

ОСОБЕННОСТИ СТОЧНЫХ ПРИЛЕДНИКОВЫХ ОЗЕР ШПИЦБЕРГЕНА

© 2024 г. К. В. Ромашова^{1,*}, Р. А. Чернов²

¹ФГБУ «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт», Санкт-Петербург, Россия;

²Институт географии РАН, Москва, Россия

*e-mail: romashova.kv@hotmail.com

Поступила 18.06.2024 г.

После доработки 19.08.2024 г.

Принята к печати 07.10.2024 г.

Среди приледниковых озер Шпицбергена выделяется группа (98 озёр площадью более 100 000 м²), которые имеют речной сток. Их характерная особенность — большие площади водного зеркала (в среднем 1.5 км²) и короткие реки-протоки (протяженность в среднем около 2.5 км). Показано, что подобные озёра могут иметь кратный водообмен в период летнего таяния. По-видимому, эти озёра представляют собой эффективными ловушками твердого стока с ледников.

Ключевые слова: ледниково-подпрудные и моренно-подпрудные озёра, площадь озёр, уклон реки, Шпицберген

DOI: 10.31857/S2076673424040057, EDN: HTMXFE

ВВЕДЕНИЕ

Увеличение температуры воздуха на архипелаге с начала XX века (Hanssen-Bauer et al., 2019) привело к заметному сокращению оледенения Шпицбергена (Pfeffer et al., 2014). Отступление ледников в последние десятилетия носит ускоренный характер (Чернов, Муравьев, 2018). На освобожденных от ледников территориях таяние мертвых льдов и ледниковый сток привели к заметным изменениям ландшафта. Один из активных элементов ландшафта — приледниковые озёра, которые оказывают влияние на таяние массивов мертвых льдов и положение фронтов ледников в контакте с озёрами. На территории архипелага Шпицберген по состоянию на 2012 год насчитывается 705 приледниковых озёр (Ромашова, Чернов, 2023). Среди них отмечены многие крупные объекты, которые обладают значительной динамикой, связанной с изменением положения фронтов ледников и разрушением подпрудных морен. При исследовании динамики выявлено увеличение количества приледниковых озёр и их укрупнение (Чернов, Ромашова, 2023). Приледниковые озёра — эффективные ловушки донных осадков и могут использоваться как инструмент для исследования современных изменений условий седиментации как в самих озёрах, так и в устьевых областях вытекающих из них рек (Kavan et al., 2022; Мещеряков и др., 2023; Усягина и др., 2023).

Трансформации ландшафта на периферии ледников и формирование приледниковых озёр непосредственно связано также с характеристиками вытекающих из них рек (Wołoszyn et al., 2022). Исследований, обобщающих речную сеть архипелага Шпицберген, крайне мало. Отдельные упоминания даны в работах (Hanssen-Bauer et al., 2019, Айбулатов и др., 2020). В статье рассматриваются сточные приледниковые озёра и характеристики рек, связанных с ними.

Задача исследования — выделить объекты и количественно оценить те озёра, которые обладают значительным водообменом и способствуют накоплению осадочного вещества, поступающего с ледниковым стоком.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В работе рассмотрены приледниковые озёра площадью водного зеркала более 100 000 м², находящиеся в контакте с ледниками или конечными моренами и имеющие постоянный (ежесезонный) речной сток. Мы не учитывали озёра, подпруденные ледником, сток из которых непостоянен и может отсутствовать в течение нескольких лет, а также приледниковые озёра, не имеющие прямого питания талыми ледниковыми водами, такие как термокарстовые озёра на моренах.

Морфометрические характеристики приледниковых озёр архипелага (количество озёр, площадь,

высота положения) были получены ранее в работе (Ромашова, Чернов, 2023).

Речная сеть приледниковых озёр архипелага оцифрована вручную, с использованием ортофото-плана картографического сервиса НПИ (электронный ресурс torosvalbard.npolar.no), в основе которого лежит аэрофотосъёмка архипелага 2008–2012 гг. Для этого периода по материалам сервиса получены длины рек, место впадения и высота положения устья. Уклоны рек рассчитаны по их морфометрическим характеристикам.

Данные по оз. Бретьерна и стоку из него (промеры глубин, объем озёра, расходы воды и взвешенных наносов) были получены авторами в полевых исследованиях и отражены в научно-технических отчетах ФБГУ «ААНИИ».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

По состоянию на 2012 г. на архипелаге Шпицберген из 705 приледниковых озёр 186 имели площадь более 100 000 м². Постоянный (ежесезонный) сток наблюдается у 98 из этих озёр, образующих речную сеть общей протяжённостью около 247 км. Согласно Инвентаризации приледниковых озёр (Ромашова, Чернов, 2023) большинство сточных приледниковых озёр расположены внутри современных морен и относятся к моренно-подпрудному типу (далее — МПО) — 52 озёра (53%). В контакте с ледником (далее — КЛО) находятся 30 озёр (31%), наименьшее число озёр расположено у границы современных моренных отложений без контакта с ледником (далее — КМО) — 16 озёр (16%).

