерия Стьюдента [15] и Херста [16]. Ряды подвергались низкочастотной фильтрации методом скользящей средней. Для исследования частотной структуры многолетних колебаний элемен-

тов гидрологического режима проводился спектральный анализ. Спектральная функция рассчитывалась с использованием весовой функции Хэмминга, а статистическая значимость ординат спектрограммы оценивалась по критерию Тьюки [17]. Для построения прогностических моделей применялась скользящая регрессия и гармонические уравнения.

Результаты и обсуждения

Гидрологические расчеты. В работе [18] было установлено, что положительный тренд многолетних колебаний температур воздуха и сумм атмосферных осадков за год повлек за собой увеличение годового стока рек, расположенных в г. Магадан и прилегающих к нему территориях (Примагаданье). По хронологическим графикам скользящих 30-летних средних можно видеть, как со временем менялись «нормы» (рис. 2). Так, увеличение суммы осадков и речного стока за год началось с «нормы», рассчитанной за период 1977–2006 гг., а рост температуры начался еще раньше. С учетом этого были рассмотрены корреляционные связи рассматриваемых гидрометеорологических характеристик: «норм», рассчитанных за 1977–2006 гг. и 1987–2016 гг.

Судя по коэффициентам корреляции r , эти связи довольно тесные:

$$P30_i = 103t30_i + 836, \quad r = 0.93, \quad (1)$$

$$M30_i = 0,041P30_i - 5.38, \quad r = 0.96, \quad (2)$$

$$M30_i = 4,46t30_i + 29.54, \quad r = 0.94, \quad (3)$$

где $P30_i$, $t30_i$, $M30_i$ – скользящие 30-летние средние годовой суммы осадков (мм), среднегодовой температуры воздуха ($^{\circ}\text{C}$) и модуля годового стока р. Дукча в устье ($\text{л/с}\cdot\text{км}^2$) соответственно; i – год окончания 30-летки ($i = 1986, 1987, \dots, 2016$).

Существует множество сценариев повышения среднегодовой температуры воздуха на планете в XXI в. [19, 20]. Поэтому по формулам (1), (2), (3) можно рассчитывать «нормы» годовой суммы осадков в г. Магадан и модуля годового стока р. Дукча при различных вариантах потепления. Например, если к 2050 г. среднегодовая температура воздуха в г. Магадан поднимется на 1°C по отношению к «норме», рассчитанной за 1987–2016 гг. (достигнет величины $-1,4^{\circ}\text{C}$), то «норма» модуля годового стока за 2021–2050 гг. увеличится на 26 % и составит $23.3 \text{ л/с}\cdot\text{км}^2$. По аналогичной схеме можно составить расчетные формулы вида (3) и для других рек Примагаданья.

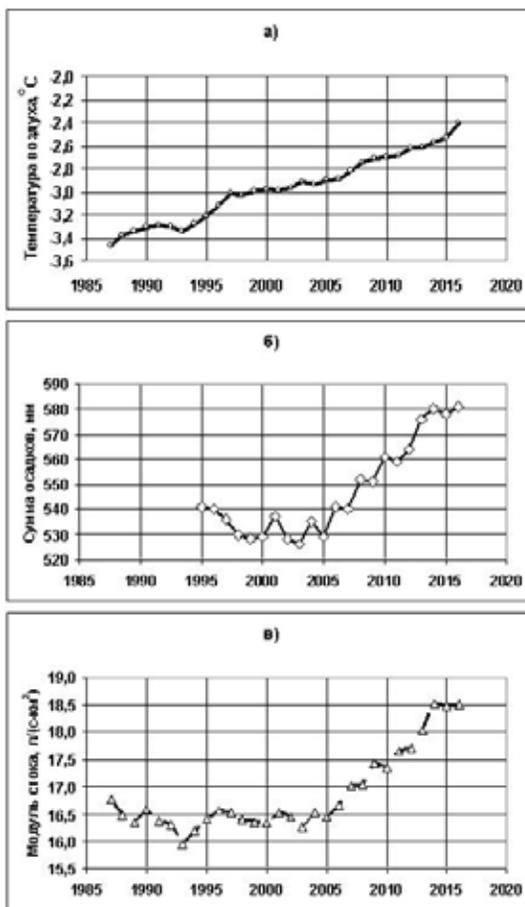


Рис. 2. Многолетний ход 30-летних скользящих средних температуры воздуха (а), годовой суммы осадков (б) в г. Магадан и модуля годового стока р. Дукча в устье (в). По оси абсцисс – годы окончания 30-летних периодов осреднения. Составлено по [18]

Fig. 2. The long-term course of 30-year moving averages of air temperature (a), annual precipitation (b) in Magadan and the module of the annual runoff of the Dukcha River at the mouth (c). The abscissa shows the years of the end of the 30-year averaging periods. Compiled according to [18]

Таким образом, при построении кривых обеспеченности годового стока для различных сценариев потепления климата необходимо исправлять «норму» модуля стока по формуле (3). Для примера в табл. 1 приведены ожидаемые «нормы» модулей стока р. Дукча в устье при трех сценариях климатических изменений.

Таблица 1

«Нормы» модуля годового стока р. Дукча в устье при различных сценариях потепления климата

Table 1. «Norms» of the module of the annual runoff of the Dukcha River at the mouth under different climate warming scenarios

Река – пункт	Средний модуль годового стока (л/с*км ²) при повышении «нормы» среднегодовой температуры воздуха на		
	0° С	1° С	2° С
р. Дукча – устье	18.5	23.3	27.8

Таким же образом были проанализированы климатические изменения минимального летне-осеннего суточного модуля стока рек Северного Приохотоморья [21]. Так, скользящие 30-летние средние модуля стока Q_{30} р. Хасын и температуры воздуха t_{30} в г. Магадан связаны между собой следующим образом:

$$Q_{30_i} = 0,97t_{30_i} + 8,28, R^2 = 0,87, \quad (4)$$

где i – год окончания 30-летнего периода.

Пользуясь формулой (4), можно рассчитать норму минимального суточного модуля расхода воды р. Хасын при различных сценариях повышения нормы среднегодовой температуры воздуха. К примеру, если к 2050 г. норма среднегодовой температуры воздуха в г. Магадан повысится на 1 °С, то норма модуля минимального суточного стока на р. Хасын увеличится на 13 % по сравнению с нормой, рассчитанной за 1976–2015 гг.

Глобальное потепление климата обусловило существенные изменения во внутригодовом распределении стока Верхней Колымы [22]. Почти во все месяцы года увеличился сток за счет роста увлажненности. Благодаря тому, что весеннее половодье стало начинаться раньше, произошло увеличение стока в мае и уменьшение его в июне–июле (рис. 3). Среднегодовое значение стока за лимитирующий период существенно выросло – на 37.9 %, причем этот прирост произошел главным образом в нелимитирующий сезон.

Гидрологические прогнозы. В работах [23–25] показано, что в условиях меняющегося климата прогнозы притока воды к Колымскому и Усть-Среднеканскому водохранили-

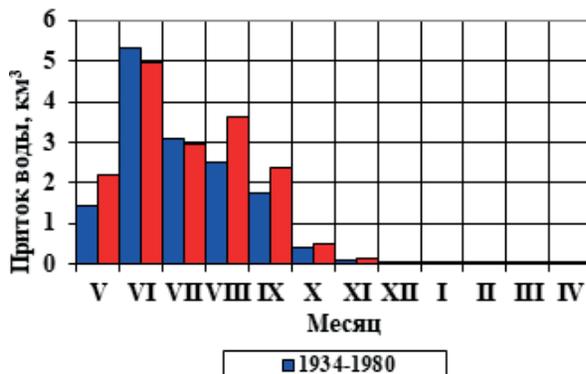


Рис. 3. Внутригодовое распределение притока воды в Колымское водохранилище за водохозяйственный год до 1980 г. и после [22]

Fig 3. Intra-annual distribution of water inflow into the Kolymsk Reservoir during for the water management year before 1980 and after [22]

щам на месяц и квартал можно успешно осуществлять с использованием метода скользящей множественной регрессии.

Для прогноза притока воды в Колымское водохранилище на май i -го года [23] были отобраны два месячных индекса атмосферной циркуляции: западно-тихоокеанский индекс за сентябрь в год $i - 16$ (W_{i-16}); полярно-евразийский индекс за июль в год $i - 11$ (P_{i-11}):

$$Q_i = aW_{i-16} + bP_{i-11} + c. \quad (5)$$

Получение параметров a , b и c прогностического уравнения (5) производилось по скользящей обучающей выборке длиной 20 лет, т.е. они тоже являются переменными, зависящими от времени.

Верификация предложенной модели показала, что отношение средней квадратичной ошибки прогнозов к среднеквадратическому отклонению S/σ прогнозируемого ряда составило 0.73 (табл. 2). Оправдываемость проверочных прогнозов составила 85.7 %. Для сравнения отметим, что при использовании традиционного подхода, когда параметры уравнения регрессии постоянны, отношение $S/\sigma = 0.81$.

Таблица 2

Фрагмент таблицы проверочных прогнозов притока в Колымское водохранилище на май (допустимая ошибка 280 м³/с)

Table 2. Fragment of the table of verification forecasts for the inflow to the Kolyma Reservoir in May (acceptable error 280 m³/s)

Год	Фактический приток, м ³ /с	Качество прогнозов по предлагаемой методике (подстройка параметров уравнения регрессии по скользящей обучающей выборке)			Качество прогнозов по методике с постоянными параметрами уравнения регрессии		
		прогноз	ошибка	оценка	прогноз	ошибка	оценка
2000	681	308	-373	-	421	-260	+
2001	1040	981	-59	+	966	-74	+
2002	1010	554	-456	-	391	-619	-
2003	177	213	36	+	-68	-245	+
2004	843	785	-58	+	922	79	+
2005	553	562	9	+	450	-103	+
2006	542	367	-175	+	251	-291	-
2007	1510	611	-899	-	620	-890	-
2008	1290	1053	-237	+	1056	-234	+
2009	864	956	92	+	942	78	+
2010	733	860	127	+	639	-94	+
2011	530	793	263	+	661	131	+

Примечание. Знаком «+» обозначены оправдавшиеся прогнозы, знаком «-» – неоправдавшиеся.

Для прогноза притока в Колымское водохранилище на второй квартал [24] было получено уравнение скользящей регрессии:

$$Q_2 = aS + bQ_3 + c, \quad (6)$$

где Q_2 – приток воды во втором квартале, м³/с; S – максимальные запасы воды в снежном покрове на 10 апреля, мм; Q_3 – приток воды в третьем квартале предыдущего года, м³/с; a , b , c – переменные во времени коэффициенты.

Оправдываемость проверочных прогнозов по формуле (6) составила 70.0 %. Отношение средней квадратичной ошибки прогнозов к среднеквадратическому отклонению прогнозируемого ряда S/σ составило 0.72, при традиционном подходе – 0.74.

В работе [25] получена формула для прогноза суммарного притока воды в Колымское и Усть-Среднеканское водохранилища (каскад) на второй квартал:

$$Q_i = aS_i + bP_{i-6} + c, \quad (7)$$

где Q_i – приток воды во втором квартале в год i , м³/с; S_i – максимальные снегозапасы в год i , мм; P_{i-6} – полярный индекс атмосферной циркуляции за октябрь в год $i-6$, м³/с.

Верификация предложенной модели показала, что оправдываемость прогнозов составила 76.2 %, отношение $S/\sigma = 0.66$, при традиционном подходе – 0.74.

В г. Магадан функционирует каскад из двух водохранилищ на р. Каменушка для обеспечения города питьевой водой. Ряд суммарного годового притока воды к каскаду этих водохранилищ имеет тренд на повышение, который хорошо аппроксимируется полиномом третьей степени [26]. Ряд притока был представлен в отклонениях от линии тренда:

$$\Delta P_i = P_i - (ai^3 + bi^2 + ci + d). \quad (8)$$

Спектральный анализ ряда отклонений годового притока от линии тренда выявил статистически значимые циклы продолжительностью 6, 10, 11 лет (рис. 4). С вероятностью 95 % можно утверждать, что многолетние колебания годового притока соответствуют статистической модели сложной цепи Маркова [17].

Динамику отклонений от тренда можно рассматривать как гармонические колебания с тремя гармониками с периодами 6, 10, 11 лет и наложенным шумом. Эти колебания можно аппроксимировать уравнением

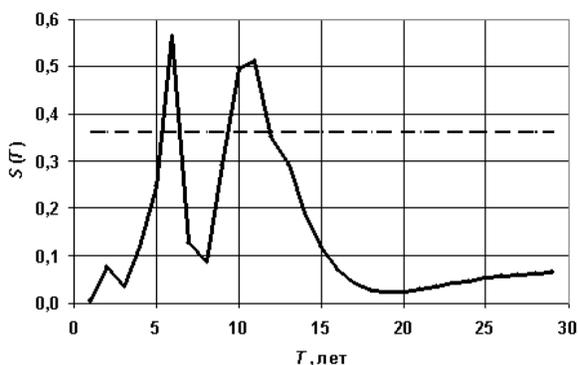


Рис. 4. Спектрограмма колебаний суммарного притока воды к каскаду водохранилищ на р. Каменушка (пунктиром проведена доверительная граница при уровне значимости 5 %)

Fig. 4. Spectrogram of fluctuations in the total inflow of water to the cascade of reservoirs on the Kamenushka River (dotted line shows the confidence limit at a significance level of 5 %)

$$\begin{aligned} \Delta P_i^* = & 0.218 \cos(2\pi(i-1954)/6) + \\ & + 0.200 \cos(2\pi(i-1956)/10) + \\ & + 0.200 \cos(2\pi(i-1952)/11) + 0.36. \end{aligned} \quad (9)$$

Таким образом, получен метод предвычисления многолетних колебаний притока в отклонениях от тренда. Учитывая (8), прогнозное значение притока на год i будет иметь следующий вид:

$$P_i^* = ai^3 + bi^2 + ci + d + \Delta P_i^*. \quad (10)$$

Проверочные прогнозы показали неплохую сходимость фактических и предвычисленных значений притока (рис. 5). Отношение среднеквадратичной ошибки прогнозов к стандартному отклонению исходного ряда составило 0.73, оправдываемость – 64.4 %.

Для предвычисления колебаний суммарного годового притока к каскаду водохранилищ предлагается ежегодно уточнять параметры тренда в уравнении (8).

Климатические изменения зафиксированы и в ледовом режиме рек [27–30]. На сроки начала ледохода р. Колыма влияют не только изменения климата, но и режим регулирования стока каскадом ГЭС. Даты начала ледохода р. Колыма хорошо связаны между собой [28], а это говорит о том, что временные ряды дат вскрытия являются реализациями одного динамико-стохастического процесса. Эти ряды были представлены в отклонениях от среднего (аномалиях)

$$\Delta D_{i,j} = D_{i,j} - D_j, \quad (11)$$

где $D_{i,j}$ – погодичные значения дат вскрытия в год i в пункте j ; D_j – средняя дата вскрытия в пункте j .

Затем было рассчитан ряд средней динамической аномалии дат вскрытия р. Колыма по формуле

$$\Delta D_i = \sum_{j=1}^6 \Delta D_{i,j} / 6. \quad (12)$$

После элиминации тренда спектральный анализ показал, что средняя аномалия дат вскрытия р. Колыма имеет 9–10-летнюю цикличность (рис. 6). Наличие статистически значимых циклов и отсутствие связи между смежными членами ряда свидетельствуют о том, что ряды вскрытия можно рассматривать как сложный процесс Маркова.

Таким образом, учитывая все вышесказанное, мы имеем дело с нестационарным динамико-стохастическим Марковским процессом. Сроки начала ледохода могут иметь дальние асинхронные связи с гидрометеорологическими процессами на планете, количественным выражением которых выступают различные индексы атмосферной циркуляции и индексы связи «океан – атмосфера».

Поиск предикторов и построение прогностической модели производились при помощи регрессионного анализа с привлечением взаимных корреляционных функций. Установлено, что суровость зимы (средняя температура воздуха за период октябрь–апрель) и максимальные запасы воды в снежном покрове не сказываются на сроках начала ледохода на р. Колыма. На процессы разрушения ледяного покрова влияет количество тепла, поступающего весной. Выявлена хорошая связь дат вскрытия р. Колыма с датами перехода температуры воздуха через 0°C весной в п. Сеймчан. В среднем переход температуры воз-

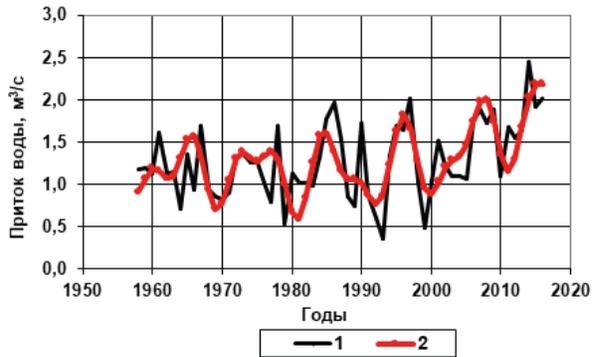


Рис. 5. Суммарный годовой приток воды к каскаду водохранилищ на р. Каменушка (1) и его предвычисленные значения (2) [20].

Fig. 5. The total annual inflow of water to the cascade of reservoirs on the Kamenushka River (1) and its predicted values (2) [20].

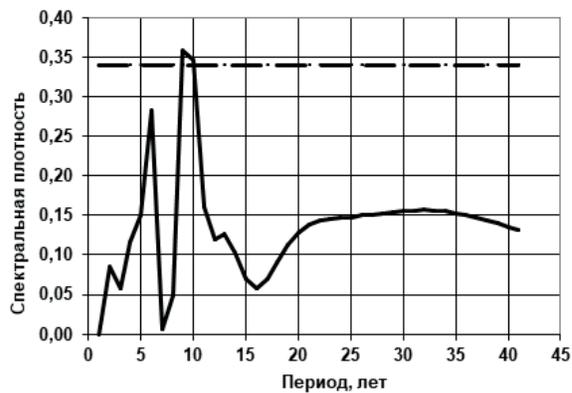


Рис. 6. Спектрограмма аномалии дат вскрытия р. Колыма (пунктиром обозначена доверительная граница при уровне значимости 5 %). Составлено по [28]

Fig. 6. Spectrogram of the anomaly in the ice drift beginning dates on the Kolyma River (the dotted line denotes a confidence limit with a significance level of 5 %). According to [28]

духа через 0 °С происходит 6 мая, а значит, средняя заблаговременность прогнозов будет составлять 15–20 дней.

Анализ взаимных корреляционных функций связи дат вскрытия и различных индексов атмосферной циркуляции выявил приемлемый предиктор – полярно-евразийский индекс за ноябрь. Для каждого пункта прогностическое уравнение скользящей регрессии при окне 30 лет будет иметь вид

$$D_{i,j} - D_j = a_i T_i + b_i P_{i-9} + c_i, \quad (8)$$

где D_j – средняя дата вскрытия в пункте j ; a_i, b_i, c_i – коэффициенты скользящей регрессии (ежегодно меняются); T_i и P_{i-9} – соответственно даты перехода температуры воздуха через 0 °С весной в п. Сеймчан в год i и полярно-евразийский индекс за ноябрь в год $i-9$.

Проверочные прогнозы по формуле показали хорошее качество прогностической модели (табл. 3).

Таблица 3

Качество методики прогноза дат вскрытия р. Колыма

Table 3. The quality of the method for predicting the opening dates of the Kolyma River

Пункт	Отношение средней квадратичной ошибки прогноза к стандартному отклонению ряда (S/σ)	Оправдываемость прогнозов, %
Сеймчан	0.53	85.1
Бальгычан	0.60	71.4
Коркодон	0.47	85.7
Зырянка	0.44	92.9
Среднеколымск	0.50	85.7
Среднее по участку	0.50	84.2

В конце прошлого века в многолетних колебаниях сроков замерзания р. Колыма у г. Среднеколымск обнаружена четко выраженная тенденция на повышение [29]. Линия тренда была описана полиномом второй степени

$$D^*_i = 0.002383i^2 - 9.3531i + 9220, \quad (9)$$

где i – календарный год (четыре цифры).

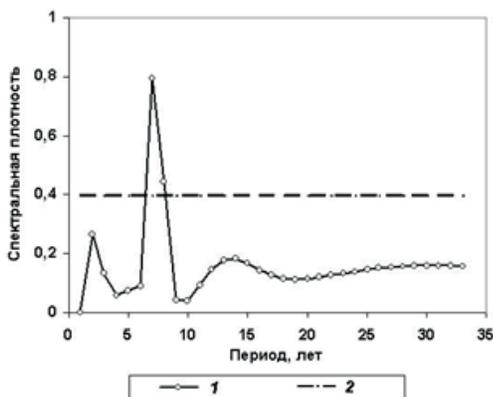


Рис. 7. Спектрограмма отклонений дат замерзания от линии тренда (1). Доверительный уровень 5 % (2). Составлено по [29]

Fig. 7. Spectrogram of deviations of freezing dates from the trend line (1). Confidence level 5% (2). According to [29]

Исходный ряд дат замерзания D_i был представлен в отклонениях от линии тренда

$$\Delta D_i = D_i - D^*_i. \quad (10)$$

Спектральный анализ показал, что отклонения от тренда имеют статистически значимые пики на периодах 7 и 8 лет (рис. 7). Таким образом, можно сказать, что многолетние колебания дат установления ледостава на р. Колыма также представляют сложный Марковский процесс с трендом на повышение.

Уравнение скользящей регрессии с окном 20 лет для прогноза отклонений дат замерзания от линии тренда выглядит следующим образом:

$$\Delta D_i = a_i T_i + b_i Z_{i-9} + c_i, \quad (11)$$

где i – год; a_p , $b_{i,p}$, c_i – параметры уравнения скользящей регрессии; T_i – дата осеннего перехода температуры воздуха через 0°C ; Z_{i-9} – зональный индекс атмосферной циркуляции Блиновой за июнь.

С учетом (8), (9), (11) окончательное прогностическое уравнение будет иметь вид

$$D_i = 0.002383i^2 - 9.3531i + 9220 + a_iT_i + b_iZ_{i-9} + c_i. \quad (12)$$

Заблаговременность прогноза лежит в пределах 13–28 дней.

