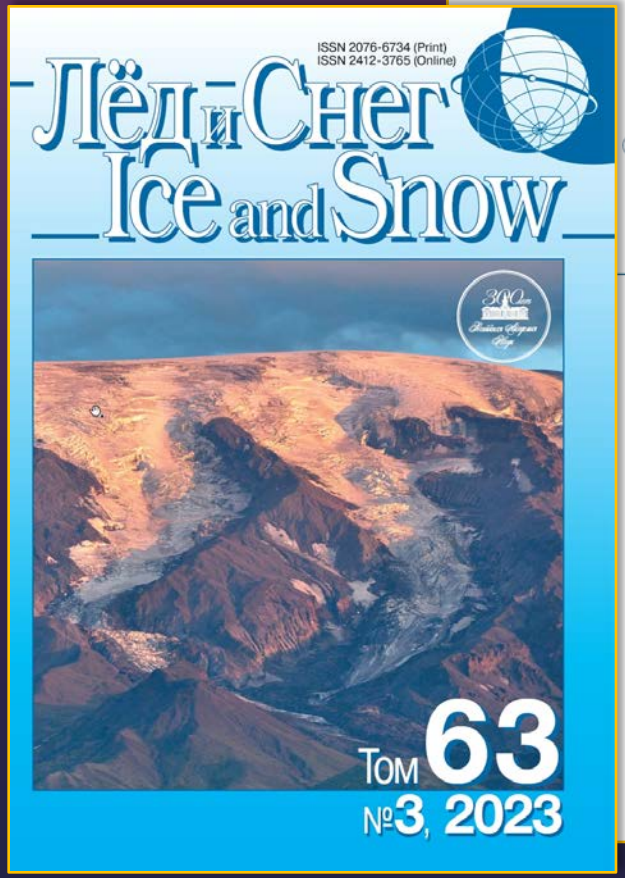
Презентация к отчёту по договору № 17/2023-И

Публикация журнала «Лёд и Снег»
и сборников «Вопросы географии»



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ ГЕОГРАФИИ
RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
INSTITUTE OF GEOGRAPHY
РУССКОЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО
RUSSIAN GEOGRAPHICAL SOCIETY

Лёд и Снег
Ice and Snow

Том 63, № 3, 2023

2023

СОДЕРЖАНИЕ

Том 63, номер 3, 2023

Ледники и ледниковые покровы

Баланс массы ледника Козельский на Камчатке за 1977–2022 гг.
А. Я. Муравьев, Г. А. Носенко, И. К. Миронов, В. Н. Двигало, Я. Д. Муравьев 317

Малые ледники плато Путорана на фоне климатических перемен
Н. В. Коваленко, В. В. Поповнин, А. С. Губанов, А. А. Полюхов, Е. И. Успенская 332

Дистанционное и радиолокационное исследование ледника Левый Ирбисту (Южно-Чуйский хребет, Республика Алтай)
О. В. Останин, С. А. Кобылин, Г. С. Дьякова, Р. Д. Бурым, А. Д. Патрушева, Н. Е. Рамазанова 347

Оценка погрешности измерений средней высоты снежного покрова на леднике Альдегонда (Шпицберген)
А. В. Терехов, И. И. Василевич, У. В. Прохорова 357

Снежный покров и снежные лавины

Изменения климата и снежного покрова с точки зрения функционирования горнолыжных курортов России в начале XXI века
В. В. Виноградова, Т. Б. Титкова 369

Качество характеристик снежного покрова, полученных на основе реанализа ERA 5-Land для территории Пермского края
А. Д. Крючков, Н. А. Калипин, И. А. Сидоров 383

Микроэлементы в пыли снежного покрова на примере городов Тюмень и Тобольск
А. В. Захарченко, А. А. Тигеев 397

Палеогляциология

First ^{10}Be dates of Late Holocene moraines of the Kashkatash and Irik glaciers, Northern Caucasus
O. N. Solomina, V. Jomelli, and I. S. Bushueva 410

Приледниковое озеро Бретъёрна (Западный Шпицберген): история формирования и современное осадконакопление
Н. И. Мещеряков, О. В. Кокин, И. С. Усягина, Н. Е. Касаткина 426

Морские, речные и озёрные льды

Лёд и снег озера Стемме (о. Западный Шпицберген) зимой 2019/20 г.
П. В. Богородский, А. Л. Борисик, В. Ю. Кустов, А. В. Марченко, В. В. Мовчан, А. Л. Новиков, К. В. Ромашова, И. В. Рыжов, О. Р. Сидорова, К. В. Фальчук, В. А. Хаустов 441

Расчёт преобладающей ориентации разрывов в ледяном покрове моря Лаптевых по данным дрейфа льда
Л. Н. Дьмент, А. А. Ершова, В. С. Порубаев, А. А. Чиркова 454

ЛЁД И СНЕГ, 2023, том 63, № 3, с. 317–331

ЛЕДНИКИ И ЛЕДНИКОВЫЕ ПОКРОВЫ

УДК 551.324

БАЛАНС МАССЫ ЛЕДНИКА КОЗЕЛЬСКИЙ НА КАМЧАТКЕ ЗА 1977–2022 гг.

© 2023 г. А. Я. Муравьев[1,*], Г. А. Носенко[1], И. К. Миронов[2], В. Н. Двигало[2], Я. Д. Муравьев[2]

[1]*Институт географии РАН, Москва, Россия*

[2]*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, Россия*

**e-mail: anton-yar@rambler.ru*

Поступила в редакцию 10.05.2023 г.
После доработки 02.06.2023 г.
Принята к публикации 27.06.2023 г.

Дана оценка изменения объёма ледника Козельский на Камчатке за 1977–2022 гг. Площадь ледника за это время практически не изменилась, фронт продвинулся вперёд почти на 0.7 км, объём сократился на 34.15 ± 6.74 млн м^3, поверхность в среднем понизилась на 17.3 м, кумулятивный баланс массы составил –14.70 ± 3.94 м в.э., а удельный среднегодовой –0.33 м в.э./год. Продвижение линии фронта в последние 10 лет замедлилось и составляло около 5 м/год.

Ключевые слова: ледник Козельский, Камчатка, геодезический баланс массы, вулканы, исторические данные, спутниковые съёмки

DOI: 10.31857/S2076673423030079, **EDN:** PLDBKZ

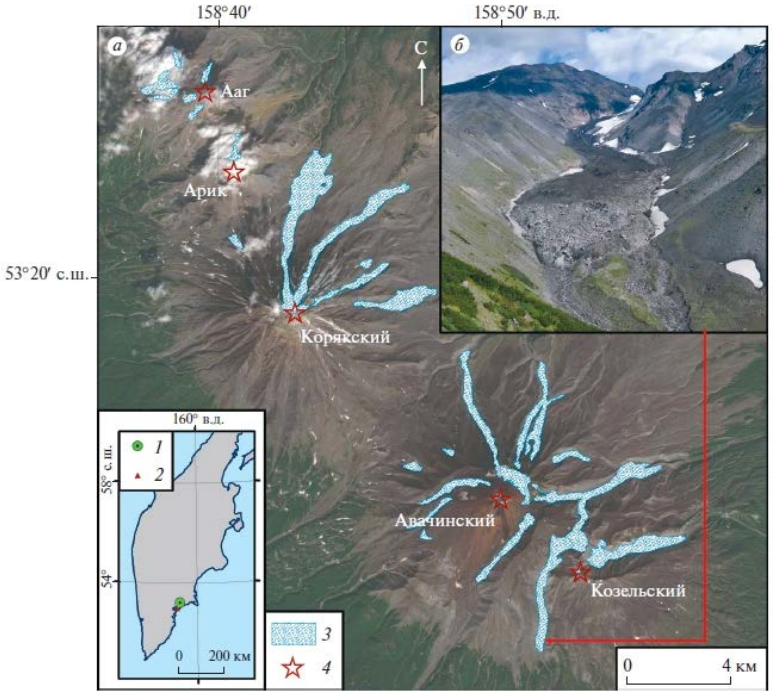


Рис. 1. Авачинская группа вулканов (*а*) и ледник Козельский 19.08.2022 (фото А.Я. Муравьева) (*б*): *1* – местоположение Авачинской группы вулканов; *2* – местоположение метеостанции Петропавловск-Камчатский; *3* – ледники; *4* – вулканы

Fig. 1. Avachinsky group of volcanoes (*a*) and Kozelsky Glacier 19.08.2022 (photo by A.Ya. Muraviev) (*б*): *1* – location of the Avachinsky group of volcanoes; *2* – location of the weather station Petropavlovsk-Kamchatsky; *3* – glaciers; *4* – volcanoes

ЛЕД И СНЕГ, 2023, том 63, № 3, с. 369–382

СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ И СНЕЖНЫЕ ЛАВИНЫ

УДК 551.582

ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И СНЕЖНОГО ПОКРОВА С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГОРНОЛЫЖНЫХ КУРОРТОВ РОССИИ В НАЧАЛЕ XXI ВЕКА

© 2023 г. В. В. Виноградова[1,2,*], Т. Б. Титкова[1]

[1]Институт географии РАН, Москва, Россия

[2]Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики", Москва, Россия

*e-mail: vvvinog@yandex.ru

Поступила в редакцию 14.12.2022 г.
После доработки 21.04.2023 г.
Принята к публикации 27.06.2023 г.

Проведено исследование характеристик снежного покрова на горнолыжных курортах по данным реанализа ERA5-Land. Выполнено сравнение характеристик снежного покрова, осадков и температуры по данным реанализа и метеосети. В условиях современного климата средняя и максимальная высота снежного покрова на всех курортах достаточна для их функционирования, но на большинстве курортов наблюдается уменьшение высоты снежного покрова.

Ключевые слова: снежный покров, климатические параметры, реанализ, горнолыжный туризм, правило 100 дней, оптимальный лыжный день

DOI: 10.31857/S2076673423030134, EDN: PMOMPA

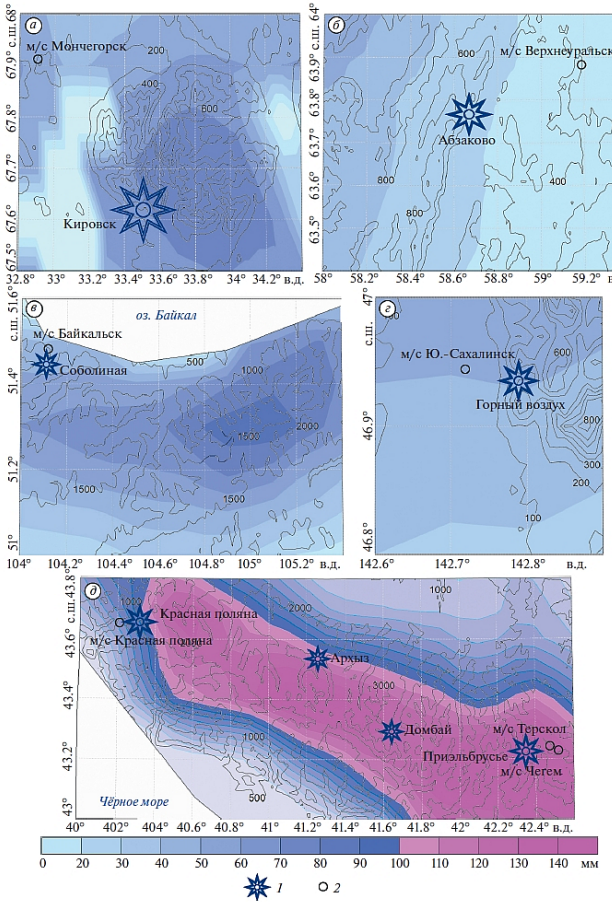


Рис. 3. Средняя за период 2000–2021 гг. высота снежного покрова на горнолыжных курортах России: (*а*) Кировск (Хибины); (*б*) Абзаково (Южный Урал); (*в*) Соболиная (Иркутская область); (*г*) Горный воздух (Южно-Сахалинск); (*д*) Красная поляна, Архыз, Домбай, Приэльбрусье (Кавказ). Изолиниями показана высота местности над ур. моря. *1* – локализация горнолыжного курорта; *2* – метеостанция.

Fig. 3. Average height of snow cover for the period of 2000–2021 at mountain ski resorts of Russia: (*a*) Kirovsk (the Khibiny); (*б*) Abzakovo (the Southern Ural); (*в*) Sobolinaya (Irkutsk Region); (*г*) Mountain air (Yuzhno-Sakhalinsk); (*д*) Krasnaya Polyana, Arkhyz, Dombai, Elbrus region (the Caucasus). Contours show terrain elevation above sea level. *1* – localization of ski resorts; *2* – meteorological station.

ПАЛЕОГЛЯЦИОЛОГИЯ

УДК 556.555,552.143,551.324.63,551.4

ПРИЛЕДНИКОВОЕ ОЗЕРО БРЕТЪЁРНА (ЗАПАДНЫЙ ШПИЦБЕРГЕН): ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И СОВРЕМЕННОЕ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЕ

© 2023 г. Н. И. Мещеряков[1,*], О. В. Кокин[2], И. С. Усягина[1], Н. Е. Касаткина[1]

[1] Мурманский морской биологический институт Российской академии наук, Мурманск, Россия

[2] Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

*e-mail: meshcheriakov104@mail.ru

Поступила в редакцию 15.05.2023 г.
После доработки 10.06.2023 г.
Принята к публикации 27.06.2023 г.

Выявлены особенности геоморфологического строения озера Бретъёрна, установлены пространственно-временные периоды заполнения бассейна седиментации. Реконструировано развитие литотипов лимногляциальных отложений. Оценена современная скорость осадконакопления в озере от 5.4 до 16.4 мм/год.

Ключевые слова: деградация ледника, седиментация, рельеф дна, геохронология

DOI: 10.31857/S2076673423030067, EDN: GYKKUB

ВВЕДЕНИЕ

Представлены результаты геоморфологических, геохронологических и литологических исследований молодого бассейна седиментации – приледникового озера Бретъёрна (Ледовое). Водоём начал формироваться в конце первой половины XX века на западе Земли Норденшельда (Западный Шпицберген) в пределах краевой зоны ледника Грёнфьорд после значительной деградации ледникового массива. Современный вид озеро приобрело в конце XX века, однако его развитие продолжалось и в начале XXI в. Заполнение бассейна седиментации лимногляциальными осадками началось приблизительно с 1930-х годов и происходило неравномерно в пространстве и времени.

Донные отложения озера Бретъёрна, представленные в основном алеврито-пелитовым материалом, местами с примесью гравия и гальки, формировались по мере отступания фронта ледника Грёнфьорд в направлении с северо-востока на юго-запад. В истории седиментации выделяется два этапа. На первом этапе с конца 1930-х по 2000 г. седиментогенез определялся в значительной мере внутри- и подледниковыми отложениями, поступавшими в озеро в результате термоабразии на контакте озера и льда по мере того, как современная озёрная котловина освобождалась ото льда. Осадки, сформированные в этот период, представлены более грубым и менее сортированным материалом, больше характерным для ледниковых, чем озёрных отложений. На втором этапе с 2000 г. по настоящее время осадки стали менее грубыми и более сортированными. После потери контакта озера с ледником роль внутри- и подледниковых отложений снизилась. В это время осадконакопление в озере определялось стоком талых ледниковых вод и атмосферными осадками, выпавшими на водосборную площадь водоёма.

Значение средней скорости седиментации в озере получено с помощью радиоизотопного датирования по ^{210}Pb и ^{137}Cs и составляет 5.4 мм/год на севере, 12.4 мм/год в центральной части и 16.4 мм/год на юге озера, что сопоставимо с данными, полученными гравитационным методом при помощи седиментологических ловушек (12–15 мм/год).