Расположение сточных озёр разных типов, включая озёра, имеющие прямой сток в заливы, представлено на рис. 1. Практически все озёра типа МПО располагаются в центральной и западной территориях о. Западный Шпицберген. На востоке архипелага шесть озёр расположены на о. Эдж и три озёра на Земле Улафа V. Для о. Северо-Восточная Земля характерны озёра типов КЛО и КМО.

Озёра восточных территорий имеют небольшую динамику изменений по сравнению с динамикой озёр в западной части (Чернов, Ромашова, 2023). По-видимому, ледовый режим озёр и рек на северо-востоке архипелага также заметно отличается от западных территорий в связи с коротким периодом таяния и низким температурным фоном. Наибольший интерес представляют озёра, расположенные на западном побережье и в центральной части острова.

Преобладающее количество озёр (54%) имеет прямой сток в заливы архипелага. Другая часть озёр (29%) питает нижележащие озёра, составляя каскады и системы сточных водоемов. Наиболее малочисленная выделенная группа — озёра, речной

сток которых является притоком более крупных рек (17%).

Сравнение морфометрических характеристик сточных озёр разных типов и их рек представлено в таблице, наиболее многочисленны озёра типа МПО. Озёра этого типа имеют значительные площади и входят в список крупнейших озёр архипелага. В нашем списке средняя площадь озёр составляет 1.5 км² (см. таблицу).

Средняя протяженность водотоков для озёр разных типов оказалась небольшой, что определено, прежде всего, пространственным положением озёр — около морского побережья или крупных троговых долин. Средние показатели длин рек взаимосвязаны с положением озёр относительно ледника и его конечной морены. Озёра типа КЛО и МПО расположены около ледников, озёра типа КМО расположены ниже — за пределами конечных морен, что также видно при сравнении высот уреза воды.

Протяженность рек, источником которых служат приледниковые озёра, имеет широкий диапазон — от 30 м до 9.2 км, в среднем составляет около 2.5 км. Небольшая протяженность рек от области распространения ледников до устьев обуславливает их значительные уклоны, в среднем 23‰. Максимальные уклоны рек из озёр типа КЛО связаны с их высотным положением, в два раза превышающим другие группы озёр (см. таблицу). Для всех рассматриваемых озёр уклоны их рек имеют большие значения, характерные для рек горного типа. Уклон рек свидетельствует о бурном характере течения и высоких расходах при наполнении и стоке из озёр талых вод.

Отмечена характерная особенность: рассматриваемые приледниковые озёра архипелага имеют достаточно большие площади при небольшой протяженности их рек. Около половины озёр, расположенных на низких гипсометрических уровнях, являются проточными между ледниками и фьордами Шпицбергена (см. рис. 1), уклоны их рек соответствуют средним значениям — около 22‰.

Режим рек Шпицбергена обусловлен таянием снега и ледников в теплое время года с мая—июня по сентябрь—октябрь. В зимний период с понижением температуры воздуха ниже 0 °С, установлением ледяного покрова на озёрах и прекращением ледникового стока реки архипелага промерзают до дна. В летние месяцы июль, август, а часто и сентябрь наблюдаются пиковые расходы воды, нередко превышающие сток половодья; они вызываются выпадением осадков или повышением температуры воздуха.

Озеро Бретьерна принадлежит к МПО. На его примере рассмотрим интенсивность водообмена в озёрах данного типа и возможность их использования для изучения современной седиментации в