Проверочные прогнозы за последние 20 лет показали, что оправдываемость составила 85.0 %, отношение среднеквадратичной ошибки прогноза к стандартному отклонению прогнозируемой величины $S/\sigma = 0.68$.

Заключение

Исследования, проведенные в СВКНИИ ДВО РАН в 2012–2022 гг., позволили выявить ряд климатических изменений в режиме рек Верхней Колымы и Северного Приохотоморья. Для их учета при проведении гидрологических расчетов устанавливались корреляционные связи 30-летних скользящих средних гидрологической характеристики со среднегодовой температурой воздуха, при помощи которых определялись расчетные величины характеристики при различных сценариях потепления климата. Для рек Верхней Колымы было рассчитано актуальное внутригодовое распределение стока.

При разработке методов среднесрочных и долгосрочных прогнозов элементов водного и ледового режимов хорошо зарекомендовал себя метод скользящей регрессии, а также предвычисление многолетних колебаний прогнозируемого элемента по гармоникам с предварительной элиминацией тренда.

Предложенные методы и подходы будут полезны специалистам, занимающимся инженерной гидрологией.

Литература

1. WMO statement on the status of the global climate in 2015. WMO–No. 1167. Geneva: Publications Board World Meteorological Organization, 2016. 26 p.
2. Khazheeva Z.I., Plyusnin A.M. Variations in Climatic and Hydrological Parameters in the Selenga River Basin in the Russian Federation // *Russian Meteorology and Hydrology*. 2016. N 9 (41). P. 640–647.
3. Meleshko V.P., Kattsov V.M., Baidin A.V., Pavlova T.V., Govorkova V.A. Expected Change of Hydrologic Cycle in Northern Eurasia due to Disappearance of Multiyear Sea Ice in the Arctic Ocean // *Russian Meteorology and Hydrology*. 2016. N 11–12. P. 735–746.
4. Gartsman B.I., Lupakov S.Yu. Effect of Climate Changes on the Maximal Runoff in the Amur Basin: Estimation Based on Dynamic–Stochastic Simulation // *Water Resources*. 2017. N 5(44). P. 697–706.
5. Шапов В.В., Гарцман Б.И., Губарева Т.С., Лупаков С.Ю., Макагонова М.А., Бугаец А.Н., Гончуков Л.В. Оценка гидрологических откликов на изменения климата в Дальневосточном регионе России // *Географические исследования на Дальнем Востоке. Итоги и перспективы*. 2012–2016 гг. Владивосток: ТИГ ДВО РАН, 2018. С. 99–109.
6. Glotov V.E., Ushakov M.V. Climate-related changes in the runoff of polar rivers in Western Chukotka // *Earth's cryosphere*. Vol. 24. 2020. N 6. P. 27–37.
7. Shiklomanov A.I., Lammers R.B., Lettenmaier D.P., Polischuk Yu.M., Savichev O.G.; Smith L.C.; Chernokulsky A.V. Hydrological Changes: Historical Analysis, Contemporary Status, and Future Projections. Part of the Springer Environmental Science and Engineering book series. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-4569-8_4 (дата обращения: 8.11.2020).
8. Фролова Н.Л., Магрицкий Д.В., Киреева М.Б., Агафонова С.А., Повалишникова Е.С. Антропогенные и климатически обусловленные изменения стока воды и ледовых явлений рек российской Арктики // *Вопросы географии*. 2018. Т. 245. С. 233–251.
9. Гельфан А.Н., Фролова Н.Л., Магрицкий Д.В., Киреева М.Б., Григорьев В.Ю., Мотовилов Ю.Г., Гусев Е.М. Влияние изменения климата на годовой и максимальный сток рек России: оценка и прогноз // *Фундаментальная и прикладная климатология*. 2021. Т. 7, № 1. С. 36–79.

10. Makarieva O., Nesterova N., Post D. A., Sherstyukov A., Lebedeva L. Warming temperatures are impacting the hydrometeorological regime of Russian rivers in the zone of continuous permafrost // *The Cryosphere*. 2019. N 13. P. 1635–1659.
11. Север Дальнего Востока / под ред. Н.А. Шило. М.: Наука, 1970. 487 с.
12. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 19. Северо-Восток. Л.: Гидрометеиздат, 1969. 282 с.
13. Ушаков М.В. О продолжающемся кризисе стационарной гидрологической сети на Северо-Востоке России // Роль стационарных наблюдений в современных географических исследованиях. Владивосток: ТИГ ДВО РАН, 2022. С. 159–161.
14. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации–Мировой центр данных. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://meteo.ru/data/> (дата обращения: 13.01.2021).
15. Шелутко В.А. Численные методы в гидрологии. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 238 с.
16. Hurst H.E. Long-term storage capacity of reservoirs // *Transactions of the American Society of Civil Engineers*. 1951. N 116. P. 70–808.
17. Шелутко В.А. Статистические модели и методы исследования многолетних колебаний стока. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 160 с.
18. Ушаков М.В. Схема расчета ресурсов речных вод Примагаданья в условиях меняющегося климата // *Использование и охрана природных ресурсов в России*. 2018. № 3. С. 76–79.
19. Булгаков К.Ю., Мелешко В.П., Шпееров Б.Е. О чувствительности климата к удвоению концентрации CO₂ в атмосфере // *Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова*. 2007. Вып. 556. С. 2–28.
20. Dodd E.M., Merchant C.J., Rayner N.A., Morice C.P. An investigation into the impact of using various techniques to estimate Arctic surface air temperature anomalies // *Journal of Climate*. 2015. N 5. P. 1743–1763.
21. Ушаков М.В. Климатический отклик минимального летне-осеннего стока рек северного Приохотоморья // *Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология*. 2019. Т. 5 (71), № 1. С. 238–246.
22. Ушаков М.В. Характер климатических изменений внутригодового распределения стока Верхней Колымы // *Общество, среда, развитие*. 2021. № 2. С. 86–89.
23. Соколов О.В., Ушаков М.В. Учет климатических изменений при прогнозировании притока воды в Колымское водохранилище на май // *Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова*. Вып. 566. 2012. С. 289–297.
24. Ушаков М.В. Усовершенствование прогноза притока воды в Колымское водохранилище в условиях климатических изменений // *Инженерные изыскания*. 2016. № 3. С. 40–44.
25. Ушаков М.В. Методика долгосрочного прогноза притока воды к каскаду водохранилищ на реке Колыме на второй квартал // *Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология*. 2018. Т. 4 (70), № 2. С. 269–280.
26. Ушаков М.В. Многолетние колебания годового притока воды к каскаду водохранилищ на реке Каменушке и их предвычисление // *Общество. Среда. Развитие*. 2018. № 4. С. 139–145.
27. Ушаков М.В. Влияние Колымской ГЭС и климатических изменений на гидрологический режим р. Колыма // *Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН*. 2013. № 2. С. 20–24.
28. Ушаков М.В. Методика прогноза дат вскрытия верхнего судоходного участка р. Колыма в условиях нестационарности // *Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН*. 2018. № 1. С. 49–55.
29. Ушаков М.В. Прогноз сроков замерзания реки Колымы в условиях климатических и антропогенных изменений // *Геополитика и экогеодинамика регионов*. 2020. Т. 6 (16), вып. 4. С. 191–202.
30. Ушаков М.В. Продолжительность ледового сезона на реках Тайгской губы в условиях климатических изменений // *Геополитика и геоэкодинамика регионов*. 2022. Т. 8, вып. 2. С. 236–245.

References

1. WMO statement on the status of the global climate in 2015. WMO–No. 1167. Geneva: Publications Board World Meteorological Organization, 2016; 26 p.
2. Khazheeva, Z. I.; Plyusnin, A. M. Variations in Climatic and Hydrological Parameters in the Selenga River Basin in the Russian Federation. *Russian Meteorology and Hydrology*. 2016, 41(9), 640-647.
3. Meleshko, V.P.; Kattsov, V.M.; Baidin, A.V.; Pavlova, T.V.; Govorkova, V.A. Expected Change of Hydrologic Cycle in Northern Eurasia due to Disappearance of Multiyear Sea Ice in the Arctic Ocean. *Russian Meteorology and Hydrology*. 2016, 41(11-12), 735-746.
4. Gartsman, B.I.; Lupakov, S.Yu. Effect of Climate Changes on the Maximal Runoff in the Amur Basin: Estimation Based on Dynamic–Stochastic Simulation. *Water Resources*. 2017, 44(5), 697-706.
5. Shamov, V.V.; Gartsman, B.I.; Gubareva, T.S.; Lupakov, S.Yu.; Makagonova, M.A.; Bugaets, A.N.; Gonchukov, L.V. Assessment of hydrological responses to climate change in the Far East region of Russia. In *Geographical studies in the Far East. Results and prospects*. 2012-2016. PGI FEB RAS: Vladivostok, Russia, 2018, 99-109. (In Russian)
6. Glotov, V.E.; Ushakov, M.V. Climate-related changes in the runoff of polar rivers in Western Chukotka. *Earth's cryosphere*. 2020, XXIV(6), 27–37.

7. Shiklomanov, A.I.; Lammers, R.B.; Lettenmaier, D.P.; Polischuk, Yu.M.; Savichev, O.G.; Smith, L.C.; Chernokulsky, A.V. Hydrological Changes: Historical Analysis, Contemporary Status, and Future Projections. Part of the Springer Environmental Science and Engineering book series. Available online: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-4569-8_4 (accessed on 8 November 2020).

8. Frolova, N.L.; Magritsky, D.V.; Kireeva, M.B.; Agafonova, S.A.; Povalishnikova, E.S. Anthropogenic and climatically determined changes in water flow and ice phenomena in the rivers of the Russian Arctic. *Questions of Geography*. 2018, 245, 233-251. (In Russian)

9. Gelfan, A.N.; Frolova, N.L.; Magritsky, D.V.; Kireeva, M.B.; Grigoriev, V.Yu.; Motovilov, Yu.G.; Gusev, E.M. Influence of climate change on the annual and maximum runoff of Russian rivers: assessment and forecast. *Fundamental and applied climatology*. 2021, 7(1), 36-79. (In Russian)

10. Makarieva, O.; Nesterova, N.; Post, D. A., Sherstyukov, A.; Lebedeva, L. Warming temperatures are impacting the hydrometeorological regime of Russian rivers in the zone of continuous permafrost. *The Cryosphere*. 2019, 13, 1635-1659.

11. The North of the Far East / Ed. by N.A.Shilo. Nauka: Moscow, Russia, 1970; 487 p. (In Russian)

12. Surface water resources of the USSR. V. 19. Northeast. Gidrometeoizdat: Leningrad, Russia, 1969; 282 p. (In Russian)

13. Ushakov, M.V. On the ongoing crisis of the stationary hydrological network in the North-East of Russia. In *The role of stationary observations in modern geographical research*. 2022. PGI FEBRAS: Vladivostok, Russia, 159-161. (In Russian)

14. All-Russian Research Institute of Hydrometeorological Information - World Data Center. Available online: <http://meteo.ru/data/> (accessed on 13 November 2021). (In Russian)

15. Shelutko, V.A. Numerical methods in hydrology. Gidrometeoizdat: Leningrad, Russia, 1991; 238 p. (In Russian)

16. Hurst, H. E. Long-term storage capacity of reservoirs. *Transactions of the American Society of Civil Engineers*. 1951, 116, 770-808.

17. Shelutko, V.A. Statistical models and methods for studying long-term runoff fluctuations. Gidrometeoizdat: Leningrad, Russia, 1984; 160 p. (In Russian)

18. Ushakov, M.V. Scheme for calculating the resources of river waters in Primagadanya in a changing climate. *Use and protection of natural resources in Russia*. 2018, 3, 76-79. (In Russian)

19. Bulgakov, K.Yu.; Meleshko, V.P.; Shpeerov, B.E. On the sensitivity of the climate to doubling the concentration of CO₂ in the atmosphere. *Proceedings of the Main Geophysical Observatory n.a. A.I. Voeikov*. 2007, 556, 2-28. (In Russian)

20. Dodd, E.M.; Merchant, C.J.; Rayner, N.A.; Morice, C.P. An investigation into the impact of using various techniques to estimate Arctic surface air temperature anomalies. *Journal of Climate*. 2015, 28 (5), 1743-1763.

21. Ushakov, M.V. Climatic response of the minimum summer-autumn runoff of the rivers of the northern Okhotsk region. *Scientific notes of the Crimean Federal University named after V. I. Vernadsky. Geography. Geology*. 2019, 5(71) (1), 238-246. (In Russian)

22. Ushakov, M.V. The nature of climatic changes in the intra-annual distribution of runoff in the Upper Kolyma. *Society, environment, development*. 2021, 2, 86-89. (In Russian)

23. Sokolov, O.V.; Ushakov, M.V. Accounting for climate change when forecasting water inflow into the Kolyma reservoir for May. *Proceedings of the Main Geophysical Observatory n.a. A.I. Voeikov*. 2012, 566, 289-297. (In Russian)

24. Ushakov, M.V. Improving the forecast of water inflow into the Kolyma reservoir in the context of climate change. *Engineering Research*. 2016, 3, 40-44 (In Russian)

25. Ushakov, M.V. Methods of long-term forecasting of water inflow to the cascade of reservoirs on the Kolyma River for the second quarter. *Scientific notes of the Crimean Federal University named after V. I. Vernadsky. Geography. Geology*. 4(70) (2), 2018, 269-280. (In Russian)

26. Ushakov, M.V. Long-term fluctuations of the annual water inflow to the cascade of reservoirs on the Kamenushka River and their prediction. *Society. Environment. Development*. 2018, 4, 139-145. (In Russian)

27. Ushakov, M.V. Inclusion of the Kolyma HPP and climate change in the hydrological regime of the river. Kolyma. *Bulletin of the Center of the North-Eastern Scientific Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2013, 2, 20-24. (In Russian)

28. Ushakov, M.V. Kolyma in conditions of non-stationarity. *Bulletin of the North-Eastern Scientific Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2018, 1, 49-55. (In Russian)

29. Ushakov, M.V. Forecasting the timing of freezing of the Kolyma River under conditions of climatic and anthropogenic changes. *Geopolitics and ecogeodynamics of regions*. 2020, 6(16) (4), 191-202. (In Russian)

30. Ushakov, M.V. The duration of the ice season on the rivers of the Tauyskaya Bay under the conditions of climatic changes. *Geopolitics and ecogeodynamics of regions*. 2022, 8 (2), 236-245. (In Russian)

Статья поступила в редакцию 16.01.2023; одобрена после рецензирования 10.02.2023; принята к публикации 17.03.2023.

The article was submitted 16.01.2023; approved after reviewing 10.02.2023; accepted for publication 17.03.2023.

Современный тепловой сток горных рек криолитозоны: геоэкологические особенности формирования на примере Верхней Колымы

Николай Васильевич УХОВ

кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник
Институт биологических проблем Севера ДВРО РАН, Магадан, Россия
nukhov@mail.ru, orcid 0000-0002-9333-3706

Аннотация. Цель работы – установить роль основных геоэкологических факторов на изменение водного и теплового стока горных рек криолитозоны в период глобальных климатических изменений. Актуальность исследования заключается в слабой изученности механизма формирования водного и теплового режимов рек в горных районах криолитозоны (Север Азии и Америки) в период глобального изменения климата. Для водотоков Верхней Колымы с различными размерами и степенью нарушенности долин вычислены средние температуры и расходы воды за 30-летние периоды (VI – IX мес.) до и после активной фазы потепления. Проведен анализ изменений гидрологических параметров водотоков с учетом мерзлотно-гидрогеологических и техногенных условий в их долинах. Прослежена устойчивая связь таяния многолетнего льда на водосборах с увеличением водности рек. Установлена важная роль мощности хорошо проницаемых галечниковых отложений и техногенных нарушений в поймах рек на их водный и тепловой режим. Для периода активной фазы потепления выявлена решающая роль расширения гидрогенных таликов в снижении расходов на водопостах. На примере рек бассейна верховий р. Колыма дано геоэкологическое обоснование дифференцированного отклика водного и теплового режима стока рек на глобальное изменение климата. В первом приближении установлены некоторые закономерности изменения водного и теплового стока зависимости от водопроницаемости прирусловых отложений и техногенных нарушений в долинах рек. Результаты рассматриваемой работы могут найти применение в оценке репрезентативности пунктов наблюдений за стоком рек, а значит, и современных ресурсов поверхностных и подземных вод в горных районах криолитозоны.

Ключевые слова: криолитозона, потепление климата, тепловой сток, водность, техногенез, талики

Для цитирования: Ухов Н.В. Современный тепловой сток горных рек криолитозоны: геоэкологические особенности формирования на примере Верхней Колымы // Тихоокеанская география. 2023. № 4. С. 64–73. https://doi.org/10.35735/26870509_2023_16_6. EDN: TJVNRL.

Contemporary heat flow of mountain rivers of the cryolithozone: geocological features of its formation by the example of the Upper Kolyma

Nicolay V. UKHOV

Candidate of Geological and mineralogical Sciences, Senior research associate
Institute of Biological Problems of the North FEB RAS, Magadan, Russia
nukhov@mail.ru, orcid 0000-0002-9333-3706

Annotation. The aim of the work is to assess the influence of geocological factors on the water and thermal regime of rivers in the permafrost zone during the period of climate warming. The relevance of the work lies in a significant, often anomalous change of water flow and water temperature in mountain rivers in the permafrost zone (northern Asia and America). The formation mechanism of hydrological parameters dynamics of heat sink during the global warming has not been practically studied yet. Average temperatures and discharges (VI-IX months) were calculated for watercourses of the Upper Kolyma for 30-year periods before and after 1980. Based on these data, the components of the heat runoff of rivers were determined and analyzed with natural and technogenic parameters of floodplains. During the active phase of warming in the Upper Kolyma, a stable relationship was traced between the melting of perennial ice on watersheds and an increase in the total runoff of watercourses. For the period of warming, the role of the thickness of well-permeable pebble deposits and technogenic disturbances in the development of taliks on river floodplains was revealed. The decisive role of the expansion of taliks in reducing water content and heat flow has been found. The results of the work under consideration can be used in the assessment of modern water resources in the mountainous permafrost regions. Significant changes in the parameters of heat sink (water temperature and runoff) have been recorded for the rivers of the Upper Kolyma. Moreover, they are characterized by the opposite direction in watercourses with technogenic disturbance of valleys. Using the example of watercourses in the upstream of the Kolyma River, a geocological justification is given for the different responses of river flows to the active phase of global climate change.

Keywords: permafrost zone, climate warming, heat flow, river runoff, technogenesis, taliks

For citation: Ukhov N.V. Contemporary heat flow of mountain rivers of the cryolithozone: geocological features of its formation by the example of the Upper Kolyma. *Pacific Geography*. 2023;(4):64-73. (In Russ.). https://doi.org/10.35735/26870509_2023_16_6.

Введение

Территория Верхней Колымы расположена преимущественно в пределах одноименного нагорья. Она представляет собой типичное среднегорье, реже низкогорье, с отдельными вершинами высотой 1600–2220 м в пределах Яно-Чукотской мезозойской складчатой системы [1]. На склонах долин коренные породы, как правило, представлены песчано-глинистыми сланцами, покрытыми рыхлыми продуктами их выветривания, мощностью, обычно не превышающей 1.0–1.5 м. Горный рельеф территории предопределяет ограниченное развитие аллювия мощностью до 10–15 м и крупнообломочный, обычно галечниковый его состав. Преобладание песчаного, часто крупнозернистого заполнителя обуславливает высокую водопроницаемость аллювия [2, 3]. В поймах верховий рек, реже в среднем и нижнем течении аллювий слабо развит или практически отсутствует, например, в пойме р. Бохапча (приток р. Колыма). С поверхности русловый аллювий перекрыт маломощными (до 1.5–2.0 м) пойменными отложениями песчано-супесчаного состава [3, 4].

Низкие температуры воздуха в верховьях р. Колыма обуславливают сплошное развитие многолетнемерзлых пород мощностью до 500–550 м [2, 3]. Но вследствие отепляющего влияния водотоков эта мощность в долинах рек снижается по сравнению с водоразделами на 150–250 м. Под руслами, реже поймами рек в галечниковом аллювии широко развиты непромерзающие зимой талые породы, гидрогенные талики. Индикаторами развития таликов служат тополево-чозениевые леса, произрастающие вдоль русел водотоков [3]. Развитие таликов контролирует интенсивность теплообмена в системе «атмосфера – водоток – подземные воды – мерзлые породы» [3, 5]. Очевидно, что мощность относительно размеров водотока хорошо проницаемого галечникового аллювия прирусловой полосы в целом и предопределяет уровень теплообмена прирусловых поверхностных и подземных вод. Грунтовые воды таликов переносят тепло к окружающим его многолетнемерзлым породам.

Для долин рек Верхней Колымы характерны процессы техногенеза, т.к. основной отраслью экономики здесь является разработка месторождений различных полезных ископаемых, в т.ч. цветных металлов. При освоении россыпных месторождений золота в долинах и часто в поймах рек образуется контрастный техногенный рельеф (карьеры, отвалы, илоотстойники), связанный с перемещением русел водотоков. В процессе промывки золотоносных песков происходит разделение аллювия на мелкоземистую и крупнообломочные фракции. В результате этого водопроницаемость крупнообломочных возрастает на порядок и более, что не может не изменить режим поверхностных и грунтовых вод [6].

Кроме того, на берегах рек Верхней Колымы в районе населенных пунктов расположены объекты массовой застройки с тепловыделяющими зданиями и коммуникациями, под которыми формируются зоны растепления грунтов в виде чаш протаивания. В дальнейшем между грунтовыми водами природных гидрогенных талых зон и чашами протаивания устанавливается гидравлическая связь с формированием своеобразных мерзлотно-гидрогеологических структур – природно-техногенных таликов, например, в г. Сусуман и п. Ягодное [7].