РАЙОН РАБОТ

Объектом исследования выбрано озеро, которое на норвежских картах называется Бретъёрна (Bretjørna), а среди русскоязычного населения известно как Ледовое (рис. 1, *а*). Водоём расположен на западе Земли Норденшельда (Западный Шпицберген) в кутовой части залива Грёнфьорд в пределах краевой зоны ледника Грёнфьорд, который спускается к озеру с юга по долине, являющейся сухопутным продолжением залива Грёнфьорд.

Изучение геоморфологического строения краевой зоны ледника Грёнфьорд проводилось в ходе

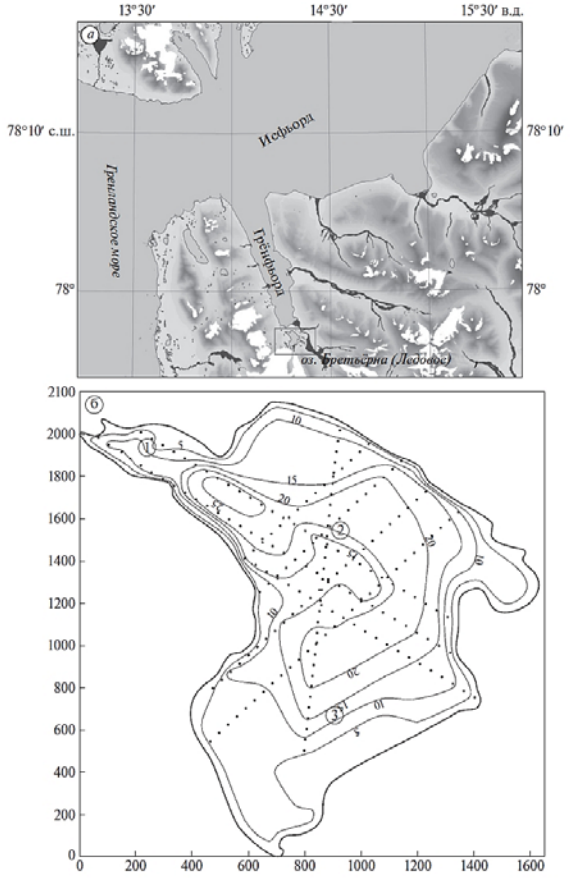
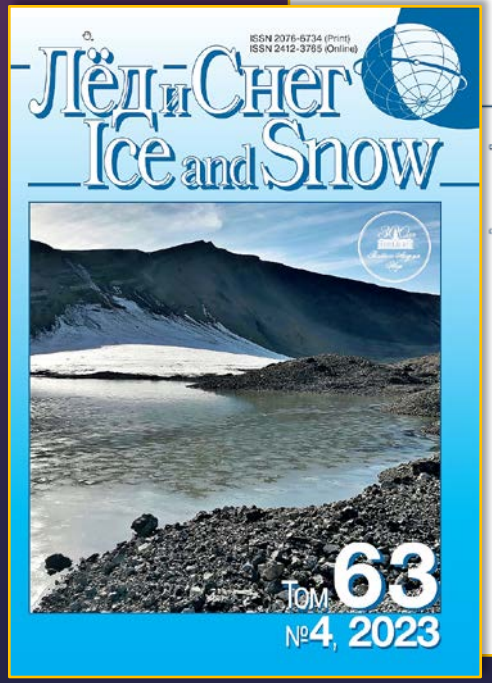


Рис. 1. Район работ (*а*); Батиметрическая карта-схема озера Бретъёрна (Ледовое) (*б*): станции отбора проб (кружки) и точки измерения глубины (точки).

Fig. 1. Area of work (*а*); Bathymetric map-scheme of Lake Bretjorn (Ledovoe) (*б*): sampling stations (circles) and points of depth measurements (points).



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ ГЕОГРАФИИ
РУССКОЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО

RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
INSTITUTE OF GEOGRAPHY
RUSSIAN GEOGRAPHICAL SOCIETY

Лёд и Снег
Ice and Snow

Том 63, № 4, 2023

2023

СОДЕРЖАНИЕ

Том 63, номер 4, 2023

Ледники и ледниковые покровы

Причины неопределённости в палеоклиматических реконструкциях по изотопному составу кислорода ледникового льда Эльбруса (Западное плато)
Ю. Н. Чижова, В. Н. Михаленко, С. С. Кутузов, И. И. Лаврентьев, В. Я. Липенков, А. В. Козачек 473

Толщина и объём ледников массива Монгун-Тайга, Алтай, в 2021 г. по данным георадиолокации и моделирования
С. А. Грига, Д. А. Ганюшкин, Д. В. Банцев, М. Р. Николаев, М. П. Кашкевич, К. А. Ибраев 489

Изотопно-гидрологические исследования в бассейне р. Талдура (Южно-Чуйский хребет, Центральный Алтай)
Д. В. Банцев, А. А. Овсепян, В. А. Распутина, А. В. Козачек, К. Б. Чихачев, Д. А. Ганюшкин 513

Крупные приледниковые озёра архипелага Шпицберген: их состояние в 2008–2012 гг. и динамика с 1991 по 2022 г.
Р. А. Чернов, К. В. Ромашова 525

Высота границы питания на куполе Беллинсгаузен, Антарктика
Б. Р. Мавлюдов 540

Гляциологические исследования Института географии РАН на Эльбрусе в 2023 г.
И. И. Лаврентьев, А. М. Смирнов, П. А. Торопов, Н. Э. Елагина, Т. Д. Киселёва, Е. Д. Дроздов, А. И. Дегтярёв 553

Снежный покров и снежные лавины

Высота снежного покрова в лесу и поле на равнинной территории России при современном климате
А. В. Сосновский, Н. И. Осокин 558

Пространственно-временнáя неоднородность значений $\delta^{18}O$ и структуры снежной толщи на территории метеообсерватории МГУ
С. А. Сократов, А. Ю. Комаров, Ю. К. Васильчук, Н. А. Буданцева, Дж. Ю. Васильчук, Ю. Г. Селиверстов, П. Б. Гребенников, Д. М. Фролов 569

Подземные льды и наледи

Геоэлектрические модели гляциально-мерзлотных каменных образований Центрального Алтая
Г. С. Дьякова, А. А. Горевячева, А. Н. Шеин, В. В. Потапов, Р. Д. Бурым, О. В. Остапин, В. В. Оленченко 583

Основные факторы формирования субаэральных таликов в рамках одномерной математической модели на примере района реки Шестаковка, Центральная Якутия
С. В. Попов, А. С. Боронина, Л. С. Лебедева 597

Антропогенное влияние на микроклимат и оледенение Кунгурской Ледяной пещеры в период максимальной туристической нагрузки
А. С. Казанцева, А. В. Красиков 612

Морские, речные и озёрные льды

Изменчивость ледяного покрова в Печорском море и её корреляция с температурой поверхности Баренцева моря по данным спутниковых наблюдений и реанализа
Е. В. Львова, Е. В. Заболотских 625

Палеогляциология

Последнее оледенение и ледниково-подпрудные озера в юго-восточной части Горного Алтая
И. Д. Зольников, И. С. Новиков, Е. В. Деев, А. В. Панин, Р. Н. Курбанов 639

Содержание журнала “Лёд и снег” за 2023 год 652

Алфавитный указатель журнала “Лёд и снег” за 2023 год 655

ЛЁД И СНЕГ, 2023, том 63, № 4, с. 473–488

ЛЕДНИКИ И ЛЕДНИКОВЫЕ ПОКРОВЫ

УДК 551.583.2

ПРИЧИНЫ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ В ПАЛЕОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЯХ ПО ИЗОТОПНОМУ СОСТАВУ КИСЛОРОДА ЛЕДНИКОВОГО ЛЬДА ЭЛЬБРУСА (ЗАПАДНОЕ ПЛАТО)

© 2023 г. Ю. Н. Чижова[1,2,*], В. Н. Михаленко[2], С. С. Кутузов[2,3], И. И. Лаврентьев[2], В. Я. Липенков[2,4], А. В. Козачек[4]

[1]*Институт геологии рудных месторождений, петрологии, минералогии и геохимии РАН, Москва, Россия*

[2]*Институт географии РАН, Москва, Россия*

[3]*Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики", Москва, Россия*

[4]*Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, Россия*

**e-mail: eacentr@yandex.ru*

Поступила в редакцию 28.07.2023 г.
После доработки 02.09.2023 г.
Принята к публикации 02.09.2023 г.

Выполнены измерения изотопного состава кислорода в неглубоких кернах, полученных в разные годы на Западном плато Эльбруса. Совмещение изотопной записи ($\delta^{18}O$) по глубине для трёх кернов показало, что в пределах локального участка Западного плато до 330 мм вод. экв. в слое годовой аккумуляции, т.е. около 20% средней годовой аккумуляции может быть сформировано за счёт перераспределения выпавшего снега. Неточности в реконструкции температур по среднесезонным значениям $\delta^{18}O$ связаны с изменением сезонных пропорций в накоплении снега и с неравномерностью выпадения осадков внутри сезонов.

Ключевые слова: изотопный состав кислорода, реконструкция температур, Кавказ, Эльбрус

DOI: 10.31857/S2076673423040051, EDN: HCCXEG

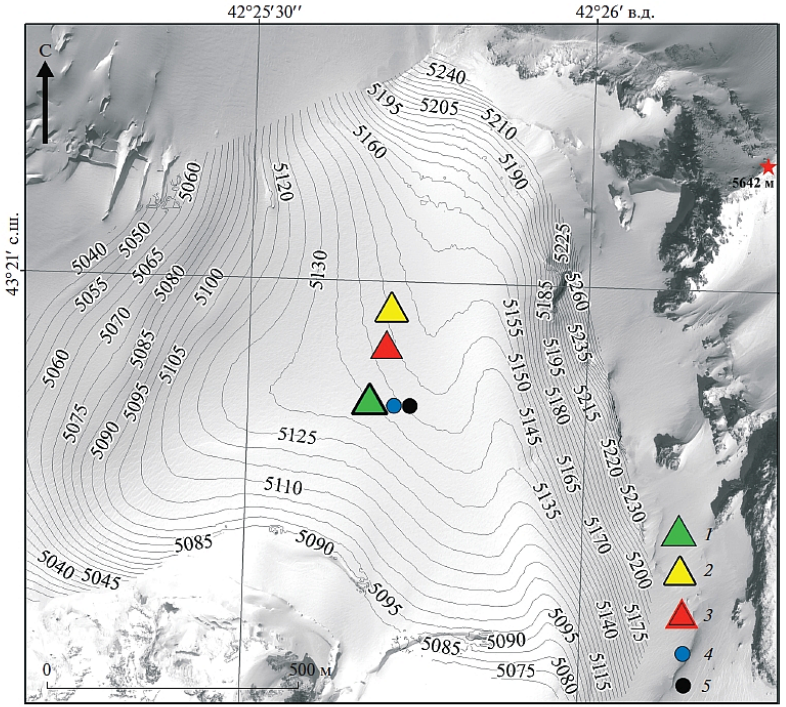


Рис. 1. Точки бурения на Западном плато Эльбруса с получением ледяного керна: *1* – С–1 (2013 г.); *2* – С–4 (2017 г.); *3* – С–5 (2018 г.); *4* – С–2 (2013 г.); *5* – С–3 (2013 г.).

Fig. 1. Drilling site on the Western plateau of Elbrus and obtained ice core: *1* – C–1 (2013); *2* – C–4 (2017); *3* – C–5 (2018); *4* – C–2 (2013); *5* – C–3 (2013).

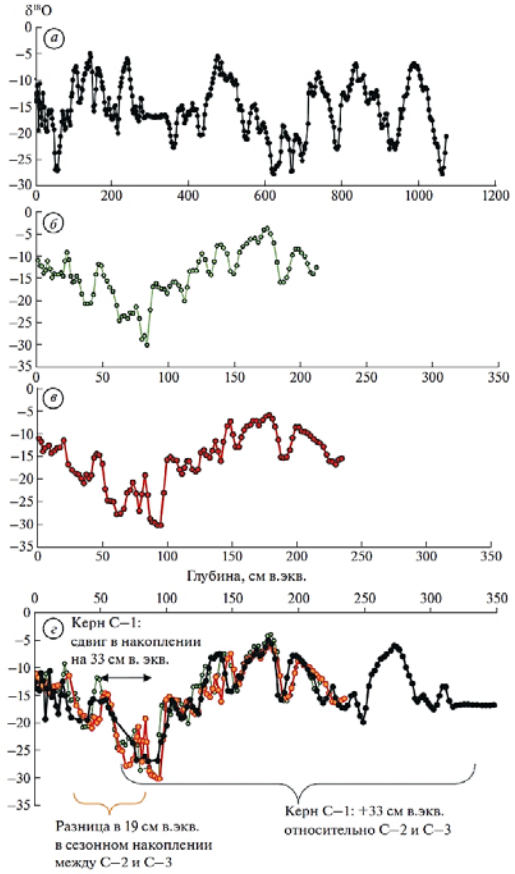


Рис. 3. Распределение значений $\delta^{18}O$ в керне С–1 (*а*); С–2 (*б*); С–3 (*в*) по глубине и сопоставление изотопной записи по всем трем кернам с учетом различий в аккумуляции (*г*).
Fig. 3. Distribution of $\delta^{18}O$ values in cores С–1 (*а*); С–2 (*б*); С–3 (*в*) with depth and aligning of isotopic records for all three cores, taking into account differences in accumulation (*г*).

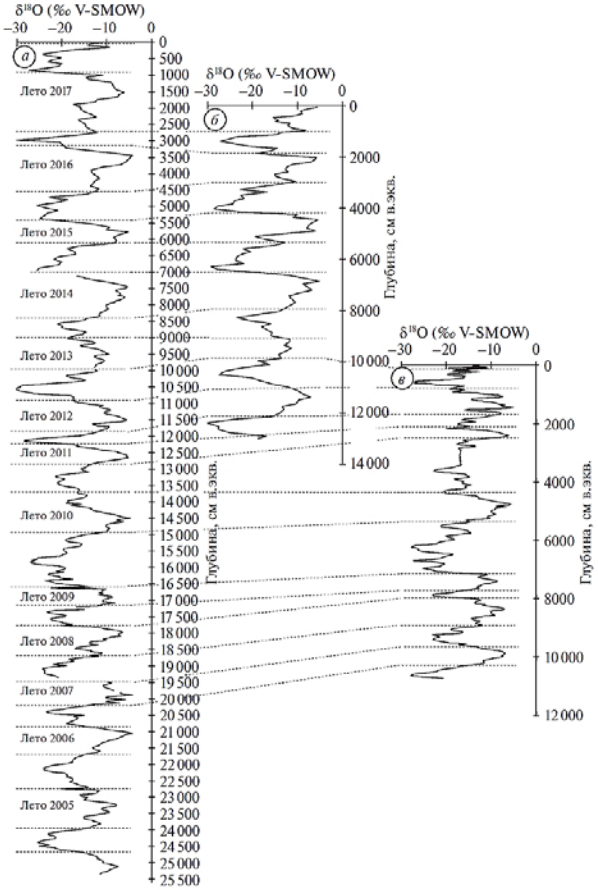


Рис. 4. Распределение значений $\delta^{18}O$ по глубине в кернах С–5 (*а*); С–4 (*б*) и С–1 (*в*).
Fig. 4. Distribution of $\delta^{18}O$ values in С–5 (*а*); С–4 (*б*) and С–1 (*в*) cores.

ЛЁД И СНЕГ, 2023, том 63, № 4, с. 525–539

ЛЕДНИКИ И ЛЕДНИКОВЫЕ ПОКРОВЫ

УДК 556.557,551.324.63

КРУПНЫЕ ПРИЛЕДНИКОВЫЕ ОЗЁРА АРХИПЕЛАГА ШПИЦБЕРГЕН: ИХ СОСТОЯНИЕ В 2008–2012 Г. И ДИНАМИКА С 1991 ПО 2022 Г.