В связи с глобальными изменениями климата за последние десятилетия во многих районах криолитозоны (север Восточной Сибири, Дальнего Востока, Канады, Аляски) прослеживается изменение гидрологических параметров рек [7–9]. В большинстве случаев водность рек увеличивается [8–16], реже – уменьшается [15, 17]. Кроме водности рек происходит также изменение температуры воды [16, 17], причем чаще всего ее повышение [16, 18]. Для Восточной Сибири и Севера Дальнего Востока выделяется активная фаза изменения климата, приуроченная к началу 80–х гг. прошлого столетия [13, 18].

Долины рек бассейна р. Колыма характеризуются высокой наледностью [1, 19, 20]. При потеплении климата происходит не только изменение температуры воздуха, но устойчивое повышение температуры почвогрунтов [21], в связи с чем активное таяние многолетнего подземного и поверхностного (наледи) льда на водосборах рек может служить источником дополнительной влаги, поступающей в водотоки. О динамике таяния льда на рассматриваемой территории можно судить по бассейну р. Детрин. Здесь площадь наледей уменьшилась с 1300 до 32 км², а гигантская Анмангындинская наледь объемом около 8.5 млн м³ уменьшилась на 33 % и трансформировалась в сезонную [19, 20].

Для рассматриваемой территории характерна высокая льдистость многолетнемерзлых грунтов за счет большого содержания в них ледяных прослоек, линз и жил [4]. «Срабатывание» так называемых вековых запасов воды в виде льда также может увеличивать водность рек. Так, в период активной фазы потепления впервые было установлено устойчивое снижение температуры и повышение расходов воды в руч. Талок, притоке р. Берелех (район г. Сусуман) [22]. Позже было зафиксировано как повышение, так и снижение водности на крупных реках Северо-Востока России: Сугой, Таскан (притоки р. Колыма), реках Паляваам и Пеймына (Западная Чукотка) [23, 24]. Авторы связывают уменьшение водности рек территории с увеличением потерь влаги на испарение, включая эвапотранспирацию.

Цель исследования заключается в оценке роли основных геоэкологических факторов в изменении теплового стока горных рек криолитозоны Верхней Колымы в период глобальных климатических изменений.

Материалы и методы

Рассматривались реки с длительным периодом наблюдений и различной площадью водосбора: Бохапча – в 5.4 км выше устья, Кулу – п. Кулу, Детрин – устье р. Омчук, Оротукан – п. Оротукан, Омчук – п. Усть-Омчуг и руч. Ягодный – в 3.4 км выше устья (см. рис.).

Величины стока и температуры воды, описания условий гидрологических постов получены по данным государственного Водного кадастра и из фондовых материалов ФГБУ «Колымагидромет». В соответствии с описаниями выбраны створы гидрологических наблюдений на одно-рукавных, суженных отрезках русел водотоков с устойчивым ложем, что вполне соответствует нормативным требованиям их размещения [25]. Геоэкологические данные, включая мощность галечников в поймах рек в районе пунктов наблюдений, получены из отчетов инженерных изысканий и документов территориальных геологических фондов. Виды, степень нарушения днщ долин установлены по космоснимкам, картам, полевым обследованиям и фондовым источникам. Температура воздуха получена с сайта Мирового центра данных [26].

Расчеты теплового стока за тридцатилетние периоды (1951–80 и 1981–2010 гг.) за VI–IX месяцы проводились по формуле:

$$W_T = c_p \cdot t \cdot \tau W_b,$$

где c_p – удельная теплоемкость воды (4.17–4.21 КДж /кг); t – средняя температура воды за 30-летний период (VI–IX мес.), °C; τ – плотность воды, кг /м³; W_b – объем стока (м³) теплого периода года (VI–IX мес.) за 30-летний период. Изменения величин c_p и τ небольшие и на результаты вычислений теплового стока практически не влияют.

Для оценки изменений параметров водного и термического режима рек и их связи с геоэкологическими условиями, включая относительную мощность прируслового галечникового аллювия, виды и степень техногенных нарушений поймы, а также их сочетаний, использован метод сравнительного анализа.



Схема водотоков и гидрологических постов: 1 – р. Бохапча - в 5,4 км от устья; 2 – р. Кулу - п. Кулу; 3 – Ягодный – 3,4 км от устья; 4 – р. Омчук - п. Усть-Омчуг; 5 – р. Детрин - устье р. Омчук; 6 – р. Оротукан - п. Оротукан; 7 – р. Берелех – г. Сусуман.

Scheme of watercourses and watergates: 1 – Bohapcha River - 5.4 km upper from the mouth; 2 – Kulu River – Kulu village; 3 – Yagodny – 3.4 km upper from the mouth; 4 – Omchuk River – Ust-Omchug village; 5 – Detrin – the mouth of the Omchuk River; 6 – Orotukan – Orotukan village; 7 – Berelakh River – Susuman

Результаты и их обсуждение

Для выбранных водотоков были рассчитаны средние температуры воды и расходы рек за тридцатилетние периоды (VI–IX мес.) – до и после 1980 г. (табл. 1).

Таблица 1
Средние тридцатилетние гидрологические характеристики водотоков Верхней Колымы до и после активной фазы потепления

Table 1. Average hydrological parameters of watercourses over 30 years in the Upper Kolyma before and after the active phase of warming

Водотоки	Гидрологические характеристики		
	площадь водосбора, км ²	средние значения за VI–IX мес.	
		сток, млн м ³	температура воды, °С
Р. Бохапча	13600	<u>3210</u>	<u>8.9</u>
		44447	9.3
Р. Кулу	10300	<u>2534</u>	<u>8.9</u>
		<u>2678</u>	<u>7.2</u>
Руч. Ягодный	100	<u>17.0</u>	<u>4.3</u>
		17,1	4.2
Р. Детрин	490	<u>904</u>	<u>7.0</u>
		904	8.0
Р. Оротукан	740	<u>236</u>	<u>7.8</u>
		144	9.3
Р. Омчук	583	<u>108</u>	<u>7.3</u>
		86.3	8.0

Примечание. В числителе приведены параметры водотоков до 1980 г., знаменателе – после 1980 г.

мощностью галечникового аллювия. На поймах водотоков с малой мощностью галечника (менее 2.0–2.5 м) грунты в зимний период промерзают, и талики здесь, как правило, не образуются. При большой мощности галечников, 10–12 м и более, создаются более благоприятные условия развития таликов. На основании анализа имеющихся материалов проведена градация относительной мощности хорошо проницаемого галечникового аллювия на поймах рек. Так, большую мощность аллювия имеют реки Кулу, Детрин, Омчук, среднюю – р. Оротукан, руч. Ягодный, малую – р. Бохапча.

Для довольно крупных рек Кулу и Бохапча с площадью водосборов соответственно, 10.3 и 13.6 тыс. км² проанализированы связи параметров теплового стока с мерзлотно-гидрогеологическими показателями в поймах водотоков. Они характеризуются существенными различиями в строении. Так, пойма р. Кулу сложена преимущественно галечниковым аллювием сравнительно большой мощности (до 10–12 м), поэтому русло водотока меандрирует в этих отложениях. Вдоль русла реки произрастают тополево-чозениевые леса, которые подтверждают широкое распространение здесь подрусловых и пойменных таликов. Следует отметить, что реки характеризуются одинаковыми средними температурами воды в период до 1980 г.

Очевидно, что потепление климата сопровождается увеличением прихода тепла из атмосферы к речным водам, а также к почвогрунтам водосборов. В связи высокой льдистостью отложений в бассейне р. Кулу и широким распространением наледей в долине реки и ее притоков их таяние увеличивает расходы на 10 % (см. табл. 2). В этом случае одновременно с увеличением водности и прихода тепловой энергии из атмосферы к речным водам происходит возрастание притока энергии к грунтам прирусловой полосы. Одновременно с увеличением поверхностного стока р. Кулу отмечается существенное снижение теплового стока (19 %). Последнее свидетельствует об увеличении затрат тепла на очень энергоемкий процесс таяния льда в многолетнемерзлых грунтах при расширении таликов.

На фоне потепления климата изменения расходов и температуры воды в реках существенно различаются. Приращения этих показателей зависят от местных природных (например, мощности галечникового аллювия) и техногенных факторов, а также их сочетаний. Результаты расчета средних тридцатилетних показателей температуры и расходов воды, теплового стока и их изменений в период активной фазы потепления климата в различных природно-техногенных условиях приведены в табл. 2.

В первом приближении выделяются поймы с малой, средней и большой

Изменения средних 30-летних характеристик водного и теплового стока рек
 Table 2. Changes in the average 30-year parameters of water and heat runoff in rivers during climate warming

Средние характеристик поверхностных вод за период июнь–сентябрь (VI–IX мес.)					Мощность галечника	Нарушенные				
приращение		температуры				ГДж	приращение		горными работами	строит.-хоз. деятельностью
млн м ³	%	°С	%	ГДж			%			
р. Бохапча – 5.4 км от устья										
868	18	0.4	4	$\frac{124642}{137656}$	41866	27	М	–	–	
р. Кулу – п. Кулу										
147	10	–1.7	–19	$\frac{90560}{101512}$	–9848	11	Б	–	–	
руч. Ягодный – в 3.4 км от устья										
0.1	1	–0.1	–2	$\frac{306.0}{300.6}$	–5.4	–2	С	–	–	
р. Детрин – устье р. Омчук										
0	0	1	14	$\frac{26486}{30270}$	3784	14	Б	+	+	
р. Оротукан – п. Оротукан										
–91.8	–39	1.5	19	$\frac{7708}{5718}$	–2874	–37	С	+	–	
р. Омчук – п. Усть-Омчуг										
–21.6	–20	0.7	10	$\frac{396}{2890}$	–406	–47	Б	+	+	

Примечание. Тепловой сток, знаменатель – до 1980 г. включительно, числитель – после 1980 г. Относительная мощность галечника: М – малая, С – средняя, Б – большая; виды нарушения долин рек: (+) присутствуют, (–) – отсутствуют.

Расчеты показывают, что величина так называемой потери энергии (9848 ГДж) достаточна для таяния 29526 м³ льда или 295262 м³ мерзлого грунта, например, галечника, при 10 % весовой льдистости.

Русло р. Бохапча и его притоков практически повсеместно порожистое, дно и отчасти берега сложены в основном коренными породами и маломощным галечниковым аллювием. Здесь возможно лишь ограниченное развитие подрусловых таликов, совпадающих, как правило, с углублениями русла реки. Поскольку основная часть энергии, поступающей из атмосферы к речным водам, расходуется на увеличение их теплосодержания, основные гидрологические параметры реки повышаются: температура воды – на 4 %, поверхностный сток – на 18 %, а тепловой сток – на 27 % (см. табл. 2). В этой связи несколько заниженная величина приращения тепла в речных водах (41866 ГДж) будет соответствовать в первом приближении энергии, получаемой из атмосферы.

Следовательно, потепление климата вызывает дифференцированный отклик теплового режима рек. Так, в р. Кулу и р. Бохапча средние температуры за тридцатилетние периоды до 1980 г. одинаковые, а после 1980 г. – различаются на 2.1 °С.

Ручей Ягодный характеризуется наименьшей из рассматриваемых водотоков площадью водосбора и средней мощностью галечникового аллювия, поэтому здесь отмечается незначительное снижение температуры и теплового стока на фоне слабого увеличения водности.

В долинах рек Детрин, Оротукан и Омчук интенсивно разрабатываются россыпные месторождения золота с нарушением днищ долин и в первую очередь пойм. Расходы воды

в водотоках с сильно нарушенными горным и строительно-хозяйственным комплексом долинами не увеличиваются, а, как правило, уменьшаются (см. табл. 2). Для этих водотоков после 1980 г. произошло существенное (не менее 0.7 °С) увеличение температуры воды. Наибольшее приращение температуры воды (1.5 °С) и уменьшение стока (39 %) отмечено для р. Оротукан. Пойма реки до начала горных работ характеризовалась средней относительной мощностью галечникового аллювия. В процессе разработки россыпей мощность аллювия на большей части поймы реки уменьшилась из-за создания отвалов и частичного его перемещения от русла водотока к бортам долины.

В днище долин рек Омчук и Детрин залегает сравнительно мощная (до 12 м, местами более) толща галечникового аллювия. В процессе освоения россыпей в этом районе талый аллювий перерабатывался плавучими фабриками, драгами на глубину до 12 м. Бассейн р. Детрин характеризуется высокой наледностью [17, 21, 23]. Воду от таяния наледей можно рассматривать как дополнительный источник пополнения стока. По данным метеостанции Усть-Омчуг в бассейнах этих рек в период потепления увеличилось на 52 мм годовое количество атмосферных осадков, большая часть которых выпадает в августе. Анализ этих данных однозначно свидетельствует об увеличении стока. Однако в р. Омчук средние расходы воды существенно уменьшились, а в р. Детрин – остались без изменений. На примере пунктов наблюдений на реках Детрин и Омчук, расположенных близко друг к другу, можно сделать вывод о снижении измеряемой величины поверхностной составляющей стока и увеличении при этом его подземной части.

На реках с ненарушенными техногенезом долинами изменение климата сопровождается изменением температуры речных вод. Понижение температуры воды связано со значительными затратами тепла на нагревание подземных вод, а также таяние многолетнего льда и нагревание окружающих таликов, грунтов. Существенное ее повышение свидетельствует о низкой интенсивности теплообмена с окружающими русло породами и слабом развитии таликов.

Считаем, что в условиях глобального изменения климата на горных реках криолитозоны, поймы которых сложены хорошо фильтрующими отложениями, процесс расширения гидрогенных таликов может также распространяться на территорию расположения пунктов гидрологических наблюдений. В этом случае не учитывается часть стока, которая стала его подземной составляющей.

Заключение и выводы

Для горных рек криолитозоны на территории Верхней Колымы прослеживается дифференцированный отклик водного и теплового стока на изменение климата в зависимости от местных геоэкологических условий: относительной мощности галечникового аллювия и характера техногенных нарушений пойм, а также их сочетаний.

Для водотоков с ненарушенными техногенезом долинами и большой мощностью галечникового аллювия характерно понижение температуры воды и теплового стока, а с маломощным аллювием, наоборот, имеет место повышение их теплосодержания. В период активной фазы потепления снижение теплового стока рек служит своего рода показателем степени развития таликов и тенденции их расширения, в т.ч. это возможно и в местах расположения постов гидрологических наблюдений.

В результате нарушения пойм водотоков в период активной фазы потепления отмечается повышение температуры воды и существенное изменение, как правило снижение, теплового стока. Выявлено, что потепление климата и расширение таликов сопровождаются снижением поверхностной и увеличением подземной составляющей стока.

Благодарности. Работа выполнена в рамках договора № 427 от 22.04.2021. Автор благодарен к.г.н. В.М. Ушакову за помощь в получении исходной гидрометеорологической информации.

Acknowledgments. The work was performed under contract No. 427 dated April 22, 2021. The author is grateful to Dr. Ushakov V.M. for assistance in getting initial hydrometeorological information.

Литература

1. Шило А.Н. Рельеф и геологическое строение // Север Дальнего Востока / под ред. Н.А. Шило. М.: Наука, 1970. С. 21–83.
2. Гольдман В.Г. Перенос тепла надмерзлотными водами и некоторые предпосылки формирования таликов // Гидрогеология СССР. Т. 26. Северо-Восток СССР / под ред. О.Н. Толстихина. М.: Недра, 1972. С. 17. 64–69.
3. Калябин А.И. Вечная мерзлота и гидрогеология Северо-Востока СССР // Тр. ВНИИ золота и редких металлов. 1960. Т. 18. 471 с.
4. Ухов Н.В. Криогенные процессы и явления в долинах рек горных районов Северо-Востока России // Естественные и технические науки. 2008. № 6 (38). С. 185–191.
5. Михайлов В.М. Пойменные талики Северо-Востока России. Новосибирск: ГЕОС, 2013. 244 с.
6. Глотова Л.П., Глотов В.Е. Трансформация стока малых горных водотоков бассейна р. Колыма при обработке россыпей // Проблемы геологии и металлогении Северо-Востока Азии на рубеже тысячелетий: Материалы XI сессии СВО ВМО. Т. 3. Четвертичная геология, геоморфология, россыпи. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2001. С. 125–127.
7. Ухов Н.В., Басистый В.А. Геокриологические исследования в притальниковых зонах речных долин Северо-Востока России при их массовой застройке // Инженерные изыскания. 2013. № 4. С. 58–64.
8. Магрицкий Д.В. Особенности изменений теплового стока рек северо-востока азиатской части России и оценка его величины // Динамика и взаимодействие геосфер Земли: Материалы Всерос. конф. с междунар. участием: в 3 т. Том 2. Томск: Томский ЦНТИ, 2021. С. 57–60.
9. Burn D.H. Hydrologic effects of climatic change in west-central Canada // Journal of Hydrology. 1994. Vol. 160, N 1/4. P. 53–62.
10. Rawlins M.A., Cai L., Stuefer S.L., Nicolsky D. Changing characteristics of runoff and freshwater export from watersheds draining northern Alaska // The Cryosphere. 2019. Vol. 13. P. 3337–3352.
11. Прысов Д.А., Мусохранова А.В. Влияние климатических факторов на годовой сток рек криолитозоны Средней Сибири // Вестник КрасГАУ. 2016. № 1. С. 39–46.
12. Magritsky D.V., Alexeevsky N.I., Aybulatov D.N., Fofonova V.V., Gorelkin A. Features and evaluations of spatial and temporal changes of water runoff, sediment yield and heat flux in the Lena River delta // Polarforschung. 2018. N 87 (2). P. 89–110.
13. Юмина Н.М., Терешина М.А. Многолетние изменения стока рек бассейна Вилюя // Вестник Московского ун-та. Серия 5. География. 2017. № 6. С. 62–70.
14. Им С.Т., Харук В.И. Динамика водной массы мерзлотной зоны Средней Сибири по данным гравиметрической съемки спутниками GRACE // Геофизические процессы и биосфера. 2015. Т. 14, № 1. С. 53–69.
15. Ушаков М.В., Лебедева Л.С. Климатические изменения режима формирования притока воды в Колымское водохранилище // Научные Ведомости Бел. ГУ. Естественные науки. 2016. Вып. 37 (246), № 25. С. 120–127.
16. Ухов Н.В. Анализ современной водности горных рек криолитозоны (на примере Верхней Колымы) // Материалы XVI Совещания географов Сибири и Дальнего Востока. Владивосток: ТИГ ДВО РАН, 2021. С. 188–192.
17. Miller J.R., Russell G.L. The impact of global warming in river runoff // Journal of Geophysical Research. 1992. N 9. P. 2757–2764
18. Ushakov M.V., Ukhov N.V. Modern changes in the Thermal Regime of Mountain Rivers in the Permafrost Zone (A Case Study for the Upper Kolyma) // Russian Meteorology and Hydrology. 2020. Vol. 45. P. 858–863.
19. Атлас гигантских наледей-гарынов Северо-Востока России. Новосибирск: СО РАН, 2021. 302 с.
20. Землянская А.А., Алексеев В.Р. и др. Многолетняя динамика гигантской Анмангындинской наледи на Северо-Востоке России (1962–2021 гг.) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России: Материалы XI Всерос. науч.-практ. конф. Якутск: СВФУ, 2020. С. 381–384.
21. Сточките Ю.В., Василевская Л.Н. Многолетние изменения температуры воздуха и почвы на Крайнем Северо-Востоке России // Географический вестник. 2016. 2 (37). С. 84–96
22. Самохвалов В.Л., Ухов Н.В. Температурные условия в малых водотоках бассейна Верхней Колымы на примере ручья Талок // Глобальные климатические процессы и их влияние на экосистемы арктических и субарктических регионов. Апатиты: Изд-во Кольского НИЦ РАН, 2011. С. 174–175.
23. Глотов В.Е., Ушаков М.В. Климатически обусловленные изменения стока заполярных рек Западной Чукотки // Криосфера Земли. 2020. Т. 24, № 6. С. 33–44.
24. Глотов В.Е., Глотова Л.П. Изменения ресурсов пресных природных вод в горных районах криолитозоны при глобальном потеплении климата (на примере Северо-Востока России) // Известия Самарского НИЦ РАН. Т. 13 (39). 2011. № 1 (6). С. 1408–1412.
25. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 6, ч. I. Гидрологические наблюдения и работы на больших и средних реках. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 384 с.

26. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://meteo.ru/data> (дата обращения: 13.04.2021).

References

1. Shilo, A.N. Relief and geological structure. In *North of the Far East*; Nauka: Moscow, USSR, 1970, 21-83. (In Russian)
2. Goldman, V.G. Heat transfer by supra-permafrost waters and some prerequisites for the formation of taliks. In *Hydrogeology of the USSR. Volume XXVI. North-East USSR*; Nedra: Moscow, USSR, 1972, 17, 64-69. (In Russian)
3. Kalyabin, A.I. Permafrost and hydrogeology of the North-East of the USSR. In *Proceedings of the All-Union Research Institute of Gold and Rare Metals*; 1960, vol. XVIII; 471. (In Russian)
4. Ukhov, N.V. Cryogenic processes and phenomena in river valleys of mountainous regions of the North-East of Russia. *Natural and technical sciences*. 2008, 6 (38), 185-191. (In Russian)
5. Mikhailov, V.M. Floodplain taliks of North-East Russia. GEOS Academic Publishing House: Novosibirsk, Russia, 2013; 244 p. (In Russian)
6. Glotova, L.P.; Glotov, V.E. Transformation of the runoff of small mountain streams in the Kolyma River basin during the mining of placers. In *Problems of geology and metallogeny of North-East Asia at the turn of the millennium: proceedings of the 11th session of the North-Eastern Branch of the WMO (Magadan, May 16–18, 2001), V. 3. Quaternary geology, geomorphology, placers*. NECRI FEB RAS: Magadan, 2001, 125–127. (In Russian)
7. Ukhov, N.V.; Basisty, V.A. Geocryological studies in the talik zones of river valleys in the North-East of Russia during their mass development. *Engineering surveys*. 2013, 4, 58-64. (In Russian)
8. Magritsky, D.V. Features of changes in the thermal runoff of rivers in the northeast of the Asiatic part of Russia and assessment of its magnitude. In *Dynamics and interaction of the Earth's geospheres. Proceedings of the All-Russian conference with international participation. In 3 volumes. Volume II*; Tomsk CNTI: Tomsk, Russia, 2021, 57-60. (In Russian)
9. Burn, D.H. Hydrologic effects of climatic change in west-central Canada. *Journal of Hydrology*. V.160, 1/4, 53-62.
10. Rawlins, M.A.; Cai, L.; Stuefer, S.L.; Nicolsky, D. Changing characteristics of runoff and freshwater export from watersheds draining northern Alaska. *The Cryosphere*. 2019, 13, 3337-3352.
11. Prysov, D.A.; Musokhranova, A.V. Influence of climatic factors on the annual runoff of rivers in the permafrost zone of Central Siberia. *Bulletin of KrasGAU*. 2016, 1, 39–46. (In Russian)
12. Magritsky, D.V.; Alexeyevsky, N.I.; Aybulatov, D.N.; Fofonova, V.V.; Gorelkin, A. Features and evaluations of spatial and temporal changes of water runoff, sediment yield and heat flux in the Lena River delta. *Polarforschung*. 2018, 87(2), 89–110.
13. Yumina, N.M.; Tereshina, M.A. Long-term changes in river flow of the Vilyui basin. *Bulletin of Moscow University. Series 5. Geography*. 2017, 6, 62–70. (In Russian)
14. Im, S.T.; Kharuk, V.I. Dynamics of the water mass of the permafrost zone of Central Siberia according to gravimetric survey data by GRACE satellites. *Geophysical processes and biosphere*. 2015, V. 14, 1, 53–69. (In Russian)
15. Ushakov, M.V.; Lebedeva, L.S. Climatic changes in the regime of formation of water inflow into the Kolyma Reservoir. *Scientific bulletins of Belgorod State University. Natural Sciences*. 2016, Iss. 37(246), 25, 120–127. (In Russian)
16. Ukhov, N.V. Analysis of modern water content of mountain rivers in the permafrost zone (using the example of Upper Kolyma). In *Proceedings of the XVI Meeting of Geographers of Siberia and the Far East (September 28 – October 1, 2021)*, PGI FEB RAS: Vladivostok, Russia, 2021, 188–192. (In Russian)
17. Miller, J.R.; Russell, G.L. The impact of global warming in river runoff. *Journal of Geophysical Research*, 1992, 9, 2757–2764
18. Ushakov, M.V.; Ukhov, N.V. Modern changes in the Thermal Regime of Mountain Rivers in the Permafrost Zone (A Case Study for the Upper Kolyma). *Russian Meteorology and Hydrology*. 2020, 45, 858–863.
19. Atlas of giant auefais of the North-East of Russia. SB RAS: Novosibirsk, Russia. 2021; 302 p. (In Russian)
20. Zemlyanskova, A.A.; Alekseev, V.R. et al. Long-term dynamics of the giant Annangyndin floodplain icing in the North-East of Russia (1962–2021). In *Geology and mineral resources of the North-East of Russia: Proceedings of the XI All-Russian scientific and applied conference*; NEFU: Yakutsk, Russia, 2020, 381–384. (In Russian)
21. Stochkute, Yu.V.; Vasilevskaya, L.N. Long-term changes in air and soil temperature in the extreme northeast of Russia. *Geographical Bulletin*, 2016, 2(37), 84-96 (In Russian)
22. Samokhvalov, V.L.; Ukhov, N.V. Temperature conditions in small watercourses of the Upper Kolyma basin using the example of the Talok stream. In *Global climatic processes and their influence on the ecosystems of the Arctic and subarctic regions. Proceedings of international scientific conference*. Publishing house of the Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences: Apatity, Russia, 2011, 174–175. (In Russian)
23. Glotov, V.E.; Ushakov, M.V. Climatically determined changes in the runoff of polar rivers in Western Chukotka. *Cryosphere of the Earth*. 2020, V. 24, 6, 33–44. (In Russian)

24. Glotov, V.E.; Glotova, L.P. Changes in fresh natural water resources in mountainous areas of the permafrost zone during global climate warming (on the example of the North-East of Russia). *Izvestia of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2011, V. 13(39), 1(6), 1408–1412. (In Russian)

25. Manual for hydro-meteorological stations and posts. Vol. 6. Part I. Hydrological observations and work on large and medium-sized rivers. Gidrometeoizdat: Leningrad, USSR, 1978; 384 p. (In Russian)

26. All-Russian Research Institute of Hydrometeorological Information - World Data Center. Available online: <http://meteo.ru/data> (accessed on 13 April 2021). (In Russian)

Статья поступила в редакцию 15.12.2022; одобрена после рецензирования 01.03.2023; принята к публикации 17.03.2023.

The article was submitted 15.12.2022; approved after reviewing 01.03.2023; accepted for publication 17.03.2023.



Оценка аккумулирующей емкости поймы реки Амур во время наводнения 2013 г. по данным гидрологических наблюдений

Лариса Вячеславовна ГОРБАТЕНКО
кандидат географических наук, научный сотрудник
Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия
glv@tigdvo.ru, orcid 0000-0003-2839-3371

Аннотация. По данным гидрологических наблюдений расчетным способом определен объем аккумулированного паводочного стока во время наводнения 2013 г. на самом обширном участке поймы нижнего Амура, который находится между городами Хабаровск и Комсомольск-на-Амуре. Методический прием оценки заключается в расчете и последующем суммировании ежедневной разности расходов воды в двух створах на подъеме паводка с учетом времени добегания между створами. Сток р. Амур во время подъема воды в половодье и в основную волну наводнения в 2013 г. в створе у г. Комсомольск-на-Амуре в течение соответственно 18 и 60 дней был ниже, чем в расположенном выше по течению створе наблюдений у г. Хабаровск. Суммарное значение разницы стока в объеме 10.6 км³ или его «дефицит» в нижележащем створе мы объясняем аккумулярованием воды на прилегающей к участку реки пойме. Величина снижения уровня воды в г. Комсомольск-на-Амуре за счет удержания паводочного стока, рассчитанная по связи расход/уровень за период нахождения воды на пойме, составила 101 см. Сложный процесс заполнения поймы сказался на интенсивности подъема уровней, которая в двух рассматриваемых створах различается. Диапазон ее изменения был выше у г. Комсомольск-на-Амуре, чем у г. Хабаровск. Практически неосвоенная территория поймы р. Амур между городами Хабаровск и Комсомольск-на-Амуре полностью выполнила свою роль по расплыванию паводочной волны и снижению пика паводка не только у г. Комсомольск-на-Амуре, но и ниже по течению.

Ключевые слова: река Амур, паводок, наводнение, расходы воды, время добегания, аккумулирующая емкость поймы

Для цитирования: Горбатенко Л.В. Оценка аккумулирующей емкости поймы реки Амур во время наводнения 2013 г. по данным гидрологических наблюдений // Тихоокеанская география. 2023. № 4. С. 74–81. https://doi.org/10.35735/26870509_2023_16_7. EDN: ULOMYT.

Original article

Assessment of flood storage capacity of the Amur river floodplain in the flood of 2013 with hydrological data

LARISA V. GORBATENKO
Candidate of Geographical Sciences, Research associate

Annotation. Floodplain areas perform various economic, social and environmental functions. The hydrological role of the floodplain, which retains part of the transit flow of a river during floods, is also very important. Based on hydrological observations, the volume of accumulated flood runoff during the 2013 flood was calculated in the most extensive area of the Lower Amur floodplain, which is located between the cities of Khabarovsk and Komsomolsk-on-Amur. The assessment method consists in calculating and subsequently summing the daily difference in water discharges at two hydrological posts at the rise of flooding, considering the water run time between the posts. The Amur River runoff during the rise of two flood waves in 2013 at the city of Komsomolsk-on-Amur, for 18 and 60 days respectively, was lower than the runoff at the observation site near the city of Khabarovsk upstream. The total difference in flow of 10.6 km³ or its “shortage” at the underlying post can be explained by the accumulation of water on the floodplain adjacent to the river. The magnitude of the decrease in the water level at the city of Komsomolsk-on-Amur due to the retention of flood runoff, calculated from the discharge/level relationship for the period when water was on the floodplain, was 101 cm. The complex process of filling the floodplain affected the intensity of the rise in water levels at the two posts, which are differ. The range of its difference was higher at the city of Komsomolsk-on-Amur than at the city of Khabarovsk. The practically undeveloped territory of the Amur River floodplain between the cities of Khabarovsk and Komsomolsk-on-Amur fully fulfilled its role in spreading the flood wave and reducing the peak of the flood not only at the city of Komsomolsk-on-Amur, but also at downstream.

Keywords: Amur River, flood, water discharge, water lag time, water capacity of floodplain

For citation: Gorbatenko L.V. Assessment of flood storage capacity of the Amur river floodplain in the flood of 2013 with hydrological data. *Pacific Geography*. 2023;(4):74-81. (In Russ.). https://doi.org/10.35735/26870509_2023_16_7.

Введение

Поймы рек, представляющие собой часть дна долины, приподнятую над межнным уровнем воды в реке и периодически затапливаемую [1], выполняют хозяйственные, социальные и экологические функции. Территории пойм – это наиболее удобные места для заселения человеком, размещения промышленных объектов и транспортной инфраструктуры, сельскохозяйственного производства. Очень важна и гидрологическая роль поймы, удерживающей часть транзитного стока реки во время паводков. Пойменные массивы, аккумулируя огромные объемы воды, трансформируют паводочную волну и снижают высоту паводка [2]. Аккумулирующая способность поймы зависит не только от мощности гидрологического события, но и от строения поймы. Указанная способность поймы по снижению объемов паводочного стока играет определенную роль в смягчении разрушительных последствий наводнений для населенных пунктов, расположенных ниже по течению реки. Таким образом, поймы играют большую роль в управлении рисками наводнений.

В бассейне р. Амур, значительная часть территории которого расположена в зоне муссонного климата, реки имеют преимущественно дождевое питание. Его доля в объеме годового стока для отдельных водотоков составляет до 85 %. Осадки теплого периода в зависимости от степени предшествующего увлажнения могут формировать на реках бассейна мощные дождевые паводки, сопровождающиеся наводнениями [3]. Для рек бассейна, где наводнения являются одной из серьезных природных опасностей, оценка противопаводочной роли поймы является актуальной задачей.

В полной мере это продемонстрировало катастрофическое и самое выдающееся за весь период наблюдений наводнение 2013 г., охватившее значительные территории бассейна реки как в РФ, так и в КНР. Это событие было вызвано уникальной синоптической обстановкой, вызвавшей обильные осадки в июле–августе над обширной территорией

бассейна; высокой предшествующей водностью, сопровождавшейся значительной насыщенностью почвогрунтов водой на огромных территориях; наложением паводков на притоках реки на основную его волну на главном русле; нарушением пропускной способности русел рек бассейна; защитными дамбами и др. [4–9].

Самые общие закономерности движения паводочной волны в главном русле р. Амур были установлены еще в начале 1970-х гг. Было показано, что формирующаяся в верхнем и среднем течении паводочная волна в нижнем течении теряет интенсивность подъема и спада и благодаря большим размерам реки, широкой пойме, сложенной в основном песчаными отложениями, расплывается. На затопление озер, пойменных отложений и самой поймы расходуется до 15 % паводочных расходов воды [10]. При этом аккумулирующая функция поймы р. Амур изучена недостаточно.

Целью исследования является определение аккумулирующей емкости поймы р. Амур на участке главного русла реки от г. Хабаровск до г. Комсомольск-на-Амуре и ее вклада в снижение уровня воды во время наводнения 2013 г.

Материалы и методы

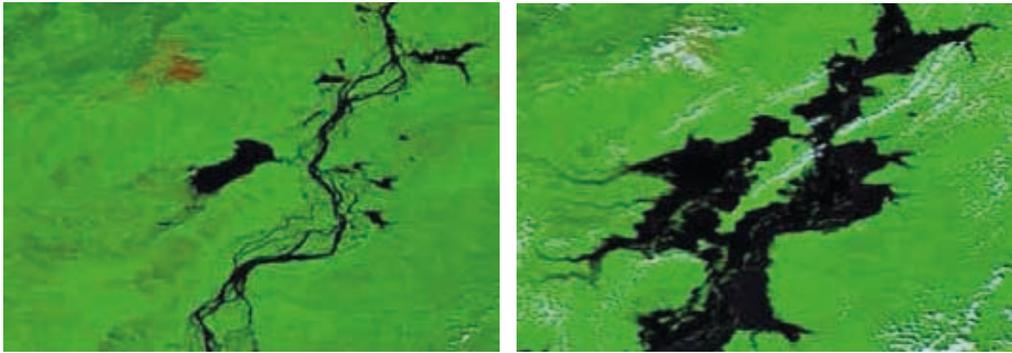
Работа основана на данных государственного Водного реестра о среднесуточных и ежедневных расходах и уровнях воды р. Амур в створах наблюдений за стоком у г. Хабаровск и г. Комсомольск-на-Амуре, расположенных друг от друга на расстоянии 352 км. Для определения противопаводочной емкости поймы применялся методический прием, изложенный в [11], который заключается в определении дефицитов стока. Рассчитывалась ежедневная разница расходов воды в исследуемых верхнем (г. Хабаровск) и нижнем (г. Комсомольск-на-Амуре) створах наблюдений во время растянутого половодья и основного паводка с учетом времени добегания между ними. Само время добегания определялось отдельно для периода половодья и для основной волны паводка, оно составило соответственно 7 и 9 дней. Общий объем аккумулированных поймой паводочных вод представляет собой сумму ежедневных дефицитов стока. Степень снижения уровня воды в створе наблюдений у г. Комсомольск-на-Амуре оценивалась по связи расход/уровень за период нахождения воды на пойме. Использовались статистические методы обработки данных.

Результаты и обсуждение

Пойма р. Амур в нижней части бассейна имеет сложное строение [12]. Отмечается общий слабый наклон поверхности поймы от русла реки к тыловой ее части. Для участка поймы от г. Хабаровск до г. Комсомольск-на-Амуре характерны многорукавность, скопления довольно крупных озер по периферии. Боковая приточность на этом участке незначительна, в главное русло впадает всего несколько притоков. Левые притоки: р. Симми длиной 94 км и площадью водосбора 5450 км², впадающая в оз. Килтасин, соединяющееся с оз. Болонь, а также р. Харпи длиной 220 км и площадью водосбора 5470 км², впадающая в оз. Болонь, сообщающееся с р. Амур двумя протоками – Сий и Серебряная; правые притоки более крупные: р. Анюй (393 км и 12 700 км²), р. Гур, впадающая в Хунгарийскую протоку р. Амур (349 км и 11 800 км²), и др.

В 2013 г. во время наводнения средняя ширина зоны затопления поймы на участке от г. Хабаровск до г. Комсомольск-на-Амуре была максимальной за период наблюдений для всего главного русла р. Амур и составила 26,8 км [13]. В основном во время наводнения затоплены были левобережные участки поймы реки. В частности, сильному затоплению подверглась территория поймы, прилегающей к оз. Болонь (рис. 1).

На различных участках рассматриваемого фрагмента поймы главного русла р. Амур вода на ней находилась более 4 или 5 месяцев с небольшими перерывами в 2–3 неде-



а

б

Рис. 1. Фрагмент поймы нижнего Амура у оз. Болонь. Состояние 17.08.2012 (а) и 02.09.2013 (б). Источник: [14]

Fig. 1. The lower Amur River floodplain at the Bolon Lake, 17.08.2012 (a) and 02.09.2013 (б). Source: [14]

ли, разделяющими первую (растянутое половодье) и вторую волну паводка, начавшуюся в первой декаде (г. Хабаровск) и середине (г. Комсомольск-на-Амуре) июля (см. табл., рис. 2).

Характеристики уровней воды в пунктах наблюдений на главном русле р. Амур во время наводнения 2013 г.
 Characteristics of water levels at observation points on the main channel of the Amur River during the flood in 2013

Пункт наблюдений	Расстояние от устья, км	Дата максимального уровня воды	Максимальный уровень, см	Уровень выхода воды на пойму, см	Максимальное превышение уровня выхода воды на пойму, см	Продолжительность воды на пойме, дни*
Г. Хабаровск	966	3, 4.09	807	300	507	146/96
С. Елабуга	875	5.09	756	300	456	174/102
С. Троицкое	770	9.09	610	250	360	137/92
С. Малмыж	707	12.09	792	270	522	162/98
Г. Комсомольск-на-Амуре	614	12.09	911	300	611	159/95

* Всего дней/в основную волну паводка.

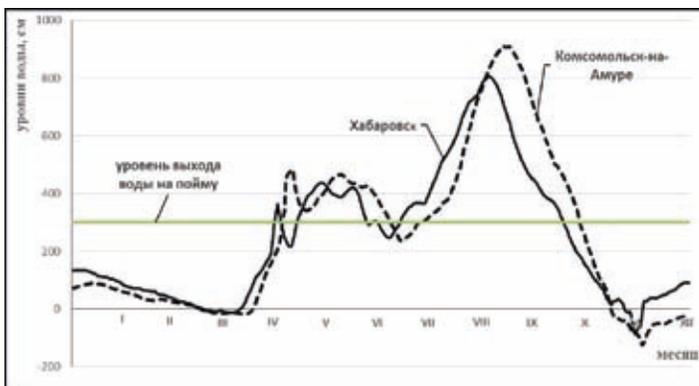


Рис. 2. Календарный ход уровней воды в створах наблюдений у г. Хабаровск и г. Комсомольск-на-Амуре в 2013 г.

Fig. 2. Calendar variation of water levels at observation sites near Khabarovsk and Komsomolsk-on-Amur in 2013

Во время половодья максимальные суточные расходы воды наблюдались у г. Хабаровск 4 мая, у г. Комсомольск-на-Амуре 11 мая, абсолютные их величины составляли 15,8 и 23,7 тыс. м³/с соответственно. Уровень выхода воды на пойму у г. Хабаровск был превышен в периоды: 30 апреля – 4 мая, 14 мая – 23 июня и 27–30 июня; у г. Комсомольск-на-Амуре с 5 мая по 7 июля.

Во вторую, основную, волну паводка на его пике среднесуточный расход воды р. Амур у г. Хабаровск составил 46 тыс. м³/с, он наблюдался 3 и 4 сентября; а у г. Комсомольск-на-Амуре – 43,2 тыс. м³/с 12 сентября. Уровень выхода воды на пойму у г. Хабаровск был превышен в период 14 июля – 17 октября; у г. Комсомольск-на-Амуре – с 25 июля по 27 октября.

В половодье максимальные расходы воды наблюдались у г. Хабаровск 4-го, а у г. Комсомольск-на-Амуре 11 мая, абсолютные величины составляли 15800 и 23700 м³/с соответственно (время добегания 7 дней). Дефициты стока во время растянутого половодья в створе у г. Комсомольск-на-Амуре наблюдались в периоды: 29 апреля – 4 мая, 28 мая – 3 июня и 20–24 июня, всего 18 дней, их максимальная величина составила 650 м³/с (3 мая). Объем дефицитов, рассчитанный по среднему расходу воды за этот период (355 м³/с), составил 0,5 км³. В основную волну паводка в период 24 июля – 21 сентября (60 дней) величина дефицитов в среднем составила 1953 м³/с, общий объем стока 10,1 км³. Максимальная величина дефицитов стока наблюдалась 17 и 18 августа (3800 м³/с) за 16 дней до пикового значения расхода воды (рис. 3).

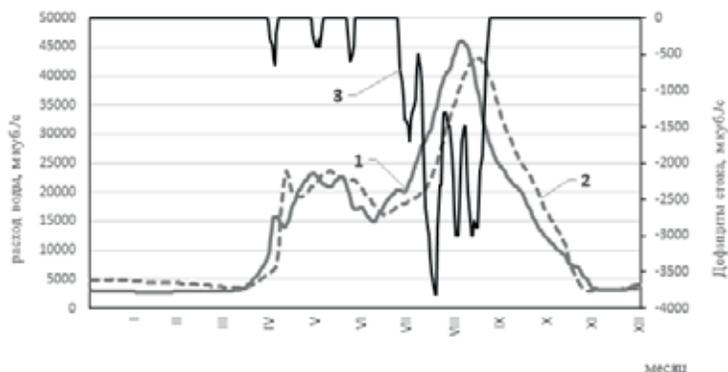


Рис. 3. Динамика расходов воды у г. Хабаровск (1) и г. Комсомольск-на-Амуре (2) и дефициты стока (3) с учетом времени добегания в створах наблюдений в 2013 г.

Fig. 3. Dynamics of water flows near Khabarovsk (1) and Komsomolsk-on-Amur (2) cities and runoff deficits (3) taking into account the water run time between observation sites in 2013

Интенсивность подъема и спада уровней воды у г. Хабаровск и г. Комсомольск-на-Амуре различалась. Диапазон ее изменения у г. Комсомольск-на-Амуре (1–33 см/сутки) был выше, чем у г. Хабаровск (0–18 см/сутки). У г. Комсомольск-на-Амуре интенсивность подъема значительно увеличилась с 12 августа, когда вода находилась на пойме уже 19 дней, и достигла максимального значения 19 августа, на следующий день после наибольших дефицитов стока, и далее снижалась. На спаде паводка интенсивность снижения уровня в рассматриваемых створах изменялась в пределах 2–23 и 0–26 см в сутки соответственно. При этом у г. Комсомольск-на-Амуре величина спада была максимальной перед окончательным уходом воды с поймы.

Характер заполнения водой рассматриваемого участка поймы и ее освобождения, связь динамики расходов воды в двух описываемых створах наблюдений указывают на сложный процесс формирования стока на этом участке и не менее сложное строение самой поймы. «Петли» этой связи сформированы стоком в мае–июле, когда происходило

заполнение поймы на участке между рассматриваемыми створами во время половодья, а также во время непродолжительного отсутствия воды на ней перед подходом основной волны. С августа основная петля связи отражает подъем и спад уровней во время основной фазы наводнения (рис. 4).