© 2023 г. Р. А. Чернов[1,*], К. В. Ромашова[2]

[1]*Институт географии РАН, Москва, Россия*

[2]*Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, Россия*

**e-mail: chernov@igras.ru*

Поступила в редакцию 01.06.2023 г.
После доработки 23.07.2023 г.
Принята к публикации 02.10.2023 г.

По состоянию на 2008–2012 гг. на Шпицбергене существовало 35 приледниковых озёр размерами свыше 1 км^2. Они составляли около 1% от общего количества всех озёр архипелага, а их суммарная площадь была равна трети площади озёрного фонда архипелага. В последние десятилетия на западе архипелага крупные озёра значительно увеличились по площади. Рассмотрена динамика крупных озёр архипелага в период с 1991 по 2022 г.

Ключевые слова: ледниково-подпрудные и морено-подпрудные озёра, площадь озёр, уровень озера, ледяные берега, Шпицберген

DOI: 10.31857/S207667342304004X, EDN: HCKBOJ

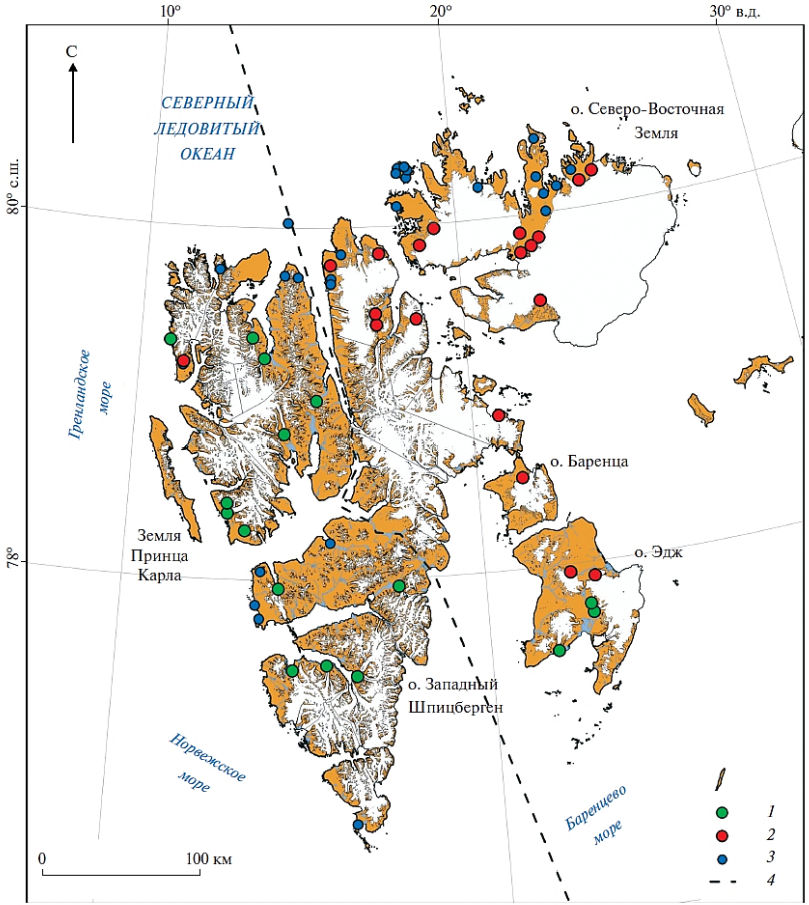


Рис. 2. Расположение крупных озёр на арх. Шпицберген: *1* – новые приледниковые озёра (после 1936 г.); *2* – приледниковые озёра, которые существовали до 1936 г.; *3* – озёра различного генезиса (не приледниковые); *4* – граница западной и восточной частей Шпицбергена.

Fig. 2. Location of the largest lakes in the Svalbard archipelago: *1* – new periglacial lakes (after 1936); *2* – periglacial lakes that existed before 1936; *3* – lakes of various genesis (not periglacial); *4* – border of the western and eastern parts of Svalbard.

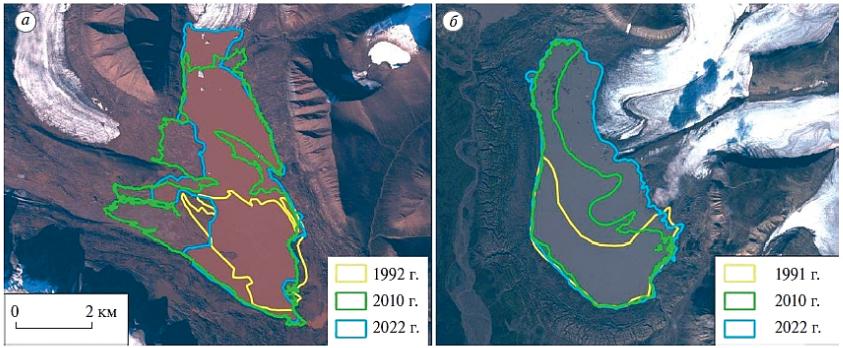


Рис. 3. Изменения границ самых крупных озёр арх. Шпицберген: Требр (*а*) и озёра Ганд (*б*) в период с 1990 по 2022 г.
Fig. 3. Changes in the boundaries of the largest lakes of the Svalbard archipelago: Lake Trebrevatnet (*a*) and Lake Gandvatnet (*b*) in the period from 1990 to 2022.

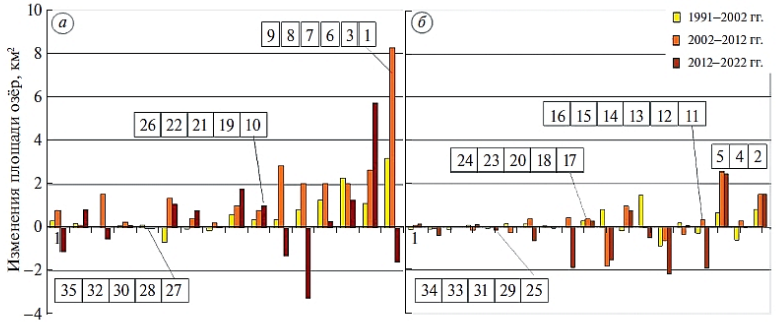


Рис. 4. Изменение площади крупных приледниковых озёр в группе новых озёр (*а*) и озёр, существовавших ранее 1936 года (*б*) в периоды с 1990–2002, 2002–2012 и с 2012–2022 гг. Цифры соответствуют номерам в табл. 2.
Fig. 4. Change in the area of the largest near-glacial lakes in the group of new lakes (a) and lakes that existed before 1936 (b) in the periods from 1990–2002, 2002–2012 and from 2012–2022. The numbers correspond to the numbers in Table 2.

Таблица 3. Изменение площади крупных приледниковых озёр в западной части арх. Шпицберген с 1991 по 2022 г.

Название озера (номер в соответствии с табл. 2)	Площадь озера, км²				Изменение площади за период, км²			
	1991–1992 гг.	2000–2002 гг.	2008–2012 гг.	2022 г.	1991–2002	2002–2012	2012–2022	1990–2022
Требр (10)	5.89 ± 1.12	9.04 ± 0.36	17.31 ± 0.06	15.73 ± 0.52	3.15	8.27	−1.58	9.84
Ядерин (6)	1.50 ± 0.54	3.80 ± 0.15	5.85 ± 0.02	7.13 ± 0.32	2.3	2.05	1.29	5.63
Эдем (7)	1.83 ± 1.08	3.12 ± 0.12	5.17 ± 0.04	5.44 ± 0.64	1.29	2.05	0.28	3.61
Ратиорна (10)	2.55 ± 0.42	2.91 ± 0.12	3.71 ± 0.01	4.72 ± 0.23	0.36	0.8	1.01	2.16
Вэттердамен (19)	0.78 ± 0.39	1.39 ± 0.06	2.41 ± 0.01	4.21 ± 0.19	0.61	1.02	1.80	3.43
Треди (22)	1.42 ± 0.49	1.36 ± 0.05	1.78 ± 0.01	2.57 ± 0.15	−0.06	0.42	0.79	1.15
Речерч (9)	0.67 ± 0.22	1.04 ± 0.04	3.85 ± 0.01	2.56 ± 0.15	0.37	2.81	−1.29	1.89
Дисет север. (20)	2.17 ± 0.50	2.25 ± 0.09	2.29 ± 0.01	2.25 ± 0.18	0.08	0.04	−0.05	0.07
Грушион (32)	0.80 ± 0.26	1.02 ± 0.04	1.16 ± 0.01	2.00 ± 0.21	0.22	0.14	0.84	1.20
Карла (28)	1.24 ± 0.29	1.33 ± 0.05	1.60 ± 0.01	1.73 ± 0.12	0.09	0.27	0.12	0.49
Бретьорна (27)	1.55 ± 0.37	1.68 ± 0.07	1.64 ± 0.01	1.60 ± 0.15	0.13	−0.04	−0.04	0.05
Пенк (8)	1.47 ± 0.59	2.28 ± 0.09	4.32 ± 0.01	1.07 ± 0.13	0.81	2.04	−3.25	−0.40
Листол (30)	–	–	1.55 ± 0.01	1.04 ± 0.11	–	1.55	−0.51	1.04
Университет (35)	–	0.30 ± 0.01	1.10 ± 0.01	–	0.3	0.8	−1.10	0.00
Суммарно	21.87 ± 2.3	31.52 ± 0.47	53.74 ± 0.10	52.05 ± 1.50	9.65	22.22	−1.69	30.18

Таблица 4. Максимальное падение уровня приледниковых озёр и соответствующие изменения объёма на рубеже XX и XXI вв.

Название озера (номер в соответствии с табл. 2)	Тип озера	Площадь озера км²	Высота уреза воды над ур. моря, м	Максимальное падение уровня воды, м	Уменьшение объёма озера, км³
Требр (1)	мп*	17.31	17	−45	−0.78
Пенк (8)	мп	4.32	18	−31	−0.13
Клуфт (14)	лп**	3.27	218	−39	−0.13
Крокет (15)	лп	3.12	158	−7	−0.02
Стауп (16)	лп	3.10	87	−42	−0.13
Фоул (33)	лп	1.14	135	−36	−0.04
Суммарный объем	–	–	–	–	−1.23

*Морено-подпрудное озеро; **ледниково-подпрудное.

ЛЁД И СНЕГ, 2023, том 63, № 4, с. 639–651

ПАЛЕОГЛЯЦИОЛОГИЯ

УДК 551.33

ПОСЛЕДНЕЕ ОЛЕДЕНЕНИЕ И ЛЕДНИКОВО-ПОДПРУДНЫЕ ОЗЕРА В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ГОРНОГО АЛТАЯ

© 2023 г. И. Д. Зольников[1,2,*], И. С. Новиков[1], Е. В. Деев[2,3], А. В. Панин[4], Р. Н. Курбанов[4,5]

[1]*Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск, Россия*
[2]*Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия*
[3]*Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, Новосибирск, Россия*
[4]*Институт географии РАН, Москва, Россия*
[5]*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия*
**e-mail: zol@igm.nsc.ru*

Поступила в редакцию 08.06.2023 г.
После доработки 04.09.2023 г.
Принята к публикации 02.10.2023 г.

Составлена палеогеографическая схема распространения ледников и ледниково-подпрудных озёр времени последнего глобального похолодания (МИС-2) на основе детальной геоморфологической съёмки крупного масштаба. Реконструированы уровни и объёмы ледниково-подпрудных озёр во время первого и второго позднеплейстоценового оледенения, а также завально-подпрудного озера, формирование которого не связано с ледниками эпохи МИС-2.

Ключевые слова: поздний плейстоцен, оледенения, ледниково-подпрудные озера, геоморфологическое картирование, Горный Алтай, МИС-2

DOI: 10.31857/S2076734304018X, **EDN:** FQEXLX

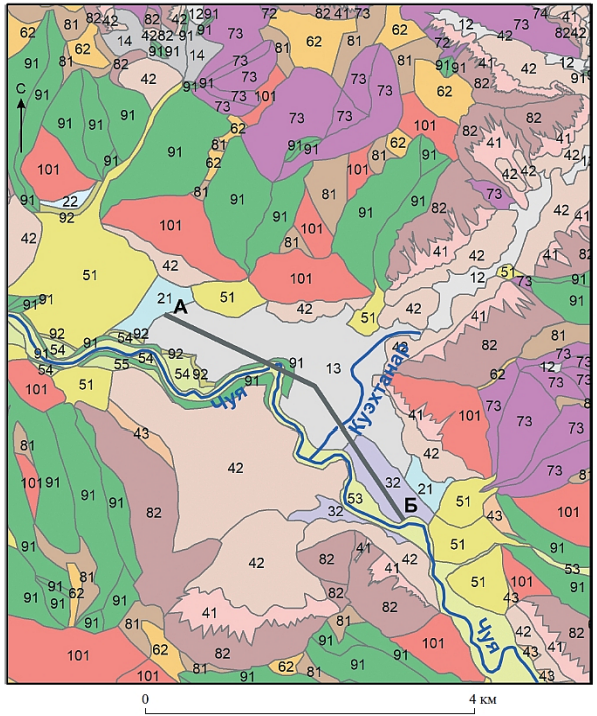
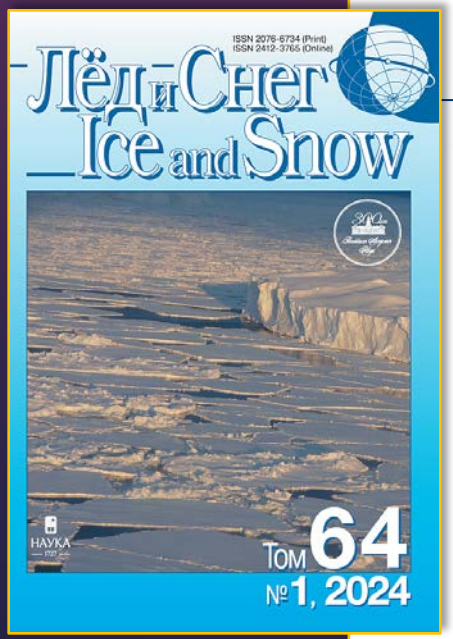


Рис. 3. Фрагмент геоморфологической карты на участок подпруживания Чуйского палеоозера Куэхтанарским ледником, выдвигавшимся с Курайского хребта. А–А1 – линия профиля, показанная на рис. 5. Числами обозначены генетически однородные поверхности: 12 – холмисто-грядовые морены; 13 – грядовые конечные морены; 14 – морены на склонах трогов; 21 – флювиогляциальные равнины; 22 – флювиогляциальные террасы; 51 – пролювиальные конусы выноса; 32 – озёрные равнины; 41 – осыпи; 42 – обвалы; 53 – аллювиальные пойма и первая надпойменная терраса; 54 – цокольные аллювиальные террасы; 62 – фрагменты поверхности выравнивания на склонах хребтов, 57 – катафлювиальные аккумулятивные равнины; 58 – катафлювиальные аккумулятивные равнины с гигантской рябью течения; 72 – крутые склоны трогов; 73 – склоны трогов средней крутизны; 82 – стенки отрыва обвалов; 91 – крутые склоны эрозионных долин; 92 – склоны эрозионных долин средней крутизны, 101 – крутые тектоногенные уступы; 111 – скэблэнд на бортах трого; 112 – скэблэнд на делювиальных склонах; 114 – скэблэнд на фрагментах поверхности выравнивания; 115 – скэблэнд на скальных выступах неустановленного генезиса; 116 – крутые катафлювиальные склоны.

Fig. 3. A fragment of the geomorphological map of the Chui lake dammed by Kuekhtanar Glacier. A–A1 is the profile line shown in Fig. 5. The numbers indicate genetically homogeneous surfaces (land units): 12 – hilly ridge moraines; 13 – ridge terminal moraines; fans, 32 – lake plains; 41 – scree; 42 – landslides; 53 – alluvial floodplain and the first floodplain terrace; 54 – basement alluvial terraces; 62 – fragments of the alignment surface on the slopes of ridges; 57 – catafluvial accumulative plains; 58 – catafluvial accumulative plains with giant ripples of the current; 72 – steep slopes of throgs; 73 – slopes of throgs of medium steepness; 82 – walls of breakaway collapses; 91 – steep slopes of erosion valleys; 92 – slopes of erosion valleys of medium steepness; 101 – steep tectonic ledges; 111 – skabland on the sides of throgs; 112 – skabland on deluvial slopes; 114 – skabland on fragments of the leveling surface; 115 – skabland on rocky ledges of unknown genesis; 116 – steep catafluvial slopes.