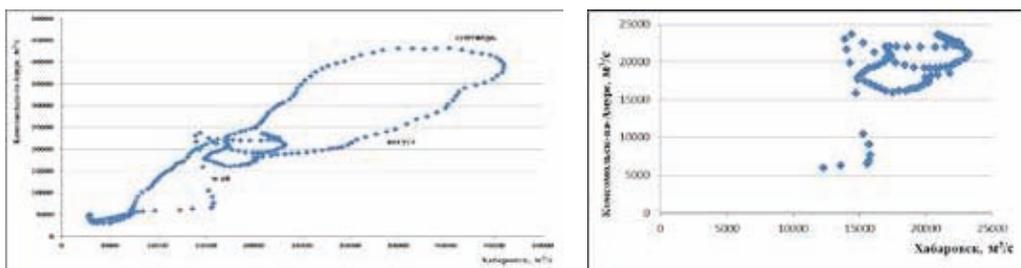


Рис. 4. Связь расходов воды в створах г. Хабаровск и г. Комсомольск-на-Амуре: (а) – весь 2013 г.; (б) – с мая по июль 2013 г.

Fig. 4. Dependence of water flows in the sections of Khabarovsk and Komsomolsk-on-Amur cities: (a) – the whole of 2013; (b) – from May to July of 2013

Степень снижения уровня воды р. Амур у г. Комсомольск-на-Амуре рассчитывалась по линейному регрессионному уравнению связи расход/уровень за период нахождения воды на пойме: $y = 40.22x + 5303$, где x – уровень воды, см; y – расход воды, м³/с. Принимался в расчет фактический расход воды на дату пика паводка с поправкой на величину дефицита стока. За счет регулирующей емкости поймы максимальный уровень воды в данном створе был снижен как минимум на 101 см.

За 95 дней нахождения воды на пойме средний ее расход у г. Комсомольск-на-Амуре составлял 29 226 м³/с, общий сток за это время – 240 км³. Доля аккумулированного поймой на момент ее максимального затопления стока согласно расчетам составила менее 5 % от этого объема.

Следует понимать, что данная оценка удерживающей емкости поймы и соответственно степени снижения уровней воды в створе у г. Комсомольск-на-Амуре не учитывает неточностей при измерении расходов воды, а также множества процессов, связанных, например, с характером выпадения осадков во время подъема паводочной волны, просачиванием воды в почву и нижележащие горизонты, ее испарения и др.

Выводы

На рассматриваемом участке широкой поймы между городами Хабаровск и Комсомольск-на-Амуре доля аккумулированного во время наводнения 2013 г. стока, рассчитанная по его «дефицитам», составила 10.6 км³. За счет удерживающей роли поймы на этом участке уровень воды у г. Комсомольск-на-Амуре был снижен на 101 см. Данный способ оценки является в определенной степени приближенным, т.к. не учитывает всех процессов на водосборном участке между створами во время заполнения поймы водой. Эти процессы зависят от множества факторов, определяющих свойства потока воды: морфометрических характеристик, растительности и др.

Территория поймы р. Амур между городами Хабаровск и Комсомольск-на-Амуре огромна и является практически не освоенной, поэтому полностью выполнила свою роль по распластыванию паводочной волны и снижению пика паводка не только в г. Комсомольск-на-Амуре, но и ниже по течению в таких населенных пунктах, как с. Нижнетамбовское, с. Циммермановка, с. Богородское, с. Тахта, г. Николаевск-на-Амуре и др. В дальнейшем представляет интерес проведение подобных оценок для участка р. Амур

от г. Комсомольск-на-Амуре до с. Богородское. К сожалению, оценить влияние поймы на гидрологические характеристики паводка 2013 г. для всего главного русла реки невозможно, т.к. расходы воды измеряются только в нескольких створах на нижнем Амуре, т.е. за пределами трансграничного участка.

Литература

1. Рычагов Г.И. Геоморфология. М.: Юрайт, 2018. 396 с.
2. Ким В.И., Махинов А.Н., Дугаева Я.Ю., Юнг К. Регулирующая роль поймы Амура в трансформации паводочной волны // Природные опасности, современные экологические риски и устойчивость экосистем: Материалы Всерос. конф. Хабаровск: Омега-Пресс, 2018. С. 205–208.
3. Болгов М.В., Алексеевский Н.И., Гарцман Б.И., Георгиевский В.Ю., Дугина И.О., Ким В.И., Махинов А.Н., Шалыгин А.Л. Экстремальное наводнение в бассейне Амура в 2013 году: анализ формирования, оценки и рекомендации // География и природные ресурсы. 2015. № 3. С. 17–26.
4. Семенов Е.К., Соколикхина Н.Н., Татаринovich Е.В. Тудрий К.О. Синоптические условия формирования катастрофического наводнения на Амуре в 2013 г. // Метеорология и гидрология. 2014. № 8. С. 25–34.
5. Шалыгин А.Л., Дугина И.О. Катастрофическое наводнение 2013 года в бассейне Амура: причины, особенности, последствия. Экстремальные паводки в бассейне Амура: гидрологические аспекты / Сб. работ по гидрологии / под ред. В.Ю. Георгиевского. ФГБУ «ГТИ»; ООО «ЭсПэХа», 2015. С. 21–35
6. Гарцман Б.И., Мезенцева Л.И., Меновщикова Т.С., Попова Н.Ю., Соколов О.В. Условия формирования экстремально высокой водности рек Приморья в осенне-зимний период 2012 года // Метеорология и гидрология. 2014. № 4. С. 77–92.
7. Данилов-Данильян В.И., Гельфан А.Н., Мотовилов Ю.Г., Калугин А.С. Катастрофическое наводнение 2013 года в бассейне реки Амур: условия формирования, оценка повторяемости, результаты моделирования // Водные ресурсы. 2014. Т. 41, № 2. С. 111–122;
8. Махинов А.Н., Ким В.И., Воронов Б.А. Наводнение в бассейне Амура 2013 года: причины и последствия // Вестник ДВО РАН. 2014. № 2. С. 5–14;
9. Бортин Н.Н., Милаев В.С. Исследование многолетней динамики и схема сверхдолгосрочного прогноза наводнений на реке Амур // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2014. № 4. С. 45–59.
10. Мордовин А.М. Факторы перераспределения паводочного стока нижнего Амура // Вопросы географии Дальнего Востока. Сб. 13. Природные воды Дальнего Востока. Владивосток: Полиграф. комбинат Приморского крайисполкома. 1973. С. 60–68.
11. A. Škute, D. Gruberts, J. Soms and J. Paidere. Ecological and hydrological functions of the biggest natural floodplain in Latvia // *Ecohydrology & Hydrobiology*. 2015. Vol. 8 (2-4). P. 291–306.
12. Махинов А.Н. Современное рельефообразование в условиях аллювиальной аккумуляции. Владивосток: Дальнаука, 2006. 232 с.
13. Егидарев Е.Г., Горбатенко Л.В., Тоняткин Д.Г. Оценка зоны затопления поймы реки Амур в 2013 г. на основе данных космического мониторинга // Вестник ДВО РАН. 2021. № 6. С. 56–63.
14. Мы и амурские наводнения: невыученный урок? / под ред. А.В. Шаликовского. М.: Полиграф Медиа Групп, 2016. 216 с.

References

1. Rychagov, G.I. Geomorphology. Urait: Moscow, Russia, 2018; 396 p. (In Russian)
2. Kim, V.I.; Makhinov, A.N.; Dugaeva, Ya.U.; Jung, K. Regulating role of Amur River floodplain in the transformation of the flood wave. In *Natural hazards, modern environmental risks and ecosystem resilience*. «Omega-Press»: Khabarovsk, Russia, 2018, 205-208. (In Russian)
3. Bolgov, M.V.; Alekseevskiy, N.I.; Gartsman, B.I.; Georgievskiy, V.Y.; Shalygin, A.L.; Dugina, I.O.; Kim, V.I.; Makhinov, A.N. The 2013 extreme flood within the Amur basin: analysis of flood formation, assessments and recommendations. *Geography and natural resources*. 2015, 36(3), 225-233. (In Russian)
4. Semenov, E.K.; Sokolikhina, N.N.; Tatarinovich, E.V.; Tudrii, K.O. Synoptic conditions of the formation of a catastrophic flood on the Amur River in 2013. *Russian Meteorology and Hydrology*. 2014, 8, 25-34. (In Russian)
5. Shalygih, A.L.; Dugina, I.O. Catastrophic 2013 flood in the Amur River basin: causes, features and consequences. In *Extreme flood in the Amur River basin: hydrological aspects*. Papers on hydrology / Ed. by V.Yu. Georgievsky. FSABI “SHI”: St. Petersburg, Russia, 2015, 21-35. (In Russian)
6. Gartsman, B.I.; Mezentseva, L.I.; Menovshchikova, T.S.; Popova, N.Yu.; Sokolov, O.V. Conditions of generation of extremely high water content of Primorye rivers in Autumn 2012. *Russian Meteorology and Hydrology*. 2014, 4, 77-92. (In Russian)
7. Danilov-Danilyan, V.I.; Gelfan, A.N.; Motovilov Yu.G.; Kalugin, A.S. Disastrous flood of 2013 in the Amur basin: Genesis, recurrence assessment, simulation results. *Water Resources*. 2014, 41(2), 115-125. (In Russian)

8. Makhinov, A.N.; Kim, V.I.; Voronov, B.A. Floods in the Amur Basin in 2013: causes and consequences. *Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2014, 2, 5-14. (In Russian)
9. Bortin, N.N.; Milaev, V.S. Исследование многолетней динамики и схема сверхдолгосрочного прогноза наводнений на реке Амур *Water sector of Russia: problems, technologies, management*. 2014, 4, 45-59. (in Russian)
10. Mordovin, A.M. Factors of redistribution of flood flow of the Lower Amur. *Issues of geography of the Far East. Collected papers 13*. Natural waters of the Far East. Polygraph. plant of mthe Primorsky Regional Executive Committee: Vladivostok, USSR. 1973, 60-68. (In Russian)
11. Škute, A.; Gruberts, D.; Soms, J.; Paidere, J. Paidere. Ecological and hydrological functions of the biggest natural floodplain in Latvia. *Ecohydrology & Hydrobiology*. 2015, 8(2-4), 291-306.
12. Makhinov, A.N. Present relief formation in the condition of alluvial accumulation. Dalnauka: Vladivostok, Russia, 2006; 232 p. (In Russian)
13. Egidarev E.G., Gorbatenko L.V., Tyunyatkin D.G. Assessment of the fooded zone of the Amur River foodplain in 2013 based on space monitoring data. *Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2021, 6, 56-63. (In Russian)
14. We and the Amur Floods: Lessons (Un)Learned? / Ed. by A.V. Shalikovskiy. «Poligraf Media Groop»: Moscow, Russia, 2016; 216 p. (In Russian)

Статья поступила в редакцию 15.08.2023; одобрена после рецензирования 16.10.2023; принята к публикации 24.10.2023.

The article was submitted 15.08.2023; approved after reviewing 16.10.2023; accepted for publication 24.10.2023.



Пространственное моделирование потенциала развития альтернативной энергетики на примере острова Сахалин

Михаил Юрьевич ДЕМИДИОНОВ

аспирант

Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург,
Россия

demidionovforwork@gmail.com

Аннотация. Статья посвящена оценке потенциала размещения на о. Сахалин электростанций для выработки энергии с применением альтернативных источников. Для проведения исследования был разработан алгоритм, который позволяет найти территории, пригодные для размещения ветровых и солнечных электростанций. Работа данного алгоритма производилась с помощью ПО ArcGISPro. Методика включает в себя комплексную оценку территории с использованием физико-географических, экономико-географических, а также ограничительных факторов, выполненную на основе пространственного анализа. В статье показана пошаговая структура работы алгоритма с описанием необходимых инструментов для проведения анализа. В результате были установлены территории, обладающие высоким потенциалом ветровой энергетики (рассчитанной с применением двух методов анализа – с учетом скорости ветра и плотности энергии ветра). Показано, что оба вышеупомянутых метода демонстрируют схожие результаты. Было установлено, что наибольшим потенциалом для размещения предприятий по выработке энергии на основе альтернативных источников обладают территории, расположенные в северо-западной и северо-восточной частях о. Сахалин. Особенно стоит выделить Охинский и Ногликский районы. В южной части острова можно отметить Корсаковский район с его потенциалом. Установлено, что в целом о. Сахалин не обладает достаточными условиями для развития солнечной энергетики, а локальные территории, пригодные для установки PV-панелей, расположены на юге острова. Сделан вывод о том, что удачное географическое положение о. Сахалин в Азиатско-Тихоокеанском регионе в сочетании с имеющимся потенциалом альтернативной энергетики обеспечивают хороший уровень инвестиционной привлекательности данного региона России, а развитие данного направления на Сахалине может быть одним из первых шагов в появлении «водородного» кластера на Дальнем Востоке.

Ключевые слова: пространственное моделирование, альтернативная энергетика, зеленый водород, Сахалин, ГИС

Для цитирования: Демидионов М.Ю. Пространственное моделирование потенциала развития альтернативной энергетики на примере острова Сахалин // Тихоокеанская география. 2023. № 4. С. 82–92. https://doi.org/10.35735/26870509_2023_16_8. EDN: PDZYFQ.

Spatial modeling of the potential for alternative energy development on the example of Sakhalin Island

Mikhail Yu. DEMIDIONOV
Postgraduate
Herzen University, Saint-Petersburg, Russia
demidionovforwork@gmail.com

Abstract. The article is devoted to assessing the potential of placing power plants on Sakhalin for generating energy using alternative sources. Since the developed countries of the world (including Russia) have created their own concepts for the development of hydrogen energy, the topic of research in this area has a high degree of relevance. Alternative energy sources are an important factor for the production of green hydrogen – the most environmentally friendly variety of this type of fuel. Sakhalin can become a good platform for the production and subsequent export of green hydrogen. To conduct the study, an algorithm that allows to find territories suitable for hosting wind and solar power plants (one of the most popular types of alternative energy sources nowadays), was developed. This algorithm was verified on the basis of the ArcGIS Pro software. The article shows a step-by-step structure of the algorithm with a description of the necessary tools for analysis. ArcGIS Pro has all the necessary tools, but the work can be done in similar programs too, for example using QGIS. The methodology includes a comprehensive assessment of the territory using physical-geographical and economic-geographical factors, as well as restrictive zones, performed on the basis of spatial analysis. As a result, territories with a high potential of wind energy were identified (calculated using two methods of analysis – from wind speed and wind power density). Using correlation analysis, it was shown that both of the above methods demonstrate similar results. As a result of the study, it was found that the territories located in the north-western and north-eastern parts of Sakhalin have the greatest potential for placing energy production enterprises based on alternative sources. It is especially worth highlighting the Okhinsky and Nogliksky districts. At the southern portion of the island, one can note the potential of the Korsakov District. It has been found that Sakhalin does not have a significant predisposition to the development of solar energy, and that local territories suitable for the installation of PV panels are located in the south of the island. Taking into account the growing interest of Asian countries (China, India) in the imports of Russian resources, it is concluded that the successful geographical location of Sakhalin in the Asia-Pacific region, coupled with the calculated potential of alternative energy, provides a good level of investment attractiveness of this region of Russia. The development of this direction on Sakhalin may be one of the first steps in the emergence of the “hydrogen” cluster in the Far East.

Keywords: spatial analysis, alternative energy, green hydrogen, Sakhalin, GIS

For citation: Demidionov M. Yu. Spatial modeling of the potential for alternative energy development on the example of Sakhalin Island. *Pacific Geography*. 2023;(4):82-92. (In Russ.). https://doi.org/10.35735/26870509_2023_16_8.

Введение

В XXI в. взгляды мирового сообщества сконцентрировались на такой важной и актуальной проблеме как загрязнение окружающей среды. В связи с этим все чаще звучат призывы к достижению «углеродной нейтральности» и разрабатываются меры по снижению нагрузки на атмосферу и гидросферу. Несмотря на планы Правительства РФ пересмотреть стратегию низкоуглеродного развития на фоне ограничения доступа страны к соответствующим технологиям Запада, оно не игнорирует климатическую повестку и не стремится выйти из Парижского соглашения по климату, действующего с 2016 г. и направленного на сокращение глобальных выбросов парниковых газов.

Альтернативная энергетика является одним из краеугольных камней, на котором может и должно строиться безуглеродное будущее человечества. Одним из направлений ее применения является производство зеленого водорода, еще одного ключевого энергоносителя, на развитие потенциала которого направлены большие ресурсы многих стран мира. Ряд государств (в том числе и Россия) разработали свои стратегии по развитию водородной энергетики [1, 2]. Страной-пионером стала Япония, чья программа увидела свет в 2017 г., однако так как это событие случилось не так давно, можно утверждать, что исследования в данном направлении только начались и ждать серьезных результатов в ближайшие годы не стоит [3]. Этот вывод подтверждается и тем фактом, что большая часть стратегий составлена на период до 2050 г.

Ключевой проблемой, тормозящей процесс развития водородной энергетики, является дороговизна доставки водорода как между странами, так и до конечного потребителя. Многие стратегии ориентированы на то, что в связи с высокой скоростью развития современных технологий стоимость транспортировки со временем упадет, что приведет к ситуации, при которой торговля водородным топливом станет выгодной. Другой проблемой является вопрос размещения производства. Особенно остро он стоит для «зеленого» водорода, что объясняется необходимостью применения для процесса электролиза энергии, полученной за счет альтернативных источников (в первую очередь ветровых и солнечных станций) [4]. Одним из факторов успешного решения данной проблемы может стать использование географического подхода. Он позволит связать между собой различные стадии реализации проекта – от учета физико-географических условий размещения до конечного продукта экспорта.

В данном исследовании проведена оценка потенциала развития альтернативной энергетики (и как следствие – «зеленого» водорода) о. Сахалин. В связи с тем что одной из целей, поставленных правительством в вышеупомянутой стратегии [2], являлось занятие 20 % рынка экспорта водорода, при выборе мест производства важно учитывать такой благоприятный фактор, как близость к импортеру. Поскольку существуют торговые отношения РФ с Китаем и Индией, в том числе в рамках БРИКС, восточные территории страны могут стать удобным полигоном для становления водородного кластера России. Одной из ключевых точек может стать и о. Сахалин, который обладает не только физико-географическими преимуществами, но и экономическим потенциалом за счет расположения в Азиатско-Тихоокеанском регионе, а также наличия портов, которые с учетом дополнительных инвестиций могут быть модернизированы для торговли сжиженным водородом.

Целью данного исследования является оценка пригодности и потенциала территории о. Сахалин для размещения предприятий по производству «зеленого» водорода. Для достижения поставленной цели были изучены уже имеющиеся алгоритмы по оценке потенциала территории для размещения исследуемых производств; разработана модель оценки; подготовлены и обработаны необходимые данные (векторные и растровые) для анализа, а также подобран необходимый геоинформационный инструментарий; произведены тестовые запуски и финальный расчет для созданной модели; выделены наиболее перспективные территории.

Материалы и методы

Для оценки потенциала развития альтернативной энергетики о. Сахалин были выбраны два источника энергии – ветровой и солнечный. Факторы, учитываемые при расчетах, были подразделены на 3 группы: физико-географические (скорость ветра; суммарная солнечная радиация, включающая в себя прямую и рассеянную; высота поверхности над уровнем моря; уклон поверхности и экспозиция склона), экономико-географические (расстояние до важных инфраструктурных объектов, таких как железные дороги, линии электропередач, населенные пункты, а также порты) и ограничительные, например особо охраняемые природные территории, буферные зоны городов (для ВЭС).

На первом этапе были проведены расчеты для ветровой энергетики, затем для солнечной. Для получения итоговых результатов был применен алгоритм взвешенной суммы, который учитывал потенциалы обоих видов энергетики. Данные по скорости ветра были получены благодаря порталу Global Wind Atlas [5]. Важно отметить, что оценка ветровых показателей проводилась с учетом трех вариантов высоты самих ветроэлектрических установок (50, 100 и 150 м над поверхностью). Кроме того, в данной работе не учитывались технические характеристики самих «ветряков», такие как диаметр ротора и установленная мощность, т.к. несмотря на то, что вышеупомянутые показатели существенно влияют на эффективность выработки электроэнергии, в основе выбора тех или иных технических особенностей станции не лежит пространственный подход. Основой данного исследования является разработанный алгоритм модели пространственного анализа (рис. 1). С применением данной схемы возможно проводить расчеты для различных территорий, однако она может быть дополнена в первую очередь для учета экономико-географических различий. Подобные алгоритмы применялись в ряде научных работ по схожей тематике. При этом географический подход к проблеме позволяет производить оценку потенциала территории в различных масштабах. К примеру, египетские авторы Н. Effat и А. El-Zeiny в своей статье [6] описывают исследование потенциала альтернативной энергетики для территории мухафазы Асьют (Египет); в работе С. Groenewegen [7] подвергнута анализу территория европейского континента вместе со средиземноморским сектором Африки. При разработке алгоритма был учтен опыт предшественников, но данная схема воплощает в себе более комплексный подход (рис. 1).

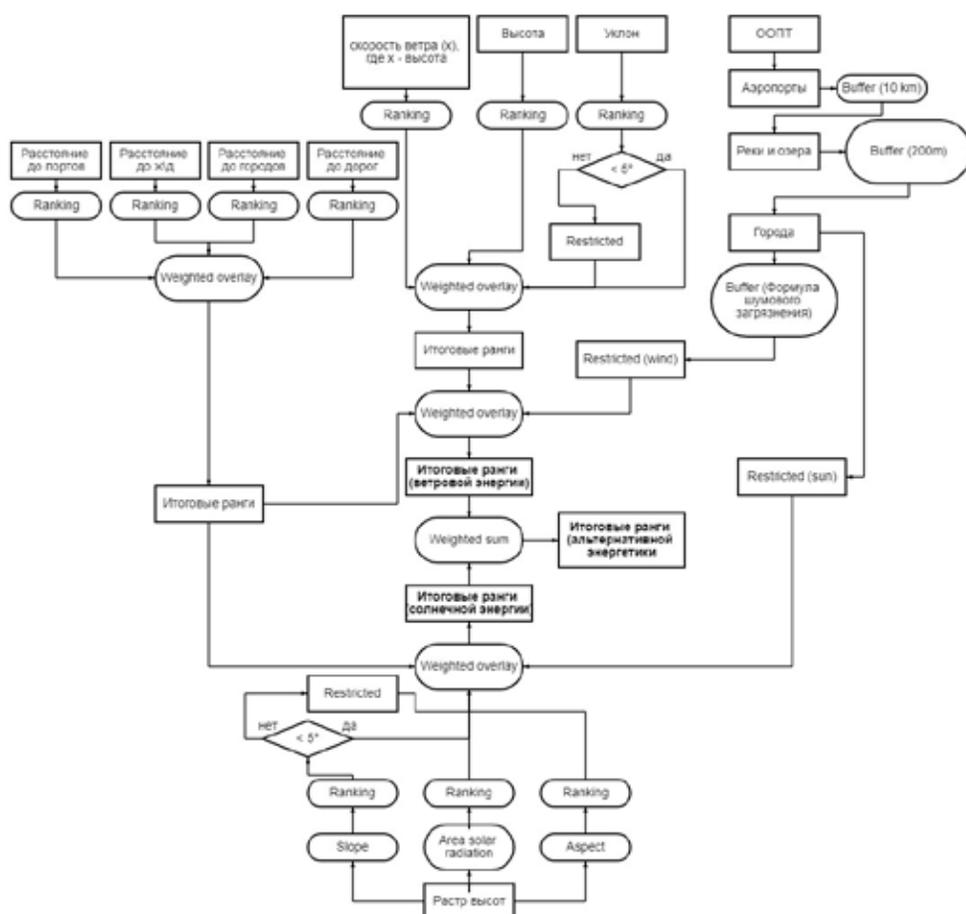


Рис. 1. Алгоритм модели пространственного анализа потенциала альтернативной энергетики о. Сахалин

Fig. 1. The model algorithm of spatial analysis of the potential Sakhalin alternative energy

Потенциальным дополнением для алгоритма может стать схема для анализа вероятного импорта энергоресурсов, как разработанная независимо (к примеру, на основе теории графов), так и на основе модели Хаффа (Huff model).

Моделирование потенциала ветроэнергетики. Для проведения расчетов учитываемые показатели были преобразованы в ранговую систему. Скорость ветра была классифицирована начиная с 4.5 м/с, т.к. более низкие показатели не считаются достаточно эффективными для коммерческого использования [8]. Более тонких настроек требуют показатели высоты местности. С одной стороны, более высокие территории имеют повышенную эффективность в связи с более стабильной скоростью ветра и меньшей турбулентностью. С другой стороны, необходимо учитывать плотность воздуха, которая с набором высоты, наоборот, уменьшается, что влияет на плотность энергии самого ветра. В результате было принято решение провести расчет относительно как скорости ветра, так и плотности энергии ветра в связи с тем, что последний фактор учитывает плотность воздуха на разной высоте.

Данные рельефа были взяты с цифровой модели рельефа SRTM (NASA Shuttle Radar Topography Mission), и преобразованы в систему координат WGS 84/ UTM Zone 54 (ESPG: 32654). Вышеупомянутая система была применена и для данных по скорости ветра. Высота над уровнем моря была ранжирована аналогично скорости ветра (табл. 1).

Таблица 1

Ранговая система показателей скорости ветра, высоты над уровнем моря и плотности энергии ветра

Table 1. Ranking of wind speed, elevation and WPD

Ранг	Скорость ветра, м/с	Высота над уровнем моря, м	Плотность энергии ветра (WPD)
1	4.5–5.4(9)	0–199	0–19.(9)
2	5.5–6.4(9)	200–399	20–59.(9)
3	6.5–7.4(9)	400–599	60–99.(9)
4	7.5–8.4(9)	600–799	100–134.(9)
5	8.5–9.4(9)	800–999	135–180.(9)
6	9.5–10.4(9)	1000–1199	181–238.(9)
7	10.5–11.4(9)	1200–1399	239–380.(9)
8	11.5–12.4(9)	>1400	381–659.(9)
9	>12.5	–	>660

Показатели плотности энергии ветра рассчитывались по методу, описанному Т. Hughes (университет Оклахомы) [9]. Данный метод регулярно применяется в рамках расчетов потенциала размещения ВЭС [6]. На первом этапе находилась плотность воздуха:

$$\rho = 1.225 - (1.194 * 10^{-4}) * z, \quad (1)$$

где ρ – плотность воздуха, кг/м³; z – высота над уровнем моря, м.

Затем с учетом полученных данных была рассчитана искомая плотность энергии:

$$WPD = 0.5 * K * \rho * V^3, \quad (2)$$

где WPD – плотность энергии ветра; $K = 1.91$; V – средняя скорость ветра, м/с.

Плотность энергии была классифицирована по рангам согласно методу оптимизации Дженкса (см. табл. 1). Данный подход был выбран в связи с тем, что он устанавливает границы там, где наиболее ярко проявляются скачки в диапазоне значений, в то же время относит к одному классу наборы данных, чьи показатели не так сильно различаются. Благодаря выбору данного метода можно сократить погрешности, вызванные различиями скорости ветра в разные годы.

После ранжирования ключевых показателей был получен потенциал ветроэнергетики без учета экономико-географических факторов и ограничений. При расчете использовался инструмент взвешенного наложения (weighted overlay), где имелось распределение долей (табл. 2), рассчитанное согласно методу суммы рангов (straight ranksum method) [10].

Таблица 2

Вес показателей при расчете потенциала ветроэнергетики

Table 2. The weight of indicators when calculating the potential of wind power

Показатель	Вес показателя, %	Ранг
Скорость ветра или WPD	50	1
Высота над уровнем моря	33	2
Уклон поверхности	17	3

Важно отметить, что уклон поверхности был классифицирован на 2 ранга – «1» и «0». Последний был присвоен территориям с запретом на постройку объектов ветроэнергетики (restricted). В качестве ограничения деятельности ВЭС были выбраны значения, превышающие 5°, хотя теоретически возможны показатели до 10°, однако в таком случае существенно вырастет стоимость строительства станции [11].

Вторым этапом получения данных по общему потенциалу ветроэнергетики стал расчет экономико-географических факторов размещения ВЭС. В качестве ключевых параметров были выбраны расстояния до крупных населенных пунктов, железных и автомобильных дорог, крупных портов о. Сахалин и линий электропередач. Полученные расстояния были ранжированы, и к полученным значениям был применен уже упомянутый выше метод взвешенного наложения. В данном случае вес распределялся равномерно, по 20 % на каждый параметр.

Третьим шагом стало выявление зон, где деятельность данного вида электростанций невозможна. В данном исследовании при расчете учтены следующие объекты: ООПТ, реки и озера (с учетом буферной зоны, составляющей 200 м), аэропорты (с учетом буферной зоны в 10000 м, в связи с воздушной турбулентностью вызываемой работой ВЭС). Как зоны-ограничения учитывались и населенные пункты, так как работа ВЭС вызывает шумовое загрязнение. Буферная зона в таком случае была рассчитана следующим образом [12]:

$$L_p = L_w - 10 \lg(2\pi R^2) - \alpha R \quad (3)$$

при $R^2 = H^2 + X^2$,

где H – высота турбины, м; X – расстояние до турбины, м; L_p – искомое звуковое давление (dB); L_w – звуковое давление турбины (dB).

Звуковое давление турбины было принято за 100 dB – стандартное значение для ВЭС. По итогам расчетов выяснилось, что несмотря на изначальные различия в показателях шумового загрязнения, для станций с разной высотой турбины с изменением дистанции различия нивелируются (табл. 3) и на расстоянии 1300 м значения достигают показателей, по данным ВОЗ пригодных для здорового сна [12] – 30dB.

Таблица 3

Показатели шумового загрязнения турбины ВЭС на различных расстояниях

Table 3. Indicators of noise pollution of wind turbine at various distances

Высота турбины	Звуковое давление 100 м (dB)	Звуковое давление 500 м (dB)	Звуковое давление 1300 м (dB)
50	50.3	38	29.7
100	47.3	37.8	29.7
150	43.7	37.4	29.6

В результате для населенных пунктов было принято решение установить значение буфера ограничения, равного 1300 м.

Для расчета итогового потенциала размещения «ветряков» растры физико-географических и экономико-географических потенциалов были объединены методом взвешенного наложения. Все территории, относящиеся к категории «ограничения», были

преобразованы в единый векторный слой и использованы как маска для получения итогового растра ВЭС.

Моделирование потенциала солнечной энергетики. Для получения данных по потенциалу солнечной энергетики были рассчитаны значения общего количества поступающей солнечной радиации (прямой и рассеянной). При выполнении данной задачи был применен инструмент Area Solar Radiation (ArcGIS Pro). В связи с тем что обработка ЦМР занимает большое количество времени, исследуемая территория была поделена на прямоугольники с шириной 1°. Данная операция позволила не только облегчить процесс вычисления, но и избежать погрешностей, так как каждой из полученных моделей рельефа задавались свои значения широты. После проведения расчета для каждого из участков они были объединены в общий растр. Погрешность на границах соединения растров составила не более 0.8 %.

Аналогично данным скорости ветра, количество солнечной радиации было ранжировано (табл. 4). Показатели менее 1100 кВт*ч/м² не учитывались, как коммерчески не выгодные.

Таблица 4
Ранговая система показателей суммарной солнечной радиации

Table 4. Ranking of global solar radiation

Ранг	Суммарная солнечная радиация, кВтч/м ²
1	1100–1200
2	1200–1300
3	>1300

В связи с тем что полученные значения говорят о малой пригодности территории к использованию солнечных батарей, присвоенные ранги (1–3) соответствуют аналогичным рангам, присвоенным территориям с малыми показателями скорости ветра.

Дальнейшие этапы алгоритма соответствуют описанным ранее для потенциала ВЭС, за следующими несколькими исключениями.

1. Не использовался буфер шумового загрязнения для населенных пунктов. В данном случае за ограничения были приняты их границы.

2. Вместо значимого для ветровой энергетики показателя высоты над уровнем моря были применены значения экспозиции склона. Учитывая географическое положение о. Сахалин в Северном полушарии, приемлемыми были выбраны склоны с южной, восточной, юго-западной и юго-восточной экспозицией.

3. Значения приемлемого уклона поверхности было увеличено до 10°.

Для создания итоговой растровой карты, учитывающей и ветровой, и солнечный потенциал, использовался инструмент взвешенной суммы (weighted sum). Для анализа итоговых результатов растры были преобразованы в полигоны, для которых была рассчитана геометрия.

Результаты и их обсуждение

В результате было получено несколько массивов данных: потенциал солнечной энергетики, потенциал ветровой энергетики от скорости ветра и от плотности энергии, суммарный потенциал (солнечная и ветровая).

Таблица 5
Итоговые данные по потенциалу солнечной энергетики

Table 5. Summary data on the potential of solar energy

Ранг	Площадь, км ² (доля в общей площади о. Сахалин, %)
0	57627 (79.5 %)
1	2010 (0.29 %)
2	7.3 (0.01 %)

Как было упомянуто выше, полученные значения говорят о малой пригодности территории к активному использованию солнечных батарей (табл. 5). Данный тип электростанций может решать локальные задачи, но его сложно рассматривать в качестве энергоносителя для производства «зеленого» водорода.

Большая часть острова либо непригодна к использованию ввиду указанных выше ограничений, либо имеет нулевой потенциал. Удовлетворяющие условиям для использования солнечных панелей участки сконцентрированы в Корсаковском, Анивском, Невельском и Холмском районах.

Куда большим потенциалом обладает ветровая энергетика острова. Так как расчет производился сразу по 2 методикам, в зависимости от скорости ветра (табл. 6) и от плотности энергии (табл. 7), необходимо вычислить критические различия между выборками.

Таблица 6

Итоговые данные по потенциалу ветровой энергетике от скорости ветра

Table 6. Summary data on the potential of wind energy by wind speed

Высота турбины, м	Площадь, км ² (доля в общем площади о. Сахалин, %)						
	0	1	2	3	4	5	6
50	21046 (29)	8323 (11.5)	11269 (15.5)	1774 (2.4)	21.3 (0.3)	4.5 (<0.01)	1 (<0.01)
100	29699 (41)	3653 (5)	16530 (22.8)	5178 (7.1)	197 (0.3)	5.5 (<0.01)	1.1 (<0.01)
150	30510 (42)	586 (0.8)	12409 (17.1)	12452 (17.2)	466 (0.6)	6.7 (0.01)	1.3 (<0.01)

Таблица 7

Итоговые данные по потенциалу ветровой энергетике от плотности энергии

Table 7. Summary data on the potential of wind energy by WPD

Высота турбины, м	Площадь, км ² (доля в общем площади о. Сахалин, %)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
50	15.8 (0.02)	31163 (42.9)	10023 (13.8)	12418 (17.1)	3281 (4.5)	894 (1.2)	110 (0.15)	13.7 (0.02)	0
100	11.8 (0.02)	30816 (42.5)	1007 (1.4)	6175 (8.5)	11240 (15.5)	6164 (8.5)	2412 (3.3)	29 (0.04)	1.8 (<0.01)
150	11.8 (0.02)	30805 (42.5)	201 (0.3)	1889 (2.6)	4743 (6.5)	9059 (12.5)	10076 (13.9)	1069 (1.5)	2.5 (<0.01)

Корреляционный анализ, проведенный между растрами потенциалов с учетом скорости ветра и плотности энергии, показал, что существенных различий не наблюдается (при 150 м – $r = 0.82$; 100 м – $r = 0.79$; 50 м – $r = 0.64$), следовательно, оба метода демонстрируют схожую точность. Снижения коэффициента в зависимости от уменьшения высоты турбины объясняется увеличивающейся плотностью воздуха.

Все три полученных набора пространственных данных о потенциале размещения альтернативной энергетики свидетельствуют о следующем: наиболее подходящие для размещения электростанций территории расположены в северо-западной и северо-восточной частях острова (рис. 2). В случае моделирования с учетом только скорости ветра это северо-запад Охинского района, территории рядом с г. Оха, а также окрестности зал. Пильтун. По результатам анализа с учетом плотности энергии следует особенно выделить прибрежную часть Ноглинского района, как обладающую наиболее весомым потенциалом. Для обеих моделей можно отметить наличие большого потенциала развития ветровой энергетики в районе оз. Тунайча, где помимо удачного сочетания учитываемых факторов можно отметить близость к крупным портам о. Сахалин, таким как Корсаков, а также к вероятным рынкам сбыта – странам Азиатско-Тихоокеанского региона.

Помимо упомянутых выше территорий стоит выделить и ряд локальных участков, где наблюдаются довольно высокие показатели потенциала, а именно: Поронайский район (его западная часть), запад Томаринского района (около с. Ильинское).

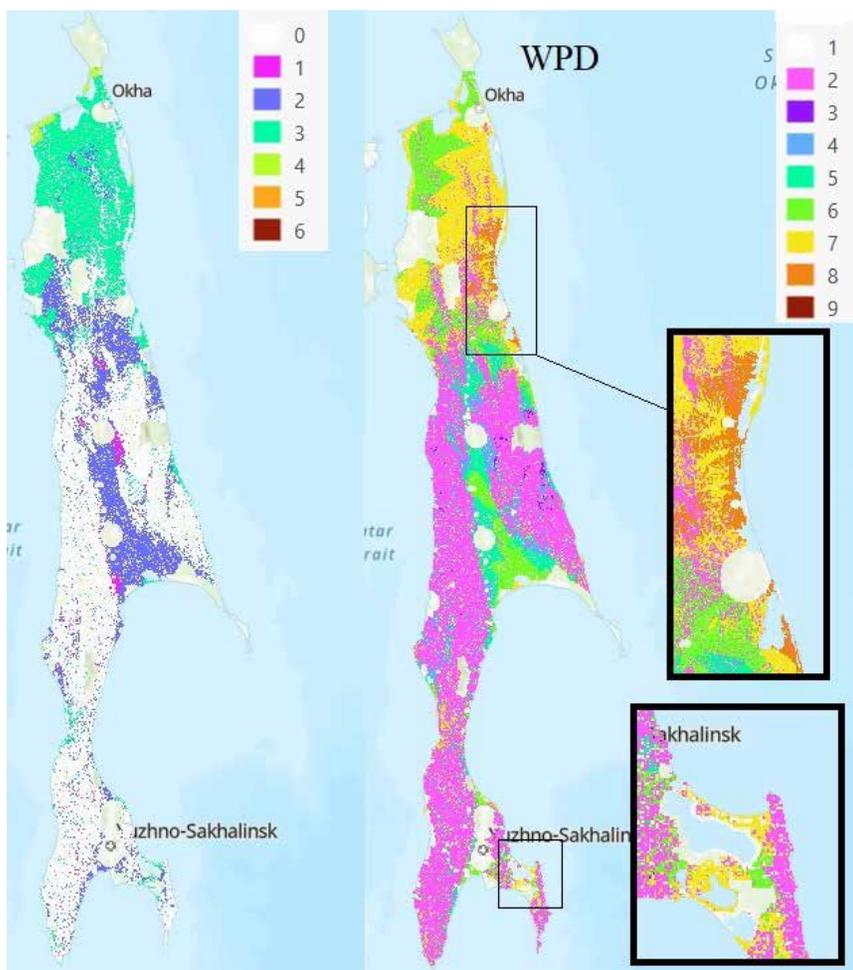


Рис. 2. Растровые карты потенциала размещения объектов альтернативной энергетики, выраженного в рангах от 1 (низкий) до 9 (высокий), по результатам анализа взвешенной суммы. Слева – итоговый потенциал суммы ветровой (высота турбины 150 м, расчет ведется от скорости ветра, значение на карте соответствует полученному рангу) и солнечной энергетики; справа – итоговый потенциал суммы ветровой (высота турбины 150 м, расчет ведется от плотности энергии ветра) и солнечной энергетики

Fig. 2. Raster maps of the placement potential of alternative energy facilities, expressed in ranks from 1 (low) to 9 (high), based on the results of the weighted sum analysis. On the left – the final potential of the sum of wind (turbine height is 150 meters, the calculation is based on wind speed, rankings system) and solar energy, on the right – the final potential of the sum of wind (turbine height is 150 meters, the calculation is based on WPD) and solar energy

Заключение и выводы

В рамках исследования была проведена апробация модели оценки потенциала территории к размещению производств «зеленого» водорода. В результате проведенного анализа можно утверждать, что о. Сахалин имеет достаточный потенциал для развития альтернативной энергетики, мощности которой можно использовать для электролиза при производстве «зеленого» водорода. В первую очередь речь идет об энергии, получаемой с помощью ветра, учитывая не высокий «солнечный» потенциал острова. Помимо размещения наземных ВЭС, можно рассматривать и шельфовые станции, аналогичные британской London Array [13].

Наиболее высоким потенциалом обладают восточные и северо-восточные территории острова. Особенно важно отметить Охинский и Ноглинский районы. Также для размещения производства можно рассматривать и юго-восточные районы, где важным фактором является наличие как крупнейших городов острова, так и портов, имеющих потенциал модернизации.

Важно отметить и выгодное географическое положение о. Сахалин в Азиатско-Тихоокеанском регионе, что может серьезно снизить затраты на транспортировку водородного топлива. Учитывая все более активный поворот РФ в сторону Азии, можно предполагать, что именно страны АТР станут основными импортерами российского сырья. Создание кластера по производству водорода в Дальневосточном регионе может заложить крепкий фундамент для достижения поставленных целей.

Суммируя вышесказанное, можно утверждать, что данный регион имеет достаточный потенциал развития производства «зеленого» водорода, и при необходимом количестве инвестиций это может помочь России сохранить и, возможно, увеличить свою долю на мировом рынке энергоресурсов к середине–концу XXI в.

Литература

1. Patel S. Countries roll out green hydrogen strategies, electrolyzer targets. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.powermag.com/countries-roll-out-green-hydrogen-strategies-electrolyzer-targets/> (дата обращения: 01.02.2023).
2. Правительство Российской Федерации. Распоряжение от 05 августа 2021 № 2161-р. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/5JFns1CDAKqYKzZ0mnRADAw2NqcVsexl.pdf> (дата обращения: 25.01.2023).
3. Iida S., Sakata K. Hydrogen technologies and developments in Japan // *Clean Energy*. 2019. N 3(2). P. 1–9.
4. Министерство науки и высшего образования РФ. Ученые нашли способ получения недорогого «зеленого» водорода. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://minobrnauki.gov.ru/press-center/news/nauka/59513/#:~:text=«Зеленый»%20водород%20получают%20методом%20электролиза,себе%20считается%20самым%20чистым%20топливом> (дата обращения: 01.02.2023).
5. Global Wind Atlas. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://globalwindatlas.info/ru> (дата обращения: 06.01.2023).
6. Effat H., El-Zeiny A. Geospatial modeling for selection of optimum sites for hybrid solar-wind energy in Assiut Governorate, Egypt. // *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. 2020. N 25. P. 627–637.
7. Groenewegen C. GIS-based site suitability analysis for solar and wind to hydrogen potential in Europe and Mediterranean region in 2030 and 2040. Delft University of Technology. 2021. 170 p.
8. Renewables first. How windy does it have to be? [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.renewablesfirst.co.uk/windpower/windpower-learning-centre/how-windy-does-it-have-to-be/> (дата обращения: 06.01.2023).
9. Hughes T. (2000). Calculation of Wind Energy and Power. Lesson Number 1 in an Oklahoma Wind Power Tutorial Series. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.seic.okstate.edu/owpi_old/about/library/lesson1_windedenergycalc.pdf (дата обращения: 06.01.2023).
10. Zelenakova M., Gargar I., Purcz P. Multicriteria analysis in hazards assessment in Libya // *Selected Scientific Papers – Journal of Civil Engineering*. 2012. N 7 (2). P. 59–70.
11. Serwan M.J., Parry T. Developing and applying a GIS-assisted approach to locating wind farms in the UK // *Renewable Energy*. 2001. N 24 (1). P. 59–71.
12. World Health Organization. Noise. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.who.int/europe/news-room/fact-sheets/item/noise> (дата обращения: 06.01.2023).
13. London Array. About London Array. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://londonarray.com/> (дата обращения: 15.01.2023).