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ ГЕОГРАФИИ
RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
INSTITUTE OF GEOGRAPHY

РУССКОЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО
RUSSIAN GEOGRAPHICAL SOCIETY

Лёд и Снег
Ice and Snow

Том 64, № 1, 2024

2024

СОДЕРЖАНИЕ

Том 64, номер 1, 2024

Ледники и ледниковые покровы

Усовершенствованная модель формирования изотопного состава осадков в Центральной Антарктиде, включающая геохимический цикл кислорода 17
А. А. Екайкин 5

Метеорологический режим высокогорной зоны Эльбруса в период аккумуляции
Е. Д. Дроздов, П. А. Торопов, В. К. Авилов, А. Ю. Артамонов, А. А. Полюхов, И. В. Железнова, Ю. И. Ярынич 25

Влияние пространственной изменчивости солнечной радиации на баланс массы ледников залива Грёнфьорд (архипелаг Шпицберген)
А. В. Терехов, У. В. Прохорова, В. Э. Демидов 41

О влиянии динамики каменных глетчеров на сток в бассейне р. Улкен Алматы (Большая Алматинка), Северный Тянь-Шань
Л. С. Лебедева, В. П. Капица, Ж. Д. Такибаев, В. В. Гончаренко, В. М. Лыткин, А. Н. Камалбекова 54

Идентификация горизонтов тефры в леднике на вершине вулкана Ушковский (Камчатка)
Н. В. Горбач, Т. М. Философова, В. Н. Михаленко. 66

Снежный покров и лавины

Дендрохронологический анализ хвойных пород в лавиносборах Северо-Западного Алтая (бассейн р. Коргон)
Н. И. Быков, Н. В. Рыгалова, А. А. Шигимага 81

Морские, речные и озёрные льды

Связь между сокращением морских льдов и ростом температуры воздуха в Арктике
Г. В. Алексеев, Н. Е. Харлаченкова 96

Разрывы в арктическом ледяном покрове: от наблюдений к прогнозам
А. А. Ершова, Л. Н. Дымент, Т. А. Алексеева 106

Оценка повторяемости атмосферных блокингов над Прикаспийским регионом в зимние месяцы 1959—2022 гг. и их влияния на ледовый режим Северного Каспия
А. В. Холопцев, Ж. К. Наурозбаева 121

Разнонаправленные тенденции в динамике арктических озёр на севере Сибири при изменениях климата в 1985—2021 годах
Ю. М. Полищук, М. А. Куприянов, В. Ю. Полищук 133

Факторы, определяющие сроки появления льда на Камском водохранилище
К. Д. Микова, В. Г. Калинин 143

Путешествия, открытия

Дрейфующий долгожитель. К 50-летию открытия станции «Северный полюс — 22»
В. В. Лукин 155

ЛЕД И СНЕГ, 2024, № 1, с. 81–95

СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ И ЛАВИНЫ

УДК 551.578.48; 551.583.4; 630*561.24; 902.674

ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ХВОЙНЫХ ПОРОД В ЛАВИНОСБОРАХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО АЛТАЯ (БАССЕЙН Р. КОРГОН)

© 2024 г. Н. И. Быков[1]*, Н. В. Рыгалова[1], А. А. Шигимага[1]

[1]Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул, Россия

*e-mail: nikolai_bykov@mail.ru

Поступила в редакцию 22.08.2023 г.
После доработки 28.09.2023 г.
Принята к публикации 31.03.2024 г.

Выполнен дендрохронологический анализ схода максимальных снежных лавин в бассейне р. Коргон (Северо-Западный Алтай). На его основе выявлены различные тенденции лавинной активности в разных лавиносборах и частота схода максимальных лавин. Установлено, что наиболее надёжный показатель лавинной активности — это комплексный показатель, интегрирующий различные индикаторы в годичных кольцах деревьев, названный нами дендрохронологическим индексом лавинной активности.

Ключевые слова: Северо-Западный Алтай, Коргон, снежные лавины, древесные растения, годичные кольца, дендрохронологический индекс лавинной активности

DOI: 10.31857/S2076673424010066

ВВЕДЕНИЕ

Снежные лавины — характерное явление для горных территорий, на которых образуется снежный покров (Гляциологический..., 1984). Их сход обеспечивается комплексом причин, среди которых и постоянные факторы лавинообразования (высота, крутизна и экспозиция склонов, их ориентация относительно основного направления переноса воздушных масс), и переменные (интенсивность снегопадов, продолжительность и сила ветра, температура воздуха и снега, наличие в снежном покрове разрыхлённых горизонтов и корок и прочее). Это обуславливает разнообразие лавиносборов по режиму лавинной деятельности (дальность выброса, частота схода в сезонном и многолетнем циклах) даже в пределах одного локального района, что затрудняет наблюдения за режимом снежных лавин в конкретных лавиносборах. Несмотря на то что в настоящее время успешно развивается спутниковый мониторинг снежных лавин, всё равно ощущается дефицит информации о лавинной активности, поскольку период охвата такого мониторинга составляет два — три десятилетия, а максимальные лавины, под которыми мы здесь понимаем лавины, достигающие нижней части зоны транзита и зоны аккумуляции, могут сходить с периодичностью в несколько десятилетий или даже столетий. Поэтому для реконструкции данных о лавинной активности в конкретных лавиносборах необходимо использовать индикационные методы исследований.

В ряду таких методов особое место занимает дендрохронологический метод датирования времени и частоты схода снежных лавин (Schweingruber, 1993). С его помощью исследования проведены во многих регионах мира — Аргентине (Mundo et al., 2007), Турции (Köse et al., 2010), Чехии (Tumajer, Treml, 2015), США (Martin, Germain, 2016), Канаде (Germain et al., 2016), Румынии (Pop et al., 2017), Норвегии (Laute, Beylich, 2018), Казахстане (Zubairov et al., 2019) и других. В качестве индикаторов схода снежных лавин используются возраст древостоев и вертикальных побегов наклоненных деревьев, значения коэффициентов крени (соотношение между креневой и тяговой древесиной в годичных кольцах ксилемы), наличие реактивной (компрессионной) древесины, прекращение роста у деревьев (датировка погибших деревьев, их остатков и механических повреждений), наличие эффектов осветления (резкое увеличение прироста в результате ликвидации деревьев-конкурентов) (рис. 1; Kaennel, Schweingruber, 1995), нарушение анатомической структуры годичного кольца (травматические смоляные ходы) (Кравцова, 1971; Perov et al., 1977; Турманина, 1979).

Под реактивной древесиной понимается ксилема аномального строения, состоящая из клеток с высокой оптической плотностью. В лиственных деревьях она образуется с тяговой стороны ствола, а в хвойных всегда с креневой стороны (Kaennel, Schweingruber, 1995). Под креневой стороной понимается та часть

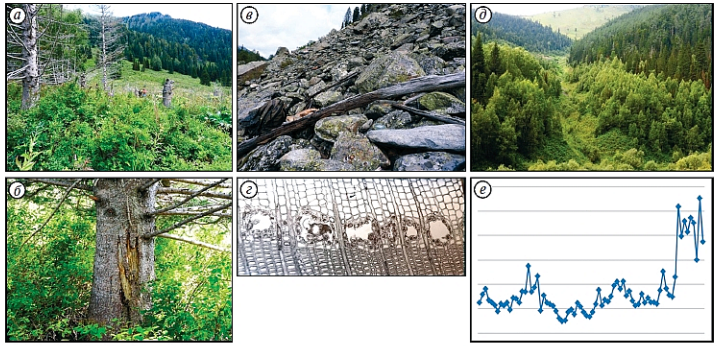


Рис. 1. Признаки лавинной деятельности: *а* — гибель деревьев на периферии зоны аккумуляции лавиносбора 3 (фото 2022 г.); *б* — раны на стволах деревьев, образуемые лавиной; *в* — погибшие деревья в зоне аккумуляции лавиносбора 1 (фото 2022 г.); *г* — травматические смоляные ходы у пихты (фото из (Бенькова, Швайнгрубер, 2004)); *д* — лавинный прочёс, лавиносбор 1; *е* — пример резкого увеличения радиального прироста у дерева (эффекта осветления) в лавиносборе.
Fig. 1. Signs of avalanche activity: *а* — death of trees on the periphery of avalanche accumulation zone 3 (photo 2022); *б* — wounds on tree trunks caused by an avalanche; *в* — dead trees in the avalanche accumulation zone 1 (photo 2022); *г* — traumatic resin passages in fir (photo from (Benkova, Schweingruber, 2004)); *д* — avalanche combing, avalanche collection 1; *е* — example of a sharp increase in the radial growth of a tree (lightening effect) in avalanche collection.

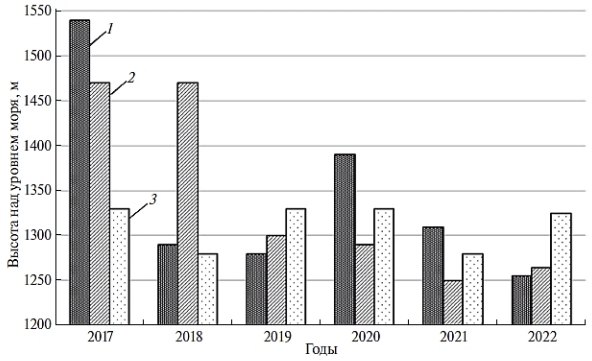


Рис. 2. Места сбора дендрохронологических образцов в лавиносборах бассейна р. Коргон (Северо-Западный Алтай): *1* — лавинный очаг; *2* — зона транзита; *3* — зона аккумуляции; *4* — места отбора дендрохронологических образцов.
Fig. 2. Places of collection of dendrochronological samples in avalanche collections of the river basin Korgon (Northwestern Altai): *1* — avalanche center; *2* — transit zone; *3* — accumulation zone; *4* — places for sampling dendrochronological samples.

МОРСКИЕ, РЕЧНЫЕ И ОЗЁРНЫЕ ЛЬДЫ

УДК 551.345: 528.88

РАЗНОНАПРАВЛЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ДИНАМИКЕ АРКТИЧЕСКИХ ОЗЁР НА СЕВЕРЕ СИБИРИ ПРИ ИЗМЕНЕНИЯХ КЛИМАТА В 1985–2021 ГОДАХ

© 2024 г. Ю. М. Полищук[1], М. А. Куприянов[1], В. Ю. Полищук[2,3,*]

[1]Югорский НИИ информационных технологий, Ханты-Мансийск, Россия

[2]Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия

[3]Томский политехнический университет, Томск, Россия

*e-mail: yupolishchuk@gmail.com

Поступила в редакцию 29.03.2023 г.
После доработки 21.09.2023 г.
Принята к публикации 31.03.2024 г.

Обсуждаются результаты анализа временных рядов данных о площадях озёр Сибирской Арктики по спутниковым снимкам и о среднегодовой температуре воздуха по результатам реанализа ERA5 за 36-летний период. Установлено значительное различие среднемноголетних температур воздуха (более 4°С) в регионах Ямала и Таймыра, на территориях которых выявлены разнонаправленные тенденции многолетних изменений площадей озёр.

Ключевые слова: дистанционные методы, спутниковые снимки, многолетняя мерзлота, термокарстовые арктические озёра Сибири, среднегодовая температура, реанализ метеоданных

DOI: 10.31857/S2076673424010101

ВВЕДЕНИЕ

Значительную часть арктических территорий Евразии и Северной Америки покрывают термокарстовые озёра, которые, по оценкам (Webb, Liljedahl, 2023), составляют наибольшую долю объёма поверхностных вод среди всех наземных биомов. Быстрое потепление в Арктике приводит к таянию вечной мерзлоты и изменению площади озёр, что может оказывать влияние на среду обитания диких животных и снабжение водой отдалённых арктических поселений. В условиях климатических изменений арктические озёра играют важную роль в круговороте углерода, являясь источниками эмиссии парниковых газов в атмосферу (Walter Anthony et al., 2018; Serikova et al., 2019; Turetsky et al., 2020).

Многочисленные исследования динамики площади озёр с использованием спутниковых снимков проведены в Западной Сибири, на Аляске и в других северных регионах (Викторов и др., 2017; Polishchuk et al., 2018; Zabelina et al., 2020; Veremeeva et al., 2021). На основе анализа большого числа работ о результатах исследований динамики площади озёр в различных арктических регионах Северной Евразии и Северной Америки установлено (Webb, Liljedahl, 2023), что под действием климатических изменений в зоне прерывистого распространения мерзлоты большинство участков демонстрируют сокращение площади озера, в то время как в зоне сплошной мерзлоты наблюдаются разнонаправленные тенденции увеличения либо уменьшения площади озёр. Согласно (Webb, Liljedahl, 2023) многочисленные исследования динамики термокарстовых арктических озёр указывают на то, что основным фактором изменения площади озёр служит таяние вечной мерзлоты в результате повышения температуры воздуха, а не изменения в уровне осадков. Этот вывод подтверждается результатами регрессионного анализа данных о площадях озёр, полученных по спутниковым снимкам территории Таймырской тундры, и данных о среднегодовой температуре воздуха и годовой сумме осадков, которые показали, что изменения площади озёр определяются в основном изменениями температуры воздуха, а влиянием осадков можно пренебречь (Полищук и др., 2021). Поэтому в настоящей работе в качестве основного климатического параметра, влияющего на динамику площади озёр, принята среднегодовая температура воздуха на арктической территории Сибири.

Начиная со времени публикации (Smith et al., 2005 г.), проводятся исследования тенденций изменения площади озёр на арктических территориях.

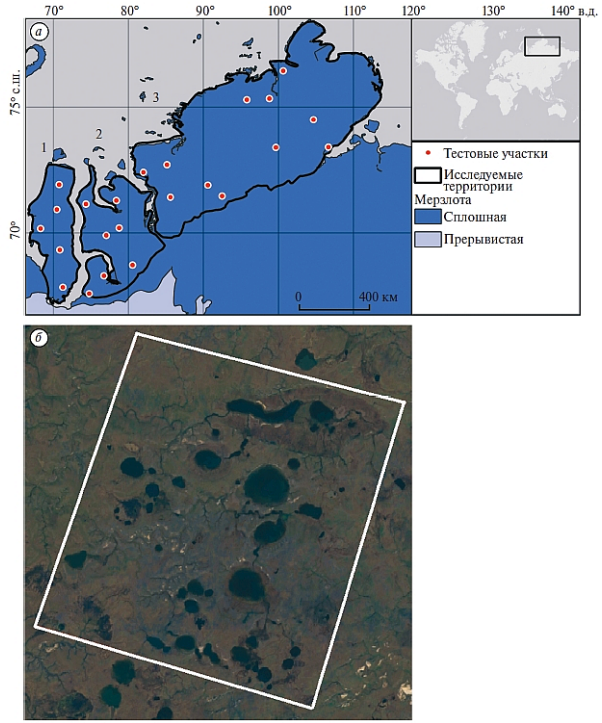


Рис. 1. Расположение тестовых участков и границ исследованных территорий Ямала (*1*), Гыдана (*2*) и Таймыра (*3*) на карте-схеме геокриологического зонирования (*а*) и фрагмент космического снимка территории Таймыра с обозначенной границей тестового участка (*б*).

Fig. 1. Location of test sites and boundaries of the studied territories Yamal (*1*), Gydan (*2*) and Taimyr (*3*) on the map-scheme of geocryological zoning (*a*) and a fragment of a satellite image of the territory of Taimyr with a marked border of the test area (*б*).

Однако вопросы, связанные с выявлением климатических факторов, ответственных за проявление определённой тенденции (сокращение или рост) в изменении площадей арктических озёр, до сих пор не изучены. Поэтому целью данной работы стало исследование особенностей динамики площадей термокарстовых озёр на арктических территориях Сибири и установление климатического фактора, определяющего проявление той или иной тенденции (сокращение или рост) в изменении площадей озёр, на основе анализа временных рядов, данных об изменениях среднегодовой температуры воздуха и площадей озёр, полученных по снимкам Landsat за 36-летний период начиная с 1985 г.

ПУТЕШЕСТВИЯ, ОТКРЫТИЯ

УДК 910.421.

ДРЕЙФУЮЩИЙ ДОЛГОЖИТЕЛЬ К 50-ЛЕТИЮ ОТКРЫТИЯ СТАНЦИИ “СЕВЕРНЫЙ ПОЛЮС — 22”

© 2024 г. В. В. Лукин[1]*

[1]Арктический и антарктический НИИ, Санкт-Петербург, Россия

*e-mail: lukin@aari.ru

Поступила в редакцию 31.10.2023 г.
После доработки 21.11.2023 г.
Принята к публикации 31.03.2024 г.

Советская дрейфующая станция “Северный полюс — 22” стала самой продолжительно действующей в истории отечественных исследований высокоширотных районов Арктического бассейна. С 13.09.1973 по 08.04.1982 г. её суммарный дрейф составил 17 069 км. За этот период на СП-22 выполнялся широкий комплекс исследований состояния ионосферы, магнитосферы, озоносферы, приземной и свободной атмосферы, ледяного покрова, гидросферы и литосферы в этом регионе.

Ключевые слова: Арктический бассейн, дрейфующая станция СП-22, ледяной остров, авиационное обеспечение, научные программы, подводные исследования, наклонное зондирование ионосферы, экосистема морского льда, тонкая термохалинная структура вод, спутниковая навигационная система

DOI: 10.31857/S2076673424010123

ВВЕДЕНИЕ

Отечественные дрейфующие научные станции “Северный полюс” внесли неоценимый вклад в изучение высокоширотных районов Северного Ледовитого океана. С их помощью с 1937 по 1991 г. и с 2003 по 2013 г. определены основные закономерности дрейфа льдов, структура и пространственно-временна́я изменчивость метеорологических характеристик процессов в приземной свободной атмосфере и в озоносфере, выделены различные типы водных масс и особенностей их циркуляции в Арктическом бассейне, измерены параметры магнитного поля Земли, ионосферы и космического радиоизлучения, собраны данные о биоразнообразии вод в недоступных для судовых экспедиций районов океана и отобраны пробы его грунта. На дрейфующих станциях СП проходили натурные испытания многих экспериментальных образцов научных приборов и технических экспедиционных средств. Всего 31 советская, 11 их филиалов и 9 российских станций СП проработали в Арктике 31 897 дней (87.4 года), совершив общий суммарный дрейф в 186 925 км, что составляет 4.66 длин экватора (Романов и др., 1997).

Среди всех отечественных подобных станций особое место занимает “Северный полюс — 22”, которая стала настоящим долгожителем среди советских и российских аналогов. Она проработала 3130 суток, продрейфовав 17 069 км (табл. 1). Этому способствовали два обстоятельства: во-первых, она была создана не на многолетнем морском льду, а на ледяном острове, что заметно снижало вероятность раскола платформы дрейфующего научного лагеря (Кессель, 2005). Во-вторых, её дрейф вначале проходил в антициклональном круговороте льдов и вод в притихоокеанском секторе Арктического бассейна, а затем в выносном Трансарктическом потоке, в котором в своё время сразу же оказались станции СП-6, СП-19, СП-23 и СП-24, которые также располагались на ледяных островах (Кессель, 2005; Корнилов и др., 2017).

Более чем 8-летняя продолжительность дрейфа СП-22 позволила собрать обширный и уникальный научный материал о состоянии атмосферы, океана, ледяного покрова и характеристиках дна Арктического бассейна, внедрить в практику полярных наблюдений новые методы инструментальных исследований, испытать многочисленные экспериментальные образцы научных приборов и экспедиционной техники.

ОТКРЫТИЕ СП-22 И РАБОТА ПЕРВОЙ СМЕНЫ

6 апреля 1973 г. при выполнении океанографической съёмки по программе высокоширотной воздушной экспедиции (далее — ВВЭ) “Север-25” с борта экспедиционного самолёта Ли-2 (командир

А. Н. Долматов, проверяющий Л. А. Вепрев) ледовый разведчик И. П. Романов обнаружил в северной части моря Бофорта в точке 74° 20' с.ш., 164° 10' з.д. ледяной остров длиной около пяти километров. Остров выделялся своей мощностью среди окружавших его морских дрейфующих льдов. Он возвышался над ними на несколько метров. Провести его точные замеры нам тогда не удалось из-за недостатка времени и ограниченного запаса топлива на борту, но об этой находке мы сразу же доложили в Арктический и антарктический НИИ (ААНИИ).

30 июня 1973 г., когда на заседании учёного совета ААНИИ заслушивались результаты выполнения программы ВВЭ “Север-25”, было принято решение обратиться в Главное управление Гидрометеослужбы при Совмине СССР с предложением открыть осенью 1973 г. новую дрейфующую станцию СП-22 на этом ледяном острове. Это предложение было поддержано, и летом того же года началась активная подготовка к организации и высадке очередной дрейфующей станции. Её было решено создать с помощью морских судов. С этой целью был заключён договор с Дальневосточным морским пароходством на аренду ледокола “Владивосток” и дизель-электрохода (д/э) “Капитан Кондратьев”.

Во время проведения одной из ледовых разведок в августе 1973 г. известный специалист ААНИИ В. И. Шильников нашёл этот ледяной остров. К этому моменту были сформированы научные программы новой дрейфующей станции, собран её личный состав, подготовлено материально-техническое снабжение. Последнее вместе с коллективом станции доставлялось в чукотский посёлок Певек авиационными спецрейсами из Ленинграда. Начальником СП-22 был назначен океанолог Владимир Георгиевич Мороз (1926–1992), который за время работы в ААНИИ с 1957 по 1978 г. многократно участвовал в экспедициях А-138/169 по расстановке на дрейфующих льдах Арктики радиоавтоматических метеостанций. В 1972 г. он успешно защитил диссертацию на соискание учёной степени кандидата географических наук. Начальником экспедиции по высадке СП-22 был назначен сотрудник отдела научных экспедиций ААНИИ Артур Николаевич Чилингаров. Удивительное совпадение — в сентябре 1973 г. А. Н. Чилингаров впервые в своей жизни поднялся на борт ледокола “Владивосток”, с которым через 12 лет судьба сведёт его снова в период героического рейса по освобождению из ледового плена в антарктическом море Росса НЭС “Михаил Сомов”. За эту операцию в 1986 г. он был награждён Золотой Звездой Героя Советского Союза.

В начале сентября д/э “Капитан Кондратьев” встал под погрузку в певекском морском порту, а 8 сентября судно вышло в рейс по контракту

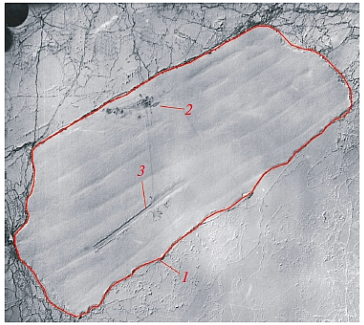


Рис. 1. Аэрофотоснимок ледяного острова СП-22. Фото из архива ААНИИ:
1 — границы ледяного острова СП-22; *2* — ледовый лагерь СП-22; *3* — взлётно-посадочная полоса.
Fig. 1. Aerial photo of the ice island of NP-22. Photo from the AARI archive:
1 — boundaries of the ice island of NP-22; *2* — ice camp of the NP-22; *3* — runway.

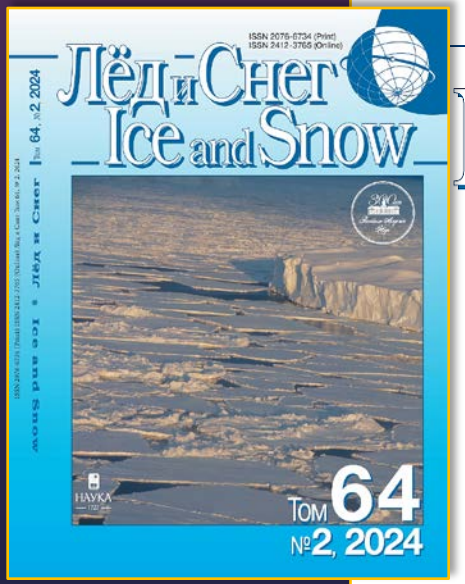
с ААНИИ для организации СП-22. В тот же день это грузовое судно встретилось у кромки льдов с ледоколом “Владивосток”, после чего они продолжили своё совместное плавание к ледяному острову. Он вновь был обнаружен В. И. Шильниковым с борта самолёта ледовой разведки Ил-14 в координатах 76° 16' с.ш., 169° 07' з.д. Таким образом, остров с 6 апреля по 11 сентября продрейфовал 258 км в направлении на северо-запад.

Д/э “Капитан Кондратьев” пришвартовался к ледяному острову у его северо-западной границы. Ледовая разведка, выполненная судовым вертолётом Ми-2 ледокола, позволила уточнить размеры острова и изучить характер его поверхности. Остров представлял собой неправильный четырёхугольник с размерами 5 × 2.2 км, площадь острова — 11 км^2 (рис. 1).

Позднее с помощью аквалангистов-ледоисследователей ААНИИ установлены следующие характеристики этого острова: средняя осадка — 24.5 м; толщина — от 25 до 35 м; объём ледяного тела острова 190 млн м^3; высота надводной части 3–5 м (Корнилов и др., 2017).

По длинной продольной оси острова параллельно друг другу протекали речки талой воды шириной от 20 до 60 м. Поверхность острова была достаточно ровной — без высоких бугров и углублений. Выгрузка имущества СП-22 была завершена

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ ГЕОГРАФИИ
RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
INSTITUTE OF GEOGRAPHY
РУССКОЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО
RUSSIAN GEOGRAPHICAL SOCIETY



Лёд и Снег

Том 64, № 2, 2024

Ice and Snow

2024

СОДЕРЖАНИЕ

Том 64, номер 2, 2024

Ледники и ледниковые покровы

Влияние изменений климата и деградации оледенения на водный режим в высокогорной части бассейна р. Терек
Е. Д. Корнилова, И. Н. Крыленко, Е. П. Рец, Ю. Г. Мотовилов, И. А. Корнева, Т. Н. Постникова, О. О. Рыбак 173

Прорыв завального озера Маашей (Северо-Чуйский хребет, Центральный Алтай)
В. А. Распутина, Г. В. Пряхина, Д. А. Ганюшкин, Д. В. Банцев, С. А. Грига, С. С. Свирепов 189

Особенности гидрологического режима приледниковых моренных озёр Алтая
Г. В. Пряхина, В. А. Распутина, Е. С. Зелепукина, Д. В. Банцев, А. Э. Крыжановская 202

О ледово-каменном обвале с северного склона горы Дыхтау 12.08.2023 и потенциальной угрозе обвала со склона горы Джангитау (бассейн р. Черек-Безенгийский, Центральный Кавказ)
М. Ю. Бекkиев, М. Д. Докукин, М. Ч. Залиханов, Р. Х. Калов, А. Р. Акаев 213

Снежный покров и лавины

Районы максимальной интенсивности лавинообразования на Большом Кавказе при крупных аномалиях температурно-влажностного режима
А. Д. Олейников 221

Механизм миграции ионов из материала субстрата в снежный покров в конце холодного периода
В. И. Федосеева 231

Высота снежного покрова и её динамика на материковой части Российской Арктики в условиях современного климата
А. В. Сосновский, Н. И. Осокин 238

Оценка снежности зим различными методами на примере города Южно-Сахалинска
Е. Н. Казакова 252

Ионный состав снежного покрова на территории Сибири и Дальнего Востока
А. В. Салтыков, С. Н. Балыкин, Д. Н. Балыкин, И. В. Горбачев 262

Экспериментальное определение коэффициента вязкости сухого снега
Р. А. Чернов 273

Морские, речные и озёрные льды

Многолетняя изменчивость характеристик ледового режима в устьевых областях рек западного побережья Белого моря на фоне климатических изменений
В. Н. Баклагин, Н. И. Махальская 281

Экспресс-информация

Бурение льда на Земле Принцессы Елизаветы (Восточная Антарктида) для изучения геологии коренного ложа и позднечетвертичного климата
Г. Л. Лейченков, П. Г. Талалай, Н. Жан, И. А. Абдрахманов, М. А. Воробьёв, Д. Гон, Ю. Лиу, Я. Ли, Ю. Сун, И. И. Лаврентьев, А. А. Екайкин, Д. Р. Халимов, Б. Ли, В. Я. Липенков 293

ЛЁД И СНЕГ, 2024, № 2, с. 281–292

МОРСКИЕ, РЕЧНЫЕ И ОЗЁРНЫЕ ЛЬДЫ

УДК 556.535.5

МНОГОЛЕТНЯЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ХАРАКТЕРИСТИК ЛЕДОВОГО РЕЖИМА В УСТЬЕВЫХ ОБЛАСТЯХ РЕК ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ БЕЛОГО МОРЯ НА ФОНЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

© 2024 г. В. Н. Баклагин*, Н. И. Махальская

Институт водных проблем Севера – Карельский научный центр РАН, Петрозаводск, Россия

**e-mail: slava.bakalgin@mail.ru*

Поступила 19 февраля 2024 г.
После доработки 26 марта 2024 г.
Принята к печати 2024 г.

Представлены результаты статистического анализа данных об основных элементах ледового режима рек западного побережья Белого моря (Республика Карелия и Архангельская область) за период 1956–2020 гг. Выявлены общие закономерности многолетней изменчивости процессов формирования ледового режима наряду с произошедшими климатическими изменениями за рассматриваемый период.

Ключевые слова: реки, ледовый режим, характерные даты, ледостав, период с ледовыми явлениями, климатические изменения, холодный сезон, Белое море

DOI: 10.31857/S2076673424010077

ВВЕДЕНИЕ

Зимний режим рек – неотъемлемая фаза гидрологического режима водотоков; она представляет особый интерес для различных отраслей народного хозяйства. Сведения о процессах формирования и разрушения ледяного покрова на водотоках, их прогнозирование служат основой для таких видов деятельности как судоходство, рыбный промысел, организация ледовых переправ и др., а также используются в гидропрогнозировании в целях предупреждения и предотвращения возникновения чрезвычайных ситуаций (далее – ЧС), наносящих ущерб окружающей среде, объектам жизнеобеспечения и населению. Такие ЧС могут иметь место вследствие опасных гидрологических явлений, возникающих при подъеме уровня воды в реке в результате зажорно-заторных явлений и раннего ледообразования (Банщикова, Сумачева, 2021).

Поскольку ошибки при прогнозировании пространственно-временных характеристик ледовых явлений на реках могут привести к негативным последствиям для промышленности и народного хозяйства (ущербам от наводнений, прорыва дамб, разрушения гидротехнических сооружений и др.), изучение сроков и фаз ледового режима рек представляет весьма важную и актуальную научно-практическую задачу. Основные факторы, оказывающие влияние на формирование ледового режима рек, – климатические условия (температурный режим, скорость, направление ветра и пр.), а также водность реки, высота стояния уровня грунтовых вод (грунтовое питание), скорости течения и другие природно-климатические факторы, что в целом зависит от региональных особенностей и географического месторасположения водотоков (Ресурсы..., 1972; Агафонова и др., 2016). Однако в наибольшей степени процессы ледообразования на реках зависят от складывающихся метеорологических условий (температурного режима), предшествующих началу развития ледовых процессов, и сформировавшегося гидрологического режима (Дебольский и др., 2008).