References

1. Patel, S. Countries roll out green hydrogen strategies, electrolyzer targets. [Электронный ресурс]. Available online: <https://www.powermag.com/countries-roll-out-green-hydrogen-strategies-electrolyzer-targets/> (accessed on 01 February 2023).
2. Government of the Russian Federation. Order of August 5, 2021 No. 2161-p. Available online: <http://static.government.ru/media/files/5JFns1CDAKqYKzZ0mnRADAw2NqcVsexl.pdf> (accessed on 25 January 2023). (In Russian)

3. Iida, S.; Sakata, K. Hydrogen technologies and developments in Japan. *Clean Energy*. 2018, 3(2), 1-9.
4. Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation. Scientists have found a way to produce inexpensive “green” hydrogen. Available online: <https://minobrnauki.gov.ru/press-center/news/nauka/59513/#:~:text=«Зеленый»%20водород%20получают%20методом%20электролиза,себе%20считается%20самым%20чистым%20топливом>. (accessed on 1 February 2023). (In Russian)
5. Global Wind Atlas. Available online: <https://globalwindatlas.info/ru> (accessed on 6 January 2023).
6. Effat, H.; El-Zeiny, A. Geospatial modeling for selection of optimum sites for hybrid solar-wind energy in Assiut Governorate, Egypt. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. 2020, 25, 627-637.
7. Groenewegen, C. GIS-based site suitability analysis for solar and wind to hydrogen potential in Europe and Mediterranean region in 2030 and 2040. Delft University of Technology. 2021; 170 p.
8. Renewables first. How windy does it have to be? Available online: <https://www.renewablesfirst.co.uk/wind-power/windpower-learning-centre/how-windy-does-it-have-to-be/> (accessed on 6 January 2023).
9. Hughes, T. (2000) Calculation of Wind Energy and Power. Lesson Number 1 in an Oklahoma Wind Power Tutorial Series. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.seic.okstate.edu/owpi_old/about/library/lesson1_windenergycalc.pdf. (дата обращения: 06.01.2023).
10. Zelenakova, M.; Gargar, I.; Purcz, P. Multicriteria analysis in hazards assessment in Libya. *Selected Scientific Papers - Journal of Civil Engineering*. 2012, 7, 59-70.
11. Serwan, M.J.; Parry, T. Developing and applying a GIS-assisted approach to locating wind farms in the UK. *Renewable Energy*. 2001, 24(1), 59-71.
12. World Health Organization. Noise. Available online: <https://www.who.int/europe/news-room/fact-sheets/item/noise> (accessed on 6 January 2023).
13. London Array. About London Array. Available online: <https://londonarray.com/> (accessed on 15 January 2023).

Статья поступила в редакцию 02.03.2023; одобрена после рецензирования 24.04.2023; принята к публикации 10.05.2023.

The article was submitted 02.03.2023; approved after reviewing 24.04.2023; accepted for publication 10.05.2023.



Современная Евразия: общественно-географический анализ

С 10 по 19 сентября 2023 г. была проведена XIV Ассамблея Ассоциации российских географов-обществоведов (АРГО) на базе Байкальского института природопользования СО РАН (БИП СО РАН), Бурятского государственного университета имени Доржи Банзарова (БГУ) и Монгольского государственного университета (МонГУ) при поддержке Российского центра научной информации (РЦНИ).

Предыдущие Ассамблеи начиная с 2010 г. проходили ежегодно в разных городах России – Ростове-на-Дону, Калининграде, Санкт-Петербурге, Москве, Санкт-Петербурге, Симферополе, Грозном, Перми, Барнауле, Казани, Владивостоке, Ижевске, Тюмени. Они неизменно объединяли ведущих российских и зарубежных ученых, работающих в сфере социально-экономической географии, экспертов в области регионального развития и пространственного планирования.

В рамках прошедшей Ассамблеи прошли следующие научные мероприятия:

– Международная научная конференция «Современная Евразия: общественно-географический анализ», г. Улан-Удэ, Россия, БГУ, 10–14 сентября 2023 г.;

– Международная конференция «ИнтерКарто. ИнтерГИС 29. Геоинформационная поддержка устойчивого развития регионов в условиях кризиса», г. Улан-Удэ, Россия, БГУ, 12–14 сентября 2023 г.;

– Международная научная конференция «Развитие географической науки в России и Монголии: потенциал взаимодействия в современном глобальном и Евразийском контексте», г. Улан-Батор, Монголия, МонГУ, 15–19 сентября 2023 г.

На Международной научной конференции «Современная Евразия: общественно-географический анализ» были представлены результаты работ 186 ученых, из которых непосредственное участие приняли 178 ученых из 26 городов Российской Федерации (в т. ч. 62 доктора наук, 74 кандидата наук, 1 PhD, 49 участников

без степени) и 6 стран (Азербайджан, Босния и Герцеговина, Сербия, Казахстан, КНР, Монголия).

На открытии Ассамблеи с приветственным словом выступили Президент АРГО д.г.н., проф., директор Северо-Кавказского НИИ экономических и социальных проблем Южного федерального университета А.Г. Дружинин (г. Ростов-на-Дону), директор БИП СО РАН член-корреспондент РАН Е.Ж. Гармаев, ректор Бурятского государственного университета им. Доржи Базарова к.и.н. А.В. Дамдинов, зам. министра природных ресурсов и экологии Республики Бурятия А.А. Будун, советник дирекции Российского центра научной информации член-корреспондент РАН В.В. Жмур (г. Москва). С приветственным адресом от Отделения наук о Земле РАН выступил заместитель академика-секретаря ОНЗ РАН, вице-президент РГО, научный руководитель ТИГ ДВО РАН академик РАН П.Я. Бакланов (г. Владивосток).

На пленарном заседании были заслушаны доклады ведущих географов России: академик РАН П.Я. Бакланова и А.К. Тулохонова, докторов географических наук: А.Г. Дружинина, В.С. Тикуннова, В.Л. Мартынова, А.И. Зырянова, Д.Н. Замятина, А.И. Чистобаева; д.э.н. Е.А. Коломак, к. полит. н. И.Ю. Окунева. Доклады имели разную тематическую направленность – от социальных вызовов России, геополитического периметра России и до вопросов туризма.

В рамках Пленарного заседания состоялась Специальная панель «Наше научное наследие», на которой выступили: д.г.н. В.Н. Стрелецкий с докладом «Наследие Г.М. Лаппо в российской общественной географии (к 100-летию со дня рождения)», д.г.н. В.А. Шупер с докладом «Сергей Борисович Лавров как предшественник и современник» и д.г.н. А.Г. Дружинин «Сергей Борисович Лавров: сила лидерства, обаяние личности, глубина и масштаб сохраняющих свою актуальность идей».

Кроме этого, было проведено торжественное вручение награды АРГО-2023 д.г.н., про-



фессору, заведующему отделом социально-экономической географии Института географии РАН Владимиру Александровичу Колосову.

Секционные заседания проходили по следующим направлениям:

1. Геополитические, геоэкономические и геокультурные метаморфозы современной Евразии: текущая аналитика и прогноз. формирование «большой Евразии»: факторы, акторы, ритмика, форматы, проблемы, перспективы, российские стратегические интересы;

2. Проблемное евразийское страноведение: подходы и идеи. Экологические аспекты пространственного развития;

3. Глобальные и евразийские детерминанты хозяйственной динамики территорий России. Мифологема и реалии позиционирования России и ее регионов в евразийском пространстве;

4. Геодемографические процессы и трансформация систем расселения в меняющемся евразийском контексте;

5. Порубежные, трансграничные и лимитрофные пространства Евразии: общественно-географический анализ. Республика Бурятия в меняющемся евразийском контексте: общественно-географические тренды;

6. Туризм как один из факторов развития и реструктурирования евразийского пространства.

Во время Ассамблеи АРГО с 12 по 14 сентября 2023 г. прошла международная конференция «ИнтерКарто. ИнтерГИС 29».

Ведущие географы-картографы России представили свои доклады: к.г.н. М.В. Грибок «Международная конференция “ИнтерКарто. ИнтерГИС”: история и современность», д.г.н. С.В. Пьянков «ГИС гидроэкологической безопасности бассейна р. Селенги: структура, информационное наполнение и функциональные возможности», д.т.н. И.В. Флоринский «Геоморфометрическое моделирование и картографирование антарктического оазиса Холмы Ларсеманн», д.б.н. И.О. Алябина «Почвенный по-

кров заповедников и национальных парков как отражение зонально-региональных особенностей территории России», д.г.н. Л.М. Корытный «Новый атлас “Байкальский регион: общество и природа”», д.г.н. В.С. Белозеров «Атласная информационная система “Иностранцы студенты в России”», к.г.н. Е.М. Пудовик «Геоинформационное картографирование в образовательных программах кафедры географии и картографии Казанского университета».

В этот же день прошли секционные заседания международной конференции «ИнтерКарто. ИнтерГИС 29» по следующим направлениям:

– «Природные факторы развития территорий: мониторинг угроз и рисков с использованием ГИС»;

– «Карты и ГИС в социально-демографических и культурно-исторических исследованиях»;

– «Дистанционные методы исследования Земли»;

– «Городская экология и планирование».

В рамках конференции «ИнтерКарто. ИнтерГИС 29» прошла школа-семинар молодых географов-обществоведов «Геоинформационное и картографическое обеспечение общественно-географических исследований». С лекциями выступили ведущие исследователи по актуальным вопросам геоинформационного и картографического обеспечения общественно-географических исследований: д.г.н. В.С. Тикуннов «О деятельности международной картографической ассоциации», к.т.н. Е.А. Паниди «Роль геоинформатики в географических исследованиях. Интеграция специалистов и знаний», д.г.н. С.В. Пьянков «Особенности создания эколого-информационных систем (на примере Кизеловского угольного бассейна)», д.г.н. А.Н. Бешенцев «Цифровой картографический метод исследования: Геоинформационные исследования Байкальского региона». Также состоялся показ научно-популярного фильма «Геоинформатика в картинках».

В ходе Ассамблеи АРГО была проведена школа-семинар молодых географов-обществоведов, в ходе которой были заслушаны доклады молодых ученых. Состоялись круглые столы «Евразийство и российская общественная география: потенциал сопряжения», «Трансграничные территории Сибири: геоэкономические вызовы и возможности, геополитические и геоэкологические риски. Республика Бурятия: факторы, тенденции, приоритеты и стратегии социально-экономического развития».

Проведение XIV Ассамблеи АРГО в Республике Бурятия позволило заявить о Бурятии как об одном из ведущих центров географической науки и образования в России; завязать новые научные контакты не только географам, но и представителям других дисциплин, исследующих пространственные закономерности различных общественных явлений и процессов (экономисты, историки, социологи и пр.), что в дальнейшем способствует более эффективному включению ученых в межрегиональные и международные научные коллаборации, отразится в новых совместных проектах и публикациях. Участие ведущих российских экспертов в области регионального развития в обсуждении вопросов планирования социально-экономического развития Республики Бурятия поможет структурам региональной власти разработать более эффективную стратегию развития региона, усилить отдельные ее направления.

По итогам заседания Координационного совета определено, что в 2024 г. Ассамблея АРГО пройдет в г. Краснодар.

14 сентября 2023 г. по программе конференции состоялись экскурсии по двум направлениям:

1) пос. Танхой (240 км от Улан-Удэ) с посещением Байкальского государственного природного биосферного заповедника: посещение Визит центра «Байкал заповедный» на берегу оз. Байкал и прохождение экологической тропы на территории самого заповедника, ознакомление с флорой и фауной данной территории;

2) пос. Турка (170 км от Улан-Удэ) с посещением Особой экономической зоны «Байкальская гавань», пос. Горячинск – посещение бальнеологического курорта «Горячинск» с термальным источником.

В рамках данной Ассамблеи с 15 по 19 сентября 2023 г. состоялась поездка в г. Улан-Батор (Монголия), где прошла международная научная конференция «Развитие географической науки в России и Монголии: потенциал взаимодействия в современном глобальном и евразийском контексте», которая способствовала развитию как фундаментальных, так и при-

кладных исследований в изучении геополитических, геоэкономических, геодемографических и геокультурных метаморфоз современной Евразии. В работе конференции приняли участие более 150 ученых и преподавателей, в т.ч. более 100 человек из России.

Организаторами конференции выступили Монгольский государственный университет (МонГУ), Ассоциация российских географов-обществоведов (АРГО), Монгольский государственный педагогический университет, Байкальский институт природопользования СО РАН, Институт географии и геоэкологии МАН, Бурятский государственный университет, Монгольское географическое общество. Конференция проводилась при поддержке Российского центра научной информации (РЦНИ).

На торжественной церемонии открытия конференции с приветственным словом к участникам конференции выступили президент Ассоциации российских географов-обществоведов (АРГО) д.г.н., проф. А.Г. Дружинин, вице-президент РГО академик РАН П.Я. Бакланов, президент Монгольского географического общества академик МАН Д. Доржготов, директор института наук Монгольского государственного университета проф. Д. Заябаатар, профессор Монгольского государственного университета образования Е. Батчулуун.

В рамках конференции прозвучали доклады, посвященные результатам и перспективам совместных российско-монгольских исследований, вопросам современной общественной географии, пространственной политики и планирования в России и Монголии, культурной и литературной географии, проблемам развития туризма, российско-монгольского сотрудничества на внешних сырьевых рынках, затрагивались проблемы географического образования в двух странах и т.п.

В выступлениях было отмечено, что мероприятие подобного уровня на территории Монголии проводится впервые. По мнению участников, конференция будет способствовать налаживанию научных связей между учеными-географами России, Монголии и других стран, организации совместных российско-монгольских исследований, реализации новых научных проектов и т.д.

В рамках конференции прошли профессионально ориентированные экскурсии по туристическим комплексам Монголии, расположенные вблизи Улан-Батора.

На основе представления и обсуждения докладов конференции, учитывая современные тенденции формирования новой геополитической и геоэкономической реальности в Евразии



и в целом в мире, а также возрастающую роль «восточного вектора» в развитии Российской Федерации, участники конференции РЕКОМЕНДУЮТ:

1. Признать приоритетными для общественной географии научно-теоретические и практико-ориентированные исследования, направленные на оценку и анализ геополитических, геоэкономических, геодемографических, геоэкологических и геокультурных процессов в современной Евразии и их воздействие на пространственное развитие России и ее регионов.

2. Всячески поддерживать сотрудничество российских географов-обществоведов с зарубежными коллегами из сопредельных государств по совместному изучению факторов и процессов трансформации евразийского пространства в интересах обеспечения интересов Российской Федерации, решения задач ее национальной безопасности в экологической, экономической и геополитической сферах.

3. Провести на организационной платформе АРГО в ближайшие 4–5 лет серию международных конференций и семинаров с географами Белоруссии, Ирана, Китая, Турции, Сербии, а также ряда других государств Евразии.

4. Считать целесообразной организацию под эгидой АРГО постоянно действующего методологического семинара по актуальным вопросам геополитической динамики, евразийской интеграции и пространственного развития.

*БАТОМУНКУЕВ Валентин Сергеевич,
к.г.н., зам. директора Байкальского
института природопользования СО РАН,
зам. председателя Оргкомитета
XIV Ассамблеи АРГО,
bvalentins@binm.ru*

*ГОМБОЕВ Баир Октябрьевич,
профессор, д.г.н., заведующий кафедрой
географии и геоэкологии БГУ,
председатель Бурятского регионального
отделения АРГО,
зам. председателя Оргкомитета
XIV Ассамблеи АРГО,
bgom@binm.bscnet.ru*

*ЖАМБЯНОВ Даба Цыбан-Доржиевич,
к.г.н., с.н.с. Байкальского института
природопользования СО РАН,
член Оргкомитета XIV Ассамблеи АРГО
daba@binm.ru*

Светлой памяти Петра Яковлевича Бакланова

(5 июля 1946 г., с. Георгиевка, Федоровский район,
Башкирская АССР – 31 октября 2023 г., г. Владивосток)



31 октября 2023 г. скоропостижно скончался Петр Яковлевич Бакланов – академик РАН, профессор, доктор географических наук, научный руководитель Федерального государственного бюджетного учреждения науки Тихоокеанский институт географии Дальневосточного отделения Российской академии наук, вице-президент Русского географического общества. П.Я. Бакланов – ученый с мировым именем, специалист в области теоретических вопросов географии, территориальной организации хозяйства, устойчивого развития регионов и территориального управления, оценки природно-ресурсного потенциала и природопользования, геополитики.

С 1966 по 1971 г. Петр Яковлевич обучался на географическом (очно) и экономическом (заочно) факультетах Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, получил дипломы с отличием по специальности «экономическая география СССР» (1971 г.) и «политическая экономия» (1972 г.). В 1971 г. он поступил в целевую для Дальневосточного научного центра АН СССР аспирантуру на кафедре экономической географии СССР МГУ им. М.В. Ломоносова. В 1972 г. был принят на постоянную работу в ТИГ ДВНЦ АН СССР (г. Владивосток) сначала младшим научным сотрудником, позднее – заведующим сектором, лабораторией, а с 1979 по 1987 г. – заместителем директора института по научной работе. По материалам своих исследований Петр Яковлевич в 1974 г. в диссертационном совете МГУ им. М.В. Ломоносова блестяще защитил кандидатскую диссертацию по теме «Анализ формирования и развития пространственных систем промышленного производства», а в 1987 г. там же и докторскую диссертацию по теме «Пространственные системы производства (микроструктурный уровень территориальной организации)».

В 1997 г. профессор П.Я. Бакланов был избран членом-корреспондентом РАН по Отделению океанологии, физики атмосферы и географии РАН по специальности «география»,

а в 2003 г. – действительным членом (академиком) Российской академии наук (Отделение наук о Земле) по специальности «география». Согласно рейтинговым исследованиям, он был одним из наиболее публикующихся и цитируемых ученых-географов в России.

В процессе своих исследований академик РАН П.Я. Бакланов разработал теорию иерархических пространственных систем производства, выделил элементарные системы в виде пространственных структур расчетных единичных производств, показал механизмы и формы их интеграции в пространственные системы производства других уровней, в т.ч. в линейно-узловые, выделенные для территориально-компактных предприятий, промышленно-узловые и территориальные. Впервые им были выделены ресурсно-экологические структуры таких систем в виде звеньев использования природных ресурсов и выведения отходов производства, а также предложены методы измерения и соизмерения этих звеньев. На этой основе П.Я. Бакланов с коллегами разработал балансовые эколого-экономические модели промышленных узлов.

П.Я. Бакланов дал более строгие определения ряду основных категорий геополитики, в т.ч. таких как геополитические интересы и проблемы, геополитическое положение страны, региона и на этой теоретической основе провел оценку геополитического положения Дальневосточного региона России как стратегического фактора регионального развития.

П.Я. Бакланов разработал подходы и принципы формирования программ устойчивого развития территории (региона) на основе выделения и оценки показателей качества регионального развития – экономического, социального, экологического. По его мнению, развитие территории является устойчивым, если происходит приращение всех этих качеств регионального развития.

Совместно с группой сотрудников ТИГ ДВО РАН Петр Яковлевич подготовил ряд предложений в Стратегии долгосрочного развития Дальневосточного региона России, Приморского края, г. Владивосток и его агломерации. Под его руководством ежегодно в Совет Федерации и Государственную думу Российской Федерации передавались аналитические записки, подготовленные сотрудниками ФГБУН ТИГ ДВО РАН, затрагивающие различные проблемы социально-экономического развития Дальнего Востока России и его отдельных регионов, в т.ч. с учетом динамики геополитической ситуации и роли России в Азиатско-Тихоокеанском регионе.

Академик РАН П.Я. Бакланов участвовал в работах по подготовке национальной Программы социально-экономического развития Дальневосточного региона и Забайкалья. Для этой Программы он выделил приоритетные направления долгосрочного регионального развития Дальнего Востока России с учетом геополитических и экономико-географических факторов. Под его научным руководством творческим коллективом были выполнены работы по подготовке Концепции социально-экономического развития Приморского края; разработаны Программы развития муниципальных образований Приморского края; по планировке территории опережающего социально-экономического развития (ТОР) «Надеждинская», которая уже несколько лет успешно развивается вблизи г. Владивостока.

С 1975 по 2021 гг. П.Я. Бакланов читал курсы лекций студентам в Дальневосточном государственном университете (ныне – ДВФУ). В 2000 г. организовал и до 2011 г. возглавлял кафедру регионального анализа и устойчивого развития в Институте окружающей среды ДВГУ. С 2011 по 2021 гг. заведовал кафедрой географии и устойчивого развития геосистем Школы естественных наук Дальневосточного федерального университета. За это время кафедра выпустила сотни высококвалифицированных специалистов, в т.ч. и в области экономической, социальной, политической и рекреационной географии, которые трудятся во многих научных и производственных организациях Дальнего Востока и за его пределами. Под научным руководством Петра Яковлевича подготовлены и успешно защищены в ведущих диссертационных советах России 15 кандидатских и 4 докторских диссертации. На Дальнем Востоке академиком РАН П.Я. Баклановым была создана научная школа экономической географии.

Научно-организационная деятельность академика РАН П.Я. Бакланова включала в себя его работу как члена Общественного Совета при Министерстве РФ по развитию Дальнего Востока (до 2019 г.), члена экспертного совета при Председателе Законодательного собрания Приморского края, председателя Совета по защитах докторских диссертаций при ТИГ ДВО РАН, члена Совета по защитах докторских диссертаций при ИЭИ ДВО РАН (г. Хабаровск). П.Я. Бакланов был почетным профессором Института географии и агроэкологии Академии наук КНР.

Петр Яковлевич был главным редактором журнала «Тихоокеанская география», заместителем главного редактора журнала «География и природные ресурсы», членом редколлегии и редакционных советов журналов «Известия РАН», сер. геогр., «Региональные исследования», «Вестник ДВО РАН» и др.

Как правило, в течение каждого года П.Я. Бакланов делал около десяти различающихся по тематике научных докладов на крупных международных конференциях в России и за рубежом, выступал оппонентом на защитах диссертаций, редактировал большое количество статей, монографий, тематических сборников коллег.