Исследования ледовых явлений на реках арктической зоны России отечественными гидрологами были начаты в XX в. Результаты исследований на основе собранных многолетних данных обобщены в виде статистических характеристик и типизированных карт ледового режима рек СССР, а также представлены рядом фундаментальных работ (Гинзбург, 1973; Донченко и др., 1987). Многие исследования посвящены изучению влияния изменений климатических условий на формирование ледового режима рек арктического Севера России. Так, по результатам оценки ледового режима в устьевых областях рек российской западной Арктики (Северная Двина, Мезень, Печора, Обь) установлено увеличение различия между наиболее ранней и поздней датами наступления осенних ледовых явлений за периоды 1930–1960 и 1961–2000 гг., например, для р. Северной Двины увеличение составляет 14 дней (Дебольский и др., 2008).

Таблица 4. Параметры регрессионного анализа основных элементов ледового режима на реках западного побережья Белого моря (Республика Карелия и Архангельская обл.) за различные временные периоды

Основные элементы ледового режима		Период, лет	Среднее значение	α, дни/год	R^2	p-*value*	Значимость
Даты	появления осенних ледовых явлений	1956–1990	30.10	-	0.01	0.535	-
		1991–2020	05.11	-	0.02	0.443	-
		1956–2020	02.11	0.160 ± 0.147	0.07	0.033	+
	установления ледостава	1956–1990	16.11	-	0.00	0.927	-
		1991–2020	18.11	-	0.11	0.080	-
		1956–2020	17.11	-	0.02	0.235	-
	начала разрушения ледовых явлений	1956–1990	24.04	-	0.01	0.615	-
		1991–2020	19.04	–0.300 ± 0.272	0.15	0.032	+
		1956–2020	22.04	–0.166 ± 0.095	0.16	0.001	+
	окончания ледовых явлений	1956–1990	04.05	-	0.03	0.311	-
		1991–2020	29.04	–0.244 ± 0.237	0.14	0.044	+
		1956–2020	02.05	–0.176 ± 0.090	0.19	0.000	+
Продолжительность, дни	ледостава	1956–1990	160	-	0.00	0.733	-
		1991–2020	153	–0.765 ±0.518	0.25	0.005	+
		1956–2020	157	–0.265 ± 0.184	0.12	0.006	+
	периода с ледовыми явлениями	1956–1990	187	-	0.04	0.272	-
		1991–2020	176	-	0.10	0.095	-
		1956–2020	182	–0.330 ± 0.162	0.21	0.000	+

Примечание. α – значение тренда; Δ – доверительный интервал; R^2 – коэффициент детерминации; p-*value* – оценка критерия Фишера.

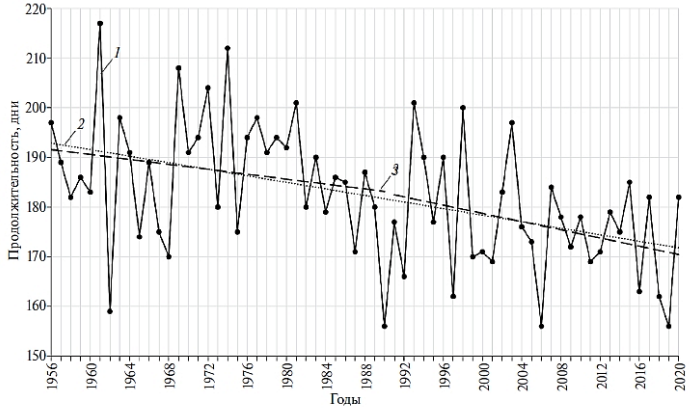


Рис. 5. Хронологический график продолжительности периода с ледовыми явлениями на реках западного побережья Белого моря (*1*) и её линейные тренды за временные периоды 1956–2020 гг. (*2*), 1956–1990 и 1991–2020 гг. (*3*)
Fig. 5. Chronological graph of the duration of the period with ice phenomena on the rivers of the western coast of the White Sea (*1*) and its linear trends for the time periods 1956–2020 (*2*), 1956–1990 and 1991–2020 (*3*)

ЭКСПРЕСС-ИНФОРМАЦИЯ

УДК 551.321

БУРЕНИЕ ЛЬДА НА ЗЕМЛЕ ПРИНЦЕССЫ ЕЛИЗАВЕТЫ (ВОСТОЧНАЯ АНТАРКТИДА) ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ГЕОЛОГИИ КОРЕННОГО ЛОЖА И ПОЗДНЕЧЕТВЕРТИЧНОГО КЛИМАТА

© 2024 г. Г. Л. Лейченков[1,2], П. Г. Талалай[3,4]*, Н. Жан[3], И. А. Абдрахманов[1], М. А. Воробьёв[5], Д. Гон[3], Ю. Лиу[3], Я. Ли[4], Ю. Сун[4], И. И. Лаврентьев[5], А. А. Екайкин[6], Д. Р. Халимов[6], Б. Ли[4], В. Я. Липенков[6]

[1]Всероссийский научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов Мирового океана, Санкт-Петербург, Россия;
[2]Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;
[3]Цзилинский университет, Чанчунь, Китай;
[4]Китайский университет наук о Земле, Пекин, Китай;
[5]Институт географии РАН, Москва, Россия;
[6]Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, Россия.
*e-mail: ptalalay@yandex.ru

Поступила 4 апреля 2024 г.
После доработки 5 апреля 2024 г.
Принята к печати 2024 г.

В сезон 2023/24 г. в северо-западной части Земли Принцессы Елизаветы выполнялось бурение ледника с целью отбора горных пород коренного ложа в рамках совместного российско-китайского проекта. Работы проводились в составе 69-й Российской антарктической экспедиции и 40-й Китайской антарктической научно-исследовательской экспедиции; использовалась мобильная буровая установка, разработанная в Цзилинском университете (Китай). Полученные материалы позволят установить изменение природной среды Восточной Антарктиды в позднечетвертичное время и выявить особенности геологического развития региона за период миллиарда лет назад.

Ключевые слова: Восточная Антарктида, бурение льда, коренное ложе, снежно-фирновая толща, радиолокация

DOI:

Прямое изучение подледниковой среды – одна из наиболее важных задач настоящих и будущих исследований Антарктиды. Антарктический материк на 99,8% закрыт льдом, и все непосредственные знания о его геологическом строении основаны на изучении небольших горных выходов, обнажающихся из-подо льда преимущественно в прибрежных районах. Геофизические методы (в первую очередь результаты аэромагнитных съёмок) дают косвенную информацию о строении земной коры Антарктиды и требуют подтверждения методами прямого опробования. Таким методом является бурение льда с отбором кернов коренного ложа. В настоящее время существует несколько амбициозных проектов подобного рода (например, американский проект «Rapid Access Ice Drilling» – RAID, проект Китайской экспедиции бурения в горах Гамбурцева), но до сих пор ни один из них не реализован, и ещё ни разу в Антарктиде не удалось выполнить целевой геологический отбор кернов коренного ложа, не считая опробования молодых осадков в подледниковых озёрах Западной Антарктиды и тестового бурения вблизи научных станций (Talalay et al., 2021).

В декабре 2023 г.– феврале 2024 г. в северо-западной части Земли Принцессы Елизаветы в рамках совместного российско-китайского проекта было проведено керновое бурение, целью которого был отбор кернов льда и коренного ложа. Работы выполнялись в составе 69-й Российской антарктической экспедиции (РАЭ) и 40-й Китайской антарктической научно-исследовательской экспедиции. Бурение осуществлялось при помощи мобильной буровой установки, разработанной в Цзилинском университете (Китай) и предназначенной для проходки скважин колонковым способом во льду глубиной до 1400 м с проникновением в подледниковые породы на глубину до 1–2 м (Talalay et al., 2021).

Буровой комплекс состоял из двух передвижных модулей: собственно буровой общим весом около 25 тонн и вспомогательного бокса общим весом около 20 т. Проходка скважины включала в себя:

сухое колонковое бурение верхнего пористого снежно-фирнового слоя шнековым колонковым набором; заливку промывочной жидкости (авиационного керосина) на высоту бурового снаряда; колонковое бурение атмосферного льда с призабойной циркуляцией промывочной жидкостью резцовой буровой коронкой со среднесуточной производительностью 20–25 м/сут. Для бурения базального льда с минеральными включениями используется буровая коронка, армированная PDC резцами, а для бурения коренных пород – зубчатая импрегнированная алмазная коронка.

Работы обеспечивались при поддержке Российской Антарктической экспедиции Арктического и антарктического НИИ (ААНИИ).

Место бурения выбирали исходя, в первую очередь, из геологической целесообразности, т. е. необходимости получения ценного геологического материала, но при этом учитывались рельеф коренного ложа и толщина льда, а также возможности организации и проведения буровых работ в короткий летний период. Наиболее оптимальным со всех точек зрения оказался участок, расположенный на 30-м километре трассы санно-гусеничных походов (СГП) Прогресс – Восток (рис. 1).

Ранее здесь была обнаружена линейная высокоамплитудная магнитная аномалия, протянувшаяся в широтном направлении более чем на 500 км; она пересекает рифтовую зону ледника Ламберта – Эймери с его флангами (Golynsky et al., 2018). Источник этой аномалии остаётся неизвестным, так как вдоль неё нет выходов горных пород. Предполагается, что аномалия маркирует ключевую структуру на границе тектонических провинций и, возможно, связана с тектоническим швом, сформировавшимся во время становления древнего суперконтинента Родиния при сращивании Индии и Восточной Антарктиды около 900–800 млн лет назад. Полевой лагерь, где выполняли ледовое бурение, получил название «Аномалия». В лагере размещалась буровая установка и мастерская, гляциологическая лаборатория, кернохранилище, жилые помещения и кают-компания (см. рис. 1).

В сезон 2022/23 г. (68 РАЭ) в северо-западной части Земли Принцессы Елизаветы была выполнена детальная магнитная и радиолокационная съёмка масштаба 1:100 000, на основании которой уточнялось положение скважины. Выбранное место расположено в центре магнитной аномалии, на вершине локального поднятия коренного ложа в точке с координатами 69°35.563′ ю. ш.; 76°23.278′ в. д. на высоте 680 м над ур. моря. Радиолокационные данные показали, что толщина льда здесь не превышает 560 м (рис. 2).

Актуальность изучения керна атмосферного льда связана с необходимостью реконструкции климатических условий (в первую очередь температуры воздуха и скорости снегонакопления) в Антарктике

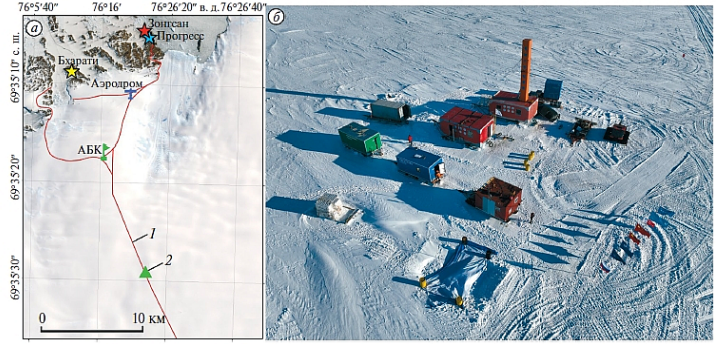


Рис. 1. Положение буровой скважины на леднике в северо-западной части Земли Принцессы Елизаветы (*а*): *1* – трасса СГП, *2* – скважина; звёздами показаны научные станции; полевой лагерь «Аномалия», расположенный на трассе Прогресс – Восток (трасса видна в правом верхнем углу фотографии) (*б*)
Fig. 1. Position of ice drilling site in the north-western Princess Elizabeth Land (a): *1* – Progress – Vostok route; *2* – the well; the stars show scientific stations; field camp "Anomaly" located near the Progress – Vostok logistic route seen in the upper-right corner of the image (*б*)

PROBLEMS OF GEOGRAPHY

ISSN 0372-5758

157

WATER PROBLEMS AND THEIR SOLUTION

ВОПРОСЫ ГЕОГРАФИИ

ISSN 0372-5758

157

ВОДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ИХ РЕШЕНИЕ





ВОПРОСЫ ГЕОГРАФИИ

Сборник 157

ВОДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ИХ РЕШЕНИЕ

Редакционная коллегия:
академик В.М. Котляков
профессор Н.И. Коронкевич
к.г.н. Е.А. Барабанова

МОСКВА
Медиа-ПРЕСС
2023

В74

Вопросы географии / Русское географическое общество. – Москва. Издаётся с 1946 года.
Сб. 157. Водные проблемы и их решение / В.М. Котляков и др. – М.: Медиа-ПРЕСС, 2023. 480 с.

Рассматриваются водные проблемы, которые носят как теоретический, так и практический характер. В числе последних те, которые обусловлены неблагоприятными изменениями водных ресурсов. Рассмотрены наводнения, дефицит воды, загрязнение рек и водоемов. В основу решения водных проблем положены главным образом географо-гидрологические подходы и методы. Обширен региональный аспект рассмотрения – от небольших водных объектов до глобального. Но основное внимание уделено водным проблемам России. В числе авторов статей специалисты ведущих гидрологических организаций, как России, так и других стран. Все статьи разделены на три раздела. В первом рассматривается комплекс водных проблем, во втором – проблемы, связанные с количественными изменениями водных ресурсов, а в третьем – проблемы, обусловленные их качественным состоянием.
Для географов, гидрологов, специалистов водного хозяйства.

ISBN 978-5-901003-73-2

Problems of Geography / Russian Geographical Society. – M. Published since 1946.
Vol. 157. Water problems and their solution / V.M. Kotlyakov et al. – M.: Media-Press, 2023. 480 p.

The issue is devoted to water problems, which are theoretical and practical in nature and caused by adverse changes in water resources. Floods, water scarcity, pollution of rivers and reservoirs are suggested. The solution of water problems is based mainly on geographical and hydrological approaches and methods. Problems of small water bodies and planet-scale are examined, but the main attention is paid to the water problems of Russia. The authors of articles are specialists from leading hydrological organizations in Russia and other countries. There are three sections in this issue: complex problems are analyzed in the first one, problems related to quantitative and qualitative changes in water resources – in the second and third section.
For geographers, hydrologists, water management specialists.

Содержание

Предисловие (*В.М. Котляков, Н.И. Коронкевич, Е.А. Барабанова*) 11

КОМПЛЕКС ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ

Н.И. Коронкевич, Е.А. Барабанова, И.С. Зайцева. Многообразие водных проблем и путей их решения 15

Г.М. Черногаева, Л.Р. Журавлева, Ю.А. Малеванов. Современные методы комплексной оценки состояния пресноводных объектов в Российской Федерации и результаты её применения 46

С.И. Шапоренко. Многолетняя изменчивость показателей водохозяйственной деятельности на водосборах и её возможное влияние на качество вод в устьях северных рек 58

А.А. Волчек. Водные ресурсы Беларуси и экологические риски 81

С.В. Долгов. Антропогенные и климатические изменения водных ресурсов в Курской области и их последствия 105

Ю.Ю. Алентьев. Специфика оценки гидрометеорологических и гидрогеологических параметров с использованием автоматических средств фиксации 124

ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С КОЛИЧЕСТВОМ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Н.Л. Фролова, Д.В. Магрицкий, М.Б. Киреева, В.Ю. Григорьев, А.Н. Гельфан, А.А. Сазонов, С.А. Журавлев, Л.С. Курочкина. Современные изменения характеристик максимального стока рек России 137

М.В. Болгов, Е.А. Коробкина, И.А. Филиппова. Управление водохранилищами системы водообеспечения г. Москвы: есть ли необходимость адаптации к современным условиям? 167

В.И. Бабкин, А.В. Бабкин, О.В. Мёрзлый, Е.Л. Скорятина. Водный баланс местных водосборов водохранилищ Нижней Волги 182

А.В. Измайлова, К.А. Дубровская, Т.В. Фуксова. Многолетние изменения основных составляющих водного баланса крупнейших водохранилищ Европейской территории России 191

А.П. Демин. Водообеспечение населения Крымского полуострова в 2014-2020 годах: состояние и проблемы 214

Л.М. Корытный, А.Т. Напрасников. Взаимосвязь элементов водного и теплового балансов в бассейновых геосистемах как основа мелиорации 234

Ж.Т. Сивохип, В.М. Павлейчик, Ю.А. Падалко. Проблемы гарантированного обеспечения водными ресурсами в бассейне реки Урал 250

С.В. Ясинский, М.В. Сидорова, М.Б. Алиева. Весенний сток малых рек на урбанизированных территориях в бассейне Волги (на примере Нижнего Новгорода) 274

А.В. Сикан, Ф.А. Иманов. Пространственно-временные колебания минимального летне-осеннего стока рек Большого Кавказа в пределах Азербайджана 288

М.В. Сидорова, Е.А. Кашутина, Е.А. Черенкова. Гидрологическая ситуация на Европейской территории России в XXI веке по данным глобального климатического моделирования 300

ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОДЫ И ЕЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ

А.П. Демин, А.В. Зайцева. Сброс сточных вод и загрязнение водных объектов в бассейне реки Дон (1995–2020 гг.) 330

И.Л. Григорьева. Современное состояние и возможные меры по улучшению качества воды волжского источника водоснабжения г. Москвы 350

Ю.А. Спирин, С.И. Зотов, В.С. Таран, Ю.В. Королева. Сравнительный анализ гидрохимического состояния малых водотоков польдерных земель по гидрологическим сезонам 359

Е.А. Кашутина, С.В. Ясинский, М.В. Сидорова, Е.С. Гришанцева, Е.В. Веницианов. Микрочастицы – источники и переносчики загрязнения в водных объектах 376

А.А. Ершова, И.Н. Макеева, С.В. Ясинский. Микропластик в поверхностных и подземных водах крупного города в бассейне р. Волги (на примере Нижнего Новгорода) 402

А.Т. Зиновьев, А.В. Дьяченко, О.В. Кондакова. Моделирование термического режима озера Чаны 421

В.А. Дмитриева, П.В. Литвинов. Осеннее ледообразование на реках донского бассейна 433

В.Г. Калинин, К.Д. Микова. О краткосрочных и среднесрочных прогнозах ледообразования на Камском водохранилище 446

М.В. Шмакова, С.В. Ясинский. Моделирование процессов почвенной эрозии водосборных территорий (бассейновый подход) 459

Сведения об авторах 475

КОМПЛЕКС ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ

УДК 556.5

DOI: 10.24057/probl.geogr.157.1

Многообразие водных проблем и путей их решения

Н.И. Коронкевич, Е.А. Барабанова, И.С. Зайцева

Институт географии РАН

Diversity of water problems and of ways to solve them

N.I. Koronkevich, E.A. Barabanova, I.S. Zaitseva

Institute of Geography, Russian Academy of Sciences

koronkevich@igras.ru

Summary. A generalization of ideas about the main water problems (floods, water scarcity, pollution of water bodies) as well as about the ways to solve them, based both on the analysis of available literature sources and the authors' own developments, has been carried out. The water problems that have developed on the continents, in the world as a whole and in Russia are analyzed. The special danger of water resources quality depletion as a result of wastewater discharge, even considered purified, runoff from urbanized areas and from arable land is shown. It is concluded that well-known measures, especially preventive, make it possible to solve emerging water problems or, at least, to weaken their negative impact as much as possible.

Key words: ***floods; water scarcity; pollution by sewage and return water; runoff from urbanized areas and arable lands; dilution; organizational, legal, economic, technical measures; individual means for water supply; water problems solution.***

Резюме. Выполнено обобщение представлений об основных водных проблемах – наводнениях, дефиците воды, загрязнении водных объектов, а также о путях их решения, основанное как на анализе имеющихся литературных источников, так и собственных разработок авторов. Анализу подвергнуты водные проблемы, сложившиеся на континентах, в мире в целом и в России. Показана особая опасность качественного истощения водных ресурсов в результате сброса в водные объекты сточных вод даже считающихся очищенными, стока с урбанизированных площадей и с пахотных угодий. Сделан вывод, что известные мероприятия, особенно профилактического характера, позволяют решить возникающие водные проблемы или, по крайней мере, максимально ослабить их негативное влияние.

Ключевые слова: ***наводнения, дефицит воды, загрязнение сточными и возвратными водами, стоком с урбанизированных площадей и пахотных угодий, разбавление, организационно-правовые, экономические, технические мероприятия, индивидуальные средства водообеспечения, решение водных проблем.***

Таблица 2. Водообеспеченность населения крупных регионов мира

Регион	Население, млн чел.		Речной сток, км³/год		Водообеспеченность, тыс. м³/чел.	
	всего	в наиболее обжитой части*	со всей территории**	с наиболее обжитой части***	всего населения речным стоком со всей территории	населения наиболее обжитой части речным стоком с ее территории
Зарубежная Европа	647,6	518,1	2010	1290	3,1	2,5
Россия	146,7	117,4	4120	700	28,1	6,0
Зарубежная Азия	4642,8	3714,2	10280	3050	2,2	0,8
Северная Америка	579,0	463,2	7890	2620	13,6	5,7
Южная Америка	438,0	350,4	12030	2400	27,5	6,8
Африка	1380,5	1104,4	4050	3010	2,9	2,7
Австралия и Океания	43,3	34,6	2400	350	55,4	10,1
Мир	7877,9	6302,3	42780	13420	5,4	2,1

*80% от общего населения; **По (Водные…, 2008); ***По (Коронкевич и др., 2020а)

Таблица 3. Водопотребление и объём сточных и возвратных вод на уровне 2021 г.

Регионы	Водопотребление				Объем сточных и возвратных вод	
	полное (водозабор)		безвозвратное			
	км³	%	км³	%	км³	%
Европа	466	10,4	228	9,3	238	11,7
Азия	2796	62,3	1648	67,4	1148	56,2
Африка	304	6,8	197	8,0	107	5,2
Северная Америка	665	14,8	246	10,0	419	20,5
Южная Америка	224	5,0	108	4,4	116	5,7
Австралия и Океания	34	0,8	20	0,8	14	0,7
Мир	4489	100	2448	100	2042	100

УДК 504.453

DOI: 10.24057/probl.geogr.157.2

Современные методы комплексной оценки состояния пресноводных объектов в Российской Федерации и результаты её применения

Г.М. Черногаева[1,2], Л.Р. Журавлева[2], Ю.А. Малеванов[2]

[1]Институт географии РАН,
[2]Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля

Modern methods of complex assessment of the state of freshwater objects in the Russian Federation and the results of its application

G.M. Chernogaeva[1, 2], L.R. Zhuravleva[2], Yu.A. Malevanov[2]

[1]Institute of Geography, Russian Academy of Science, Russia, Moscow
[2]Yu.A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology, Russia, Moscow

gmchernogaeva@gmail.com

Resume. According to the monitoring data of Roshydromet for 2000–2020, with the involvement of data from other sources, an assessment of river flow and water quality is given both in natural (river basins, hydrographic basins) and administrative territories (subjects and federal districts), as well as their modern changes. The methods of compiling annual interactive cartographic materials on the quantity and quality of water resources on a single basis and the results of their application, which will allow the subjects of the Russian Federation to use river waters in their territories most effectively and improve their quality, are described.

Keywords: ***flow rate, wastewater, pollution, change, subjects and federal districts of the Russian Federation***

Резюме. По данным мониторинга Росгидромета за 2000–2020 гг. с привлечением данных других источников даётся оценка речного стока и качества вод как в природных (бассейны рек, гидрографические бассейны), так и административных территорий (субъекты и федеральные округа), а также их современных изменений. Излагаются методы составления ежегодных интерактивных картографических материалов количества и качества водных ресурсов на единой основе и результаты их применения, которые позволят субъектам Российской Федерации наиболее эффективно использовать речные воды на их территориях и улучшать их качество.

Ключевые слова: ***норма стока, сточные воды, загрязнение, изменение, субъекты и федеральные округа Российской Федерации***



Рис. 1. Водные ресурсы Российской Федерации за 2000–2020 гг. (км^3/год) и отклонение от нормы (%) (Обзор…, 2001–2021)

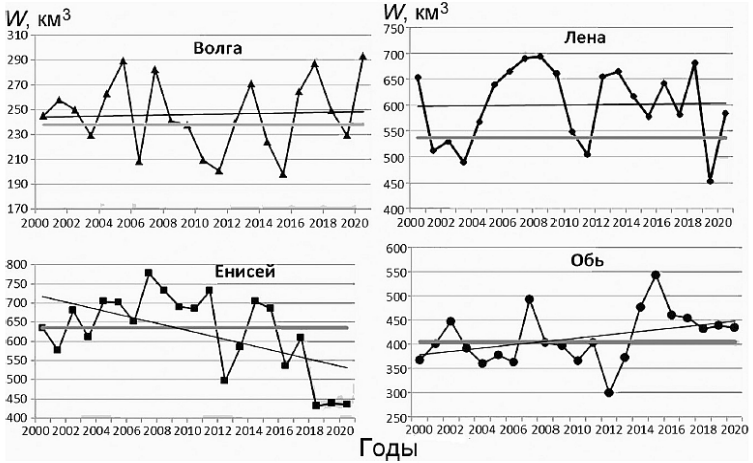


Рис. 2. Водные ресурсы основных рек Российской Федерации за 2000–2020 гг. (серая линия – среднее многолетнее значение, км^3, тонкая линия – тренд) (Тенденции…, 2007, 2013, 2017; Обзор…, 2001–2020)

ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С КОЛИЧЕСТВОМ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

УДК 556.06

DOI: 10.24057/probl.geogr.157.7

Современные изменения характеристик максимального стока рек России

Н.Л. Фролова[1], Д.В. Магрицкий[1], М.Б. Киреева[1], В.Ю. Григорьев[1,2], А.Н. Гельфан[1,2], А.А. Сазонов[1,2], С.А. Журавлев[3], Л.С. Курочкина[3]

[1]Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова; [2]Институт водных проблем РАН; [3]Государственный гидрологический институт

Modern changes of the maximum flow characteristics of the rivers of Russia

N.L. Frolova[1], D.V. Magritskii[1], M.B. Kireeva[1], V.Y. Grigor'ev[1,2], A.N. Gelfan[1,2], A.A. Sazonov[1,2], S.A. Zhuravlev[3], L.S. Kurochkina[3]

[1]Lomonosov Moscow State University; [2]Water Problems Institute; [3]State Hydrological Institute

frolova_nl@mail.ru

Resume. The article presents the results of the studies devoted to the estimates of changes in the characteristics of the maximum flow of the rivers of Russia under conditions of climate change. The latest summaries of relevant publications are contained in the assessment reports of Roshydromet and numerous articles by both domestic and foreign authors. The aim of this paper is to summarize the current understanding of the influence of climate change on the maximum flow of rivers on the territory of the Russian Federation, primarily based on the publications of recent years and the authors' own studies. The article presents new data and cartographic materials on the character of maximum flow changes, including the dates of the stationarity disruption of the series. Considerable attention is paid to the statistical analysis of the identified changes.

Key words: ***climate change, maximum runoff, statistical criteria***

Резюме. В статье представлены результаты исследований, посвящённых оценкам изменений характеристик максимального стока рек России в условиях современных изменений климата. Последние по времени обобщения соответствующих публикаций содержатся в оценочных докладах Росгидромета и многочисленных статьях как отечественных, так и зарубежных авторов. Цель настоящей работы – обобщить современные представления о влиянии изменения климата на территории Российской Федерации на максимальный сток рек, прежде всего, на основе публикаций последних лет и собственных исследований авторов. В статье приведены новые данные и картографические материалы о характере изменения максимального стока, включая даты нарушения стационарности рассматриваемых рядов. Значительное внимание уделено статистическому анализу выявленных изменений.

Ключевые слова: ***изменения климата, максимальный сток, статистические критерии***

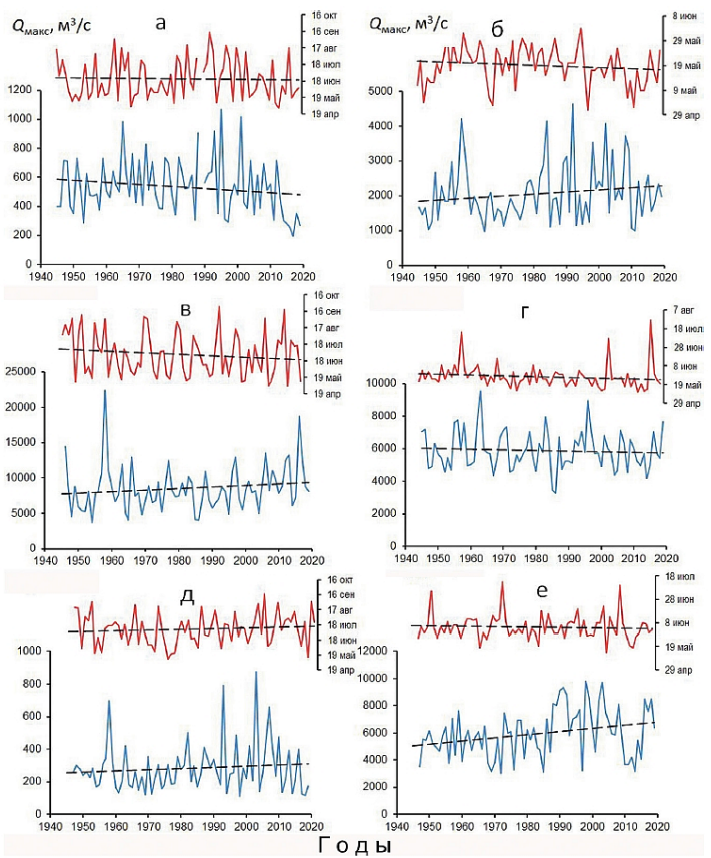


Рис. 5. Многолетние колебания максимальных за год расходов воды (синяя линия) и дат их наступления (красная линия) на реках в бассейне Лены: а – Лена, пос. Качуг; б – Нюя, с. Курум; в – Олёкма, с. Куду-Кёль; г – Алдан, г. Томмот; д – Тимптон, раб. пос. Нагорный; е – Марха, с. Малыкай (пунктиром показана линия линейного тренда)

УДК: 504.453 DOI: 10.24057/probl.geogr.157.21

Микропластик в поверхностных и подземных водах крупного города в бассейне р. Волги (на примере Нижнего Новгорода)

А.А. Ершова*, И.Н. Макеева*, С.В. Ясинский**

*Российский государственный гидрометеорологический университет
**Институт географии РАН

Microplastics in surface and ground waters of a large city in the Volga River basin (Nizhny Novgorod case study)

A.A. Ershova*, I.N. Makeeva*, S.V. Yasinskii**

*Russian State Hydrometeorological University; **Institute of Geography RAS
amberx19@gmail.com

Abstract. The first study of microplastic contamination of water bodies in urban areas was carried out for the city of Nizhny Novgorod. In 2020 and 2021 in different hydrological seasons (high water, low water) water of small rivers – Volga tributaries, urban springs, as well as the snow cover was sampled for synthetic polymers. The problem of microplastic contamination is relevant for this region. Microplastic concentrations range from 50 to 4930 items/m^3 and contain synthetic microfibers and fragments, the average amount of microplastics in rivers is 660 items/m^3, and in springs - 85 items/m^3. The least contaminated rivers with microplastics are the Levinka and Borzovka rivers in the Zarechnaya district of Nizhny Novgorod, and the most contaminated with microplastics is the Rakhma River with its tributary Starka (Kova) in the Nagornyi district. Spring snowmelt caused active washout of bitumen (asphalt) particles from roads and severe contamination of not only rivers, but also urban springs. The adit for ground water drainage was the most contaminated object with microplastics in 2021 in Nizhny Novgorod.