Среди вышедших из печати крупных монографий следует отметить трехтомник «Геосистемы Дальнего Востока на рубеже XX–XXI веков» (2008, 2010, 2012 гг.), «Прибрежно-морское природопользование» (2010 г.), «Тихоокеанская Россия: страницы прошлого, настоящего, будущего» (2012 г.), «Социально-экономическая география в России» (на англ. яз., 2015 г.), «Социально-экономическая география в России» (на рус. яз., 2016 г.), «Современная Россия: географическое описание нашего Отечества. Дальний Восток» (2020 г.), автором идей создания которых, а также многих помещенных в них материалов является их главный редактор – академик РАН П.Я. Бакланов. Последняя монография («Пространственное развитие Тихоокеанской России: структурные особенности, факторы, основные направления», Владивосток, 2023), в которой главным редактором и автором многих разделов является Петр Яковлевич Бакланов, вышла за несколько месяцев до его смерти.

За успешную работу академик РАН П.Я. Бакланов был награжден несколькими государственными наградами: орденом Почета (2007 г.), медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» 2-й степени (1997 г.), медалью «За трудовое отличие» (1981 г.), медалями «За строительство Байкало-Амурской магистрали», «300 лет Российскому флоту», медалью Ассоциации российских географов-обществоведов (2017 г.), золотой медалью РГО имени П.П. Семенова-Тян-Шанского (2021 г.). В 2021 г. он был награжден золотой медалью ДВО РАН имени академика В.Л. Комарова, за многолетний добросовестный труд, высокий профессионализм и выдающийся вклад в развитие научных исследований на Дальнем Востоке России в области теоретических и прикладных вопросов географии.

П.Я. Бакланов лауреат премии Правительства РФ в области образования (2000 г.), в 2008 г. он награжден Почетной грамотой Русского географического общества, в 2010 г. ему была вручена Грамота Министерства образования РФ. В 2021 г. академику РАН Петру Яковлевичу Бакланову было присвоено почетное звание заслуженного географа Российской Федерации.

Сотрудники, которым довелось работать с Петром Яковлевичем, отмечают особую товарищескую атмосферу в коллективах, которые возглавлял П.Я. Бакланов. Эта замечательная дружеская, благожелательная, открытая атмосфера взаимопомощи, поддержки и участия способствовала творческому росту научных сотрудников, помогала решать сложные теоретические и научные прикладные задачи.

Светлая, самая светлая память о Петре Яковлевиче Бакланове навсегда сохранится в сердцах его коллег, учеников и друзей.

*От имени коллектива сотрудников
Тихоокеанского института географии ДВО РАН
МОШКОВ Анатолий Владимирович,
д.г.н., г.н.с. ТИГ ДВО РАН,
г. Владивосток, e-mail: mavr@tigdvo.ru*

К 85-летию со дня рождения Дмитрия Григорьевича Пикунова

(16.10.1938 – 20.07.2017 гг.)



В октябре 2023 г. исполнилось 85 лет со дня рождения Дмитрия Григорьевича Пикунова. Дмитрий Григорьевич – широко известный ученый, доктор биологических наук, главный научный сотрудник Тихоокеанского института географии ДВО РАН, заслуженный эколог Российской Федерации, посвятивший всю свою жизнь изучению и сохранению редких животных – амурского тигра и дальневосточного леопарда.

Родился Д.Г. Пикунов 16 октября 1938 г. в городе Серов Свердловской области (северный Урал), в семье главного инженера металлургического комбината. Именно отец, большой знаток и ценитель уникальной природы Урала, привил Д.Г. Пикунову любовь к охоте и путешествиям.

В 1961 г. после окончания факультета охотоведения Иркутского сельскохозяйственного института он был принят на работу охотоведом Всеармейского военно-охотничьего общества Тихоокеанского флота, где занимался организацией и ведением спортивных охотничьих хозяйств в Приморском крае. В 1967 г. он перешел на работу в Комиссию охраны природы при ДВ филиале СО АН СССР на должность младшего научного сотрудника. В 1971 г. Д.Г. Пикунов по конкурсу был принят в Тихоокеанский институт географии ДВНЦ АН СССР, где в 1990 г. создал лабораторию экологии и охраны диких животных.

На Тихоокеанский институт географии приходится большой период научного творчества Д.Г. Пикунова, он проработал в ТИГе со дня его основания (1971 г.) и до конца своей жизни (2017 г.).

В 1976 г. он защитил в Москве кандидатскую диссертацию по теме «Биология дальневосточного леопарда», в 2002 г. докторскую – «Амурский тигр и дальневосточный леопард России и сопредельных территорий: экология и охрана».

За время работы Д.Г. Пикуновым разработаны методы учета амурского тигра и дальневосточного леопарда, а также других видов животных. Он проводил мониторинговое слежение за состоянием популяций диких животных и среды их обитания на российском Дальнем Востоке и на сопредельных территориях. Им организованы и проведены учеты численности дальневосточного леопарда (в 1972/73 гг., 1984/85 гг., 1990 г., 1998 г., 2000 г., 2003 г., 2007 г.) и амурского тигра (в 1978/79 гг., 1984/85 гг., 1991 г., 1995/96 гг., 2004/05 гг.).

Д.Г. Пикуновым и В.К. Абрамовым, организовавшим в 1972/73 гг. первый учет леопардов, было подготовлено обоснование для создания в местах максимальной численности этих животных федерального заказника «Барсовый» площадью 120 тыс. га. Постановлением Правительства России он был организован в 1979 г. По результатам учета леопардов 1984/85 гг., организованного Д.Г. Пикуновым и В.Г. Коркишко (директор заповедника «Кедровая Падь»), было рекомендовано увеличение охраняемой территории, с включением в нее Борисовского плато, в целях дальнейшего сохранения дальневосточного леопарда. При последующих учетах численности леопарда по рекомендациям Д.Г. Пикунова и его коллег размеры охраняемой территории, создаваемой в целях охраны местообитаний дальневосточного леопарда, постоянно увеличивались, в настоящее время территория имеет статус национального парка («Земля леопарда»).

По инициативе Дмитрия Григорьевича были организованы международные экспедиции с участием российских, американских, китайских и корейских ученых на территории Китая (1998 г., 1999 г., 2001 г.), КНДР (1999–2000 гг.), Республике Корея (2002 г.). В результате был создан первый трансграничный заповедник «Хуньчуньский» (КНР), а также запланирована серия других трансграничных природоохранных резерватов.

Д.Г. Пикунов первым поднял вопрос о необходимости сооружения пяти тоннелей при реконструкции автомагистрали Уссурийск–Хасан под всеми горными перевалами в целях сохранения целостности местообитаний амурского тигра, леопарда и диких копытных в юго-западной части Приморского края. Совместно с академиком П.Г. Горовым было подготовлено обоснование для строительства первого тоннеля в районе Нарвинского перевала. Он и его коллеги настаивали на срочной необходимости реинтродукции и восстановления популяции леопардов на Сихотэ-Алине.

В 1971 г. по инициативе Д.Г. Пикунова был поднят вопрос о закрытии Средне- и Верхне-Бикинского леспромхозов, и на основании подготовленных им материалов и публикаций научных и научно-популярных статей в сборниках, газетах и журналах по этой проблеме (в журнале «Дальний Восток», краевой газете «Красное Знамя» и др.) вышло Постановление Правительства РФ об организации на Дальнем Востоке России орехо-промысловой зоны в бассейне р. Бикин в местах проживания коренных малочисленных народов (удэгейцев, нанайцев, орочей). Это способствовало сохранению их традиций и национальной культуры, а также сохранению уникального массива кедрово-широколиственных лесов – жемчужины дальневосточной тайги.

Дмитрий Григорьевич являлся ведущим автором национальных Стратегий сохранения амурского тигра (1996 г.) и дальневосточного леопарда (1999 г.) в России, утвержденных Министерством природных ресурсов РФ.

Исследования Д.Г. Пикунова, поддержанные правительственными природоохранными организациями, способствовали восстановлению численности амурского тигра в России. Удалось сохранить популяцию дальневосточного леопарда, она хоть и малочисленна, но стабильна. Белогрудый медведь выведен из списка Красной книги РФ и стал обычным охотничьим видом.

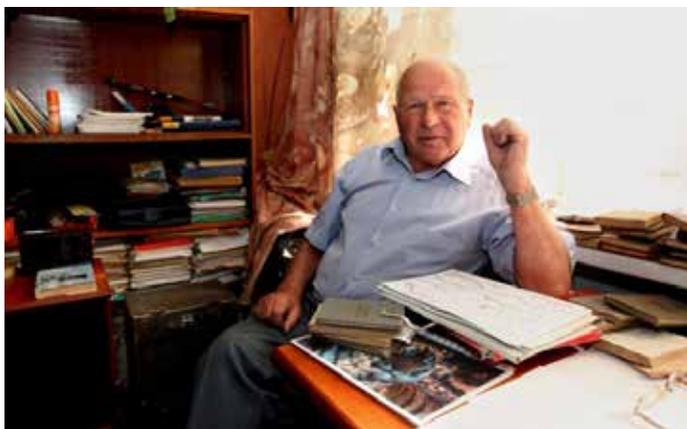
Д.Г. Пикунов – автор около 200 научных работ, в том числе автор и соавтор 23 монографий. Материалы своих исследований он докладывал более чем на 60 международных, всесоюзных, российских конгрессах, конференциях и симпозиумах. Большое внимание

Д.Г. Пикунов уделял подготовке научных кадров. Он руководил студентами, аспирантами и соискателями. Под его руководством китайские и корейские зоологи осваивали методы полевых зоологических и экологических исследований.

За заслуги в развитии и укреплении охотничье-рыболовного хозяйства в 1988 г. ему присвоено звание Почетного члена Союза обществ охотников и рыболовов РСФСР. В 2003 г. Д.Г. Пикунов был награжден почетным званием «Заслуженный эколог Российской Федерации».

На протяжении всей жизни Д.Г. Пикунов активно занимался спортом, завоевывая призовые места в соревнованиях. Он является почетным мастером спорта СССР по стендовой стрельбе, неоднократно избирался председателем тренерского Совета краевой федерации стендовой стрельбы Приморского края.

Из воспоминаний Д.Г. Пикунова



«...У меня часто спрашивают – боишься ли ты тигра? Я отвечаю честно и не стесняюсь этого. Любого нормального человека одолевает страх при виде совершенно свежего следа тигра, при встрече с этими хищниками – тем более. В этой ситуации всегда приходит мысль – «А что же у него на уме»? Это ведь очень скрытный, ловкий и сильный зверь. При этом ты знаешь, что он тебя видит, слышит намного раньше, чем ты его. И зачем появился, и почему стоит, не уходит? Какие у него цели? Любопытно это уже потом, после встречи. Я работаю в тайге более сорока лет и очень часто в самых тигриных местах. Более того, я в молодости все отпуска проводил в тайге. И ответственно заявляю – ни в одном случае у меня не было конфликта с тиграми. Я и тропил, и с добычи его спугивал, бывало, пользовался его добычей. Хорошее питание, между прочим, если добыча свежая. Конфликтов НЕ БЫЛО. Может, конечно, мне просто везло. Но, с другой стороны, и это я тоже везде говорю – я никогда в жизни ни на леопарда, ни на тигра ружья не поднял. Хотя, не скрою – были моменты, когда я был близок к этому. Однажды леопард на меня по дереву летел. Он ушел в сторону, когда ему до меня остался один прыжок. Вот когда я радовался! Тому, что не выстрелил, что дотерпел до последнего. Тому, что не произошло трагедии. Поймите мое состояние, состояние опытного охотника и спортивного стрелка. Конфликта все-таки не было! И леопард не агрессивно бросился, скорее от неожиданности. И он, тем не менее, был у меня на мушке. Кто был бы виноват? Конечно, я. Получается, что я как бы пытался затеять конфликт, а не он. Согласен, бывают случаи, когда очень трудно не выстрелить. Многие помнят случай с Виктором Коркишко, который больше часа с тигром общался. Жив ведь! А потому, что без ружья был. Был бы с ружьем, неизбежно произошла бы трагедия. Так я ему наутро и сказал. Он и сам признавался, что, скорее всего, не выдержал бы и выстрелил. И тогда, в лучшем случае, был бы труп тигра.

Ну, а в худшем – сами понимаете. И сколько случаев конфликта тигра и человека мне не доводилось разбирать – всегда оказывался виновным человек. Другого мнения у меня нет. Но этот факт почему-то тщательно утаивается. Ведь проще обвинить тигра. А разобраться порой очень сложно. Особенно если человек пострадал.

За сорок с лишним лет работы и жизни в тайге я двенадцать раз сталкивался с тиграми. И хочу сказать, что большинство встреч приходится на последние годы. Тигр стал привыкать к человеку. И это тоже надо учитывать.

Свободное посещение тайги должно быть ограничено и организовано, как это делается во всем мире. Я ни в коем случае не против так называемого экологического или природного туризма. И если смотреть в будущее, в то время, когда у нас будут тигриные резерваты с высокой численностью и хищников, и копытных, то надо понимать, что посещение таких территорий должно быть организованным, и люди должны посещать такие места только со специалистами. Тигра много не бывает. В данном случае стоит прислушаться к мнению классической науки. А она гласит – хищник никогда не перерастет популяции своих жертв. В природе все гармонично и сбалансировано. И в данном случае не надо вмешиваться...».

*От имени коллектива
Тихоокеанского института географии ДВО РАН
МАТЮШИНА Ольга Анатольевна,
ведущий инженер ТИГ ДВО РАН, г. Владивосток*

Авторский указатель статей, опубликованных в 2023 году

- АВДЕЕВ Ю.А. Полвека по пути интеграции научного знания. № 1, с. 30.
- АНИКЕЕВ В.В. Территориальное развитие города Владивосток и его агломерации. № 2, с. 23.
- БАКЛАНОВ П.Я., Воронов Б.А. Плодотворное сотрудничество в эколого-географических исследованиях. № 3, с. 5.
- БАТОМУНКУЕВ В.С., Гомбоев Б.О., Жамьянов Д. Ц.-Д. Современная Евразия: общественно-географический анализ. № 4, с. 93.
- БРОВКО П.Ф. Кругосветный мореплаватель Ю.Ф. Лисянский: имя на географической карте. № 1, с. 75.
- ВОЛЬХИН Д.А. См. Дружинин А.Г.
- ВРОНОВ Б.А. См. Бакланов П.Я.
- ВРАДИЙ С.Ю. Историко-географические сведения о Дальнем Востоке России в корейских источниках XIX в. № 2, с. 37.
- ГЛАДКИЙ Ю.Н., Мартынов В.Л., Сазонова И.Е., Сухоруков В.Д. Природные и экологические детерминанты правового статуса Арктики. № 2, с. 49.
- ГЛУЩЕНКО Ю.Н. См. Серёдкин И.В.
- ГОЛЬДЕНБЕРГ Л.М. Трансформация городской среды в зоне влияния новых станций метрополитена в Санкт-Петербурге. № 4, с. 17.
- ГОМБОЕВ Б.О. См. Батомункуев В.С.
- ГОРБАТЕНКО Л.В. Дифференциация водопользования на территории Тихоокеанской России: структура, тенденции и загрязняющий эффект. № 3, с. 56. Она же. Оценка аккумулярующей емкости поймы реки Амур во время наводнения 2013 г. по данным гидрологических наблюдений. № 4, с. 74.
- ДЕМИДИОНОВ М.Ю. Пространственное моделирование потенциала развития альтернативной энергетики на примере острова Сахалин. № 4, с. 82.
- ДИКУН И.П. См. Каракин В.П.
- ДРУЖИНИН А.Г., Вольхин Д.А., Шмыткова А.В. «Притяжение к морю» населения и социально-экономической активности: подходы к оценке (на материалах российского Причерноморья). № 1, с. 55.
- ЕРМОШИН В.В. Геоинформационное пространство: теория и практика для геоэкологических оценок и планирования природопользования. № 1, с. 5.
- ЖАМЬЯНОВ Д. Ц.-Д. См. Батомункуев В.С.
- ИВАНОВ А.Н. Островное природопользование в дальневосточных морях России. № 2, с. 65.
- КАЛЕДИН Н.В. См. Осипов К.А.
- КАРАКИН В.П., Дикун И.П. Развитие направления: «Географические основы регионального природопользования в Тихоокеанском институте географии за 50 лет его деятельности (1971–2021 гг.)». № 1, с. 42.
- КАРАКИН В.П. К 90-летию со дня рождения Александра Соломоновича Шейнгауза. № 2, с. 110.
- КАЧУР А.Н., Коженкова С.И., Кондратьев И.И., Скрыльник Г.П., Скирина И.Ф., Родникова И.М., Скирин Ф.В. Центр ландшафтно-экологических исследований и разработки методов комплексного экологического мониторинга ТИГ ДВО РАН (итоги и перспективы). № 1, с. 18. Он же. См. Скрыльник Г.П.
- КИМ В.И. См. Махинов А.Н.
- КИСЕЛЕВА А.Г. Оценка прибрежных геосистем северо-западной части Японского моря (Приморский край) по распространению охраняемых сосудистых растений. № 2, с. 83.
- КОЖЕНКОВА С.И. См. Качур А.Н.
- КОНДРАТЬЕВ И.И. См. Качур А.Н.

- КОРНИЕНКО О.С. Метод оценки потенциала межрайонных связей (на примере муниципальных образований Приморского края). № 3, с. 66.
- КРАСНОЯРОВА Б.А., Назаренко А.Е., Плуталова Т.Г., Шарабарина С.Н. Методика оценки экосистемных услуг региона. № 3, с. 79.
- КРЫЛОВ И.И. См. Скрыльник Г.П.
- КРЮКОВА М.В. Система особо охраняемых природных территорий российской части бассейна р. Амур и ее роль в сохранении биологического разнообразия растительного покрова. № 3, с. 9.
- ЛОЗОВСКАЯ С.А. В память о друге. Болотин Евгений Иванович. № 1, с. 88.
- ЛЮ Шугуан. См. Махинов А.Н.
- МАРТЫНОВ В.Л. См. Гладкий Ю.Н. Он же. См. Сухоруков В.Д.
- МАТЮШИНА О.А. К 85-летию со дня рождения Дмитрия Григорьевича Пикунова. № 4, с. 100.
- МАХИНОВА А.Н., Лю Шугуан, Ким В.И., Махинова А.Ф. Особенности больших наводнений на реке Амур в период высокой водности 2009–2021 гг. № 1, с. 66.
- МАХИНОВА А.Ф. См. Махинов А.Н.
- МОШКОВ А.В. Светлой памяти Петра Яковлевича Бакланова. № 4, с. 97.
- НАЗАРЕНКО А.Е. См. Красноярова Б.А.
- НЕВСКИЙ В.Н. Механизм переформирования свободных меандр во врезанные в условиях неотектонических поднятий. № 2, с. 74. Он же. См. Скрыльник Г.П. Он же. См. Ткаченко Г.Г.
- ОСИПОВ К.А., Каледин Н.В. Современная электоральная география Японии: основные черты и особенности женского представительства. № 4, с. 5.
- ПАНИЧЕВ А.М. См. Серёдкин И.В.
- ПЕТРУНЕНКО Ю.К. См. Серёдкин И.В.
- ПЛУТАЛОВА Т.Г. См. Красноярова Б.А.
- ПОГОРЕЛОВ А.Р. См. Рябинина Л.И.
- РАЗЖИГАЕВА Н.Г. См. Ткаченко Г.Г.
- РОДНИКОВА И.М. См. Качур А.Н.
- РОСЛИКОВА В.И. Экологическое состояние почвенного покрова города Хабаровск. № 3, с. 23.
- РЯБЕНИНА Л.И., Погорелов А.Р. Итоги первого Конкурса научных работ студентов и аспирантов по общественной географии памяти Матвея Тихоновича Романова. № 1, с. 86.
- САЗОНОВА И.Е. См. Гладкий Ю.Н. Она же. См. Сухоруков В.Д.
- СЕРЁДКИН И.В., Паничев А.М., Глущенко Ю.Н. Вклад Тихоокеанского института географии ДВО РАН в изучение экологии диких животных и их охрану на Дальнем Востоке России. № 2, с. 5. Он же, Петруненко Ю.К. Высотное распределение бурых медведей в четырех регионах Дальнего Востока России. № 3, с. 90.
- СКИРИН Ф.В. См. Качур А.Н.
- СКИРИНА И.Ф. См. Качур А.Н.
- СКРЫЛЬНИК Г.П., Крылов И.И., Качур А.Н., Невский В.Н. Структура современных экзогенных геоморфологических процессов Чукотки. № 4, с. 38. Он же. См. Качур А.Н.
- СОРОКИН П.С. Хозяйственная деятельность в прибрежно-морской зоне залива Петра Великого (Японское море). № 2, с. 94.
- СУХОРУКОВ В.Д., Сазонова И.Е., Мартынов В.Л. Педагог и наставник (к 80-летию Юрия Никифоровича Гладкого). № 2, с. 114. Он же. См. Гладкий Ю.Н.
- ТКАЧЕНКО Г.Г., Разжигаетва Н.Г., Невский В.Н. Научная конференция «Геосистемы Северо-Восточной Азии: природные, природно-ресурсные и социально-экономические структуры». № 2, с. 105.
- УХОВ Н.В. Современный тепловой сток горных рек криолитозоны: геоэкологические особенности формирования на примере Верхней Колымы. № 4, с. 64.
- УШАКОВ М.И. Гидрологические расчеты и прогнозы для рек Верхней Колымы и Северного Приохотоморья в условиях климатических изменений. № 4. С 52.
- ЧИСТОБАЕВ А.И. Географическое поле медико-туристического кластера региона: забытая теория, лучшие практики. № 3, с. 47.
- ШАРАБАРИНА С.Н. См. Красноярова Б.А.
- ШЕСТЕРКИН В.П. Гидрохимические исследования в ИВЭП ДВО РАН. № 3, с. 36. Он же, Шестеркина Н.М. Пространственная и сезонная изменчивость содержания железа в воде Бурейского водохранилища. № 4, с. 29.
- ШЕСТЕРКИНА Н.М. См. Шестеркин В.П.
- ШМЫТКОВА А.В. См. Дружинин А.Г.

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 26.12.2023 г.

Формат 70 × 108/16

Усл. печ. л. 9,3

Уч.-изд. л. 8,78

Тираж 100 экз. Заказ 14

Цена свободная

Отпечатано:

ИП Мироманова И.В.

690106 Владивосток, ул. Нерчинская, 42-102