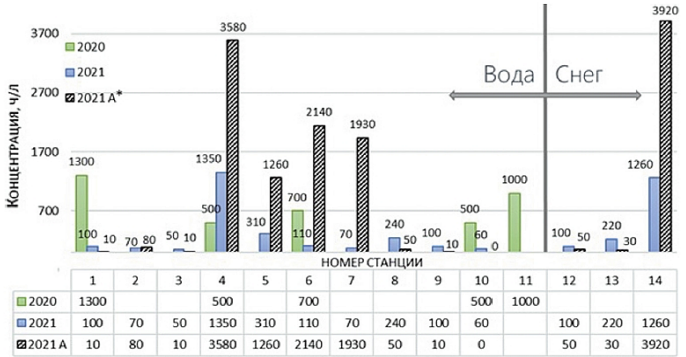
Key words: ***microplastics, urban springs, ground waters, small rivers, river Volga***

Резюме. Проведено первое исследование загрязнённости микропластиком водных объектов урбанизированных территорий на примере Нижнего Новгорода. В 2020 и 2021 гг. в разные гидрологические сезоны (половодье, межень) исследовано наличие синтетических полимеров в малых реках и притоках Волги, родниках города, а также в снежном покрове. Проблема микропластикового загрязнения актуальна для данного региона. Концентрации микропластика варьируют в широких пределах – от 50 до 4930 шт/м^3 (микроволокна и фрагменты пластика), среднее содержание микропластика в реках – 660 шт/м^3, в родниках – 85 шт/м^3. Наименее загрязнены микропластиком реки Левинка и Борзовка в Заречной части Нижнего Новгорода, а больше всего загрязнена река Рахма и её приток Старка (Кова) в Нагорной части города. Весеннее снеготаяние вызвало активный смыв частиц битума (асфальта) с дорог и сильное загрязнение не только рек, но и родников города. Больше всего загрязнена в 2021 г. была штольня, предназначенная для дренажа подземных вод.

Ключевые слова: ***микропластик, городские источники, подземные воды, малые реки, река Волга***

Таблица 1. Содержание и размер частиц микропластика в 2021 г.

№ станции	Местоположение	Концентрация микропластика		Размер частиц, мкм
		ч/л	шт/м^3	
	Вода			
1	р. Левинка	0,11	110	от 109 до 1128
2	р. Параша	0,15	150	от 159 до 905
3	р. Левинка (устье)	0,05	50	от 127 до 4850
4	Штольня	4,93	4930	от 175 до 4520
5	р. Старка	1,57	1570	от 154 до 1397
6	р. Рахма (до впадения Старки)	2,25	2250	от 135 до 2250
7	р. Рахма	2,0	2000	от 121 до 1030
8	р. Борзовка	0,29	290	от 120 до 1694
9	Родник 1	0,11	110	от 159 до 3120
10	Родник 2	0,06	60	от 472 до 1257
	Снег			
12	Парк Дубки (у р. Борзовка)	0,15	150	от 196 до 1220
13	Советский район	0,25	250	от 151 до 3180
14	р. Рождественка	5,18	5180	от 132 до 1472



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2020	1300			500		700				500	1000			
2021	100	70	50	1350	310	110	70	240	100	60		100	220	1260
2021 А	10	80	10	3580	1260	2140	1930	50	10	0		50	30	3920

Рис. 7. Содержание микропластиковых частиц, шт/м^3 в воде исследуемых водотоков, родников и в снеге в Нижнем Новгороде в 2020 и 2021 гг.
*А – частицы асфальта или битума, обнаруженные в 2021 г., показаны отдельно ввиду их отсутствия в пробах в 2020 г.

PROBLEMS OF GEOGRAPHY

ISSN 0372-5758

158

MOUNTAIN REGIONS OF RUSSIA

ВОПРОСЫ ГЕОГРАФИИ

158

ВОПРОСЫ ГЕОГРАФИИ

ISSN 0372-5758

158

ГОРНЫЕ РЕГИОНЫ РОССИИ



ВОПРОСЫ ГЕОГРАФИИ

Сборник 158

ГОРНЫЕ РЕГИОНЫ РОССИИ НА РУБЕЖЕ ВЕКОВ

ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗВИТИЕ

Ответственные редакторы:
академик В.М. Котляков
кандидат геолого-минералогических наук Ю.П. Баденков

МОСКВА
Медиа-ПРЕСС
2024

Вопросы географии / Русское географическое общество. – Москва. Издаётся с 1946 года.

В74 **Сб. 158. Горные регионы России на рубеже веков.** Исследования и развитие / Отв. ред. В.М. Котляков, Ю.П. Баденков. – М.: Медиа-ПРЕСС, 2024, 560 с.

В новейшей истории России тема устойчивого развития горных регионов появилась в начале 1990-х годов и по времени совпала с распадом СССР и возникновением нового государства – Российской Федерации. В эти же годы на Саммите ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро (1992), проблемы развития горных регионов впервые попали в Глобальную повестку развития в XXI веке. Горы и возвышенности, занимают более 50% территории страны. Они играют важную роль в её природно-экологическом, социально-экономическом и историческом пространстве. В книге дается аналитический обзор всего горного пространства России и оценка природно-ресурсного потенциала и тенденций развития её ключевых горных регионов на рубеже веков. Книга адресована широкой общественности, учёным, студентам, политикам и практикам, работающим в области пространственного развития и сохранения природного и культурного наследия.

ISBN 978-5-901003-75-6

Problems of Geography / Russian Geographical Society. – Moscow. Published since 1946.

Vol. 158. Mountain regions of Russia at the turn of the century. Research and Development / Eds. V.M. Kotlyakov, Yu.P. Badenkov. – M.: Media-PRESS, 2024, 560 p.

In the modern history of Russia, the topic of sustainable mountain development appeared in the early 1990s and coincided with the collapse of the USSR and the emergence of a new state - the Russian Federation. At the same years, at the UN Summit on Environment and Development in Rio de Janeiro (1992), the problems of development of mountain regions were for the first time included in the Global Development Agenda in the 21st century. Mountains and highlands occupy more than 50% of the country's territory. They play an important role in its natural-ecological, socio-economic and historical space. The book provides an analytical overview of the entire mountainous space of Russia and an assessment of the natural resource potential and development trends of its key mountain regions at the turn of the century. The book is addressed to the general public, scientists, students, politicians and practitioners working in the field of spatial development and conservation of natural and cultural heritage.

ISBN 978-5-901003-75-6

Содержание

ВВЕДЕНИЕ

В.М. Котляков, Ю.П. Баденков. Горные регионы России на рубеже веков. Исследования и развитие.....13

Ю.Н. Голубчиков. Горные регионы России в географическом пространстве Северной Евразии. Природно-климатическое, этнокультурное и историческое разнообразие 26

Ю.П. Баденков, Г.Э. Инсаров, Т.В. Яшина. Глобальные изменения и глокализация в горах. Нереализованный потенциал горных биосферных резерватов России 96

А.В. Кошкарев. Геопортал как инструмент управления пространственными данными о горных территориях.....135

ГОРЫ АЗИАТСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

П.Я. Бакланов, А.Н. Махинов, А.В. Мошков. Горные регионы Дальнего Востока: проблемы и перспективы устойчивого развития.....161

А.Н. Пилясов. Колымские нагорья, технологические уклады и региональная инновационная система Магаданской области в столетней перспективе 184

К.С. Ганзей. Горные геосистемы Курильских островов и островов залива Петра Великого: особенности функционирования и оценка устойчивости ландшафтов 233

Э.Г. Коломыц. Очаговые процессы возрождения континентальной биосферы в островных вулканических ландшафтах Северо-Западной Пацифики 255

В.М. Плюснин, И.Н. Владимиров, А.А. Сороковой. Горные территории Байкальского региона: проблемы и перспективы устойчивого природопользования 293

К.Д. Аракчаа, С.С. Курбатская, С.А. Чупикова. Горная Тыва: состояние и перспективы развития.....317

Ю.И. Винокуров, Б.А.Красноярова. Трансграничный Алтай: особенности формирования и сотрудничества.....351

М.Г. Сухова, Н.Ф. Харламова. Региональные проявления изменения климата на Алтае.....369

А.Н. Дунец. Туризм – драйвер устойчивого развития Русского Алтая.....380

Т.П. Калихман. Трансграничная территориальная охрана природы Сибири и Дальнего Востока 401

УРАЛ – ТРАНСГРАНИЧНЫЙ МЕГАРЕГИОН РОССИИ

А.И. Зырянов. Уральские горы – российский и мировой феномен.....433

СЕВЕРНЫЙ КАВКАЗ

А.Н. Гуня, Е.Ю. Колбовский, А.Ж. Пуреховский. Трансформация горных районов Северного Кавказа (1990–2020).....455

Ш.С. Мудуев, З.В. Атаев, С.Г. Абдулманапов. Трансформация горных территорий Дагестана и стратегия устойчивого развития: история, практика, перспективы.....482

С.А. Литвинская. Специфика воздействия на ландшафты и природопользование горских народов Западного Кавказа (III тысячелетие до н.э. – середина XIX в.).....516

КРЫМ

Р.В. Горбунов, В.А. Табунщик, Д.А. Вольхин, Т.Ю. Горбунова. Трансформация ландшафтно-экологических и социокультурных процессов в Горном Крыму в постсоветский период.....537

Сведения об авторах.....556

УДК 913:914:910.3:502.4 DOI: 10.24057/probl.geogr.158.10

Горная Тыва: состояние и перспективы развития

К.Д. Аракчаа[1,2], С.С. Курбатская[1,3,4], С.А. Чупикова[5]

[1]Тувинское республиканское отделение РГО, Кызыл, Россия; [2]Научно-исследовательский институт медико-социальных проблем и управления Республики Тыва, Кызыл, Россия; [3]Центр биосферных исследований Республики Тыва, Кызыл, Россия; [4]Тувинский государственный университет, Кызыл, Россия; [5]Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН, Кызыл, Россия

Mountain Tuva: state and development prospects

K.D. Arakchaa[1,2], S.S. Kurbatskaya[3,4,5], S.A. Chupikova[5]

[1]Tuva Republican Branch of RGO, Kyzyl, Russia; [2]Scientific Research Institute of Medical and Social Problems and Management of the Republic of Tuva, Kyzyl, Russia; [3]Biosphere Research Center of the Republic of Tuva, Kyzyl, Russia; [4]Tuva State University, Kyzyl, Russia; [5]Tuva Institute of Integrated Development of Natural Resources SB RAS, Kyzyl, Russia

chodura@yandex.ru

Summary. The review is devoted to one of the mountainous regions of the Russian Federation – the Republic of Tuva, located in the geographical center of the Asian continent and bordered by the ridges of the Altai-Sayan system. Physical and geographical data, natural, economic and historical specifics of the region are presented. The socio-economic characteristics of the region for the period from 1992 to 2022, problems and prospects for further development are considered in dynamics.

Keywords: ***Republic of Tuva, mountainous territory, features and prospects of development***

Резюме. Обзор посвящён Республике Тыва, расположенной в географическом центре Азиатского материка и окаймлённой хребтами Алтае-Саянской системы. Представлены физико-географические данные, природная, экономическая и историческая специфика региона. Рассмотрены изменения социально-экономических характеристик региона за 1992–2022 гг., проблемы и перспективы дальнейшего развития.

Ключевые слова: ***Республика Тыва, горная территория, особенности и перспективы развития***

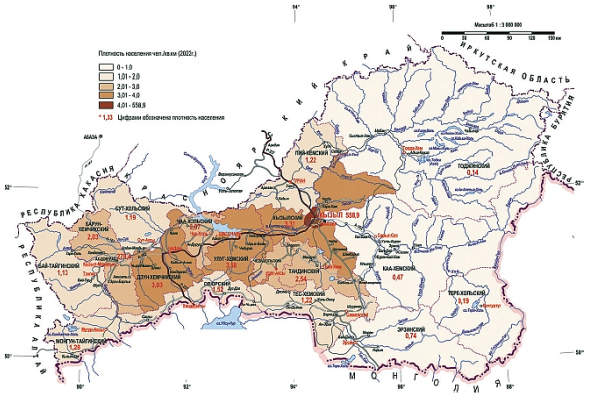


Рис. 13. Карта плотности населения Республики Тыва по административным единицам, чел./км^2

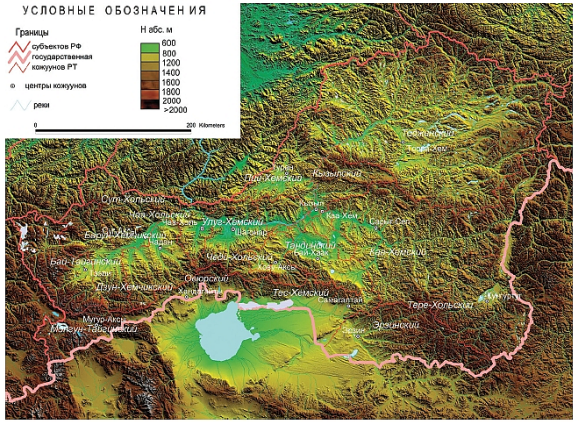


Рис. 14. Цифровая модель рельефа территории Республики Тыва. Составила С.А. Чупикова, 2023

УРАЛ – ТРАНСГРАНИЧНЫЙ МЕГАРЕГИОН РОССИИ

УДК 910.4:796 (470.53) DOI: 10.24057/probl.geogr.158.15

Уральские горы – российский и мировой феномен

А.И. Зырянов

Пермский государственный национальный исследовательский университет

The Ural Mountains are a Russian and World phenomenon

A.I. Zyrianov

Perm State University

aizyrianov@gmail.com

Summary. The Urals as a mountainous country is usually rarely considered within the mountain agenda. It is traditionally believed that mountain conditions play an insignificant role here: the relief does not greatly complicate life and interfere with the economy, there are no mountain isolated places, there are no small mountain peoples, etc. Within the Urals economic region, the mountain belt as an independent object of socio-economic research is not studied, although mountainous territories occupy 168.8 thousand square kilometers or 20.5% of its area. However, the Ural Mountains, even within the most developed southern part, have many of the characteristics of mountains. The southern half of the Ural Mountains is saturated with cities and towns, various industries and tourist activities. The density of cities in the mountain belt is much higher than in the foothills and plains of the Ural economic region. In the mountains of the Urals a variety of services is rapidly developing, natural tourist areas are being formed, industrial cities are adding tourist and recreational specialization.

Key words: ***Ural Mountains, Ural economic region, geography, cities, tourism***

Резюме. Урал как горная страна обычно редко рассматривается в пределах горной повестки. Традиционно считается, что горные условия здесь играют несущественную роль: рельеф не сильно затрудняет жизнедеятельность и мешает хозяйству, отсутствуют горные изолированные места, нет малых горных народов и т.д. В пределах Уральского экономического района горный пояс как самостоятельный объект социально-экономического исследования не рассматривается, хотя горные территории занимают 168,8 тыс. км^2 или 20,5% его площади. Однако Уральские горы даже в пределах наиболее освоенной южной части обладают многими характеристиками, свойственными горам. Южная половина Уральских гор насыщена городами и городскими посёлками, разнообразными производствами и туристской деятельностью. Плотность городов в горном поясе намного превышает этот показатель по сравнению с предгорьями и равнинами Уральского экономического района. В горах Урала быстро развивается разнообразный сервис, формируются природные туристские территории, промышленные города добавляют себе туристско-рекреационную специализацию.

Ключевые слова: ***Уральские горы, Уральский экономический район, география, города, туризм***



Рис. 2. Северный Урал. Главный уральский хребет. Фото А.Ю. Королева



Рис. 3. Экскурсия по р. Исеть в районе г. Каменск-Уральский. Фото И.С. Зыряновой