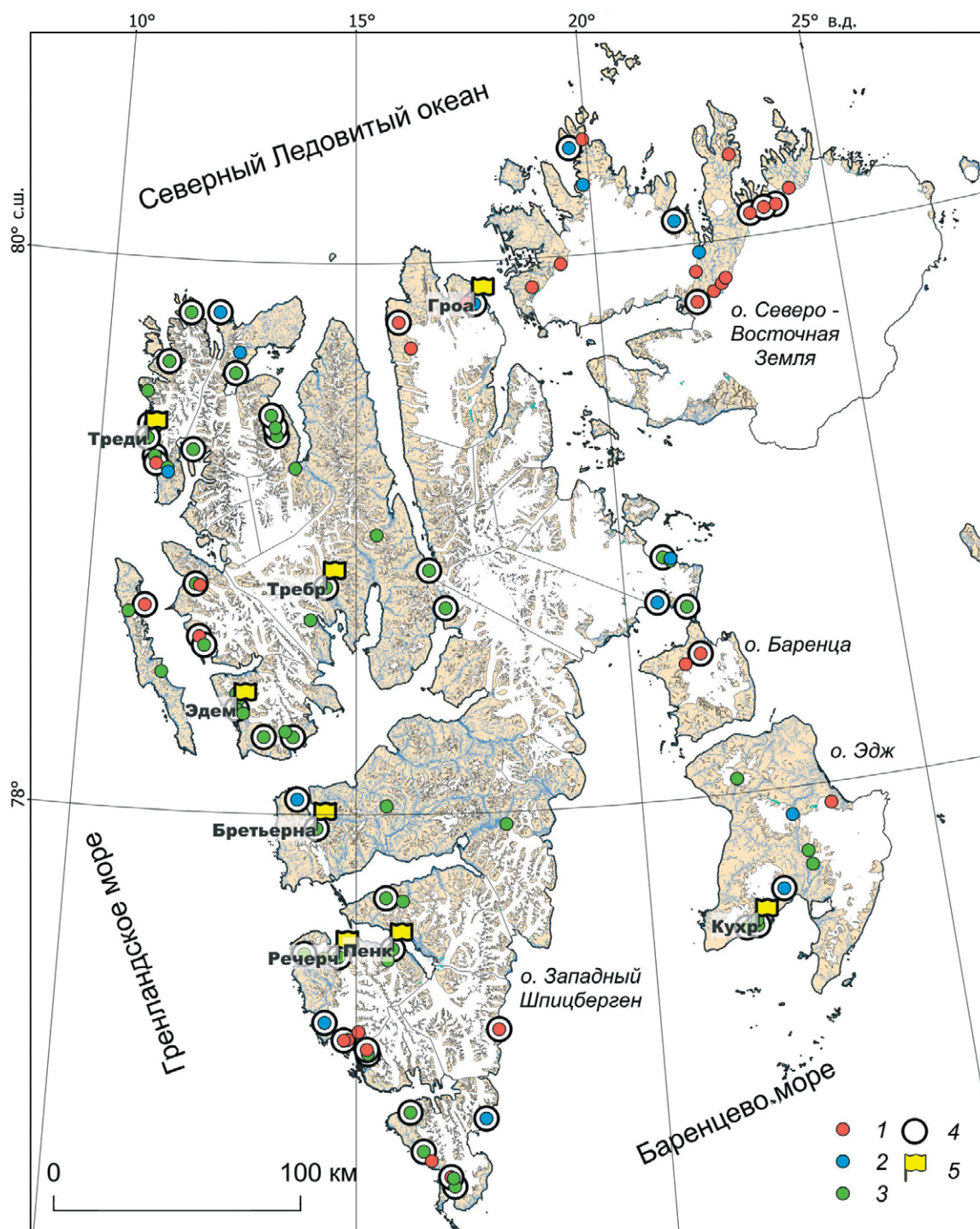


Рис. 1. Сточные приледниковые озёра арх. Шпицберген (площадью свыше 100 000 м²)

1 – контактирующие с ледниками озера (КЛО); 2 – конечно-моренные озёра (КМО); 3 – моренно-подпрудные озера (МПО); 4 – озёра различных типов, имеющие прямой сток в залив; 5 – наиболее перспективные озёра для исследования донных осадков

Fig. 1 Drainage periglacial lakes of the Spitsbergen archipelago (with an area of over 100 000 m²)

1 – lakes in contact with the glacier front; 2 – lakes in contact with the terminal moraine located beyond its borders; 3 – moraine-dammed lakes; 4 – lakes of various types with direct flow into the bay; 5 – the most promising lakes for studying bottom sediments

Таблица. Характеристики сточных приледниковых озёр Шпицбергена и их рек
Table. Characteristics of drainage periglacial lakes and their rivers in Svalbard

Тип приледникового озера	Количество озёр	Средняя высота уреза воды, м	Средняя (максимальная) площадь озера, км²	Средняя длина реки, км	Средний (максимальный) уклон рек, ‰	Количество озёр, реки которых впадают в морские заливы
Контактирующие с ледниками озера (КЛО)	31	101	1.49 (10.97)	2.82	28 (95)	14 (45%)
Моренно-подпрудные озера (МПО)	53	45	1.50 (17.31)	2.58	22 (133)	31 (58%)
Конечно-моренные озера (КМО)	14	57	0.45 (2.29)	1.65	21 (46)	8 (57%)
Среди них озера, впадающие в морские заливы	53	41	1.53 (17.31)	2.80	22 (133)	53 (100%)

приледниковых озёрах и эстуариях Шпицбергена. Характерный гидрограф стока рек (рис. 2) показан на примере приледникового озера Бретьерна, расположенного в западной части Шпицбергена.

Площадь приледникового оз. Бретьерна по состоянию на 2021 г. составляет 1.64 км² при объеме воды в озере 22.3 млн м³ (Ромашова, Чернов, 2022). Глубина озера достигает 27 м, средняя глубина равна 13.6 м. Так как высота уреза воды озера составляет 4 м, дно озера лежит ниже уровня моря. По данным экспедиционных исследований

ААНИИ общий сезонный сток реки в том же году оценивается величиной порядка 62 млн м³, а средний сток за сезон в 2019–2023 гг. составил 66.6 млн м³, что в три раза превышает объем воды в озере. Исток реки оз. Бретьерна имеет устойчивое положение, поэтому заметных перепадов уровня озера не наблюдается. Предположено, что интенсивность водообмена в оз. Бретьерна – характерная особенность для крупных приледниковых озёр этого типа. Интенсивный водообмен в озёрах обусловлен активным таянием ледников и соответственно большими значениями ледникового стока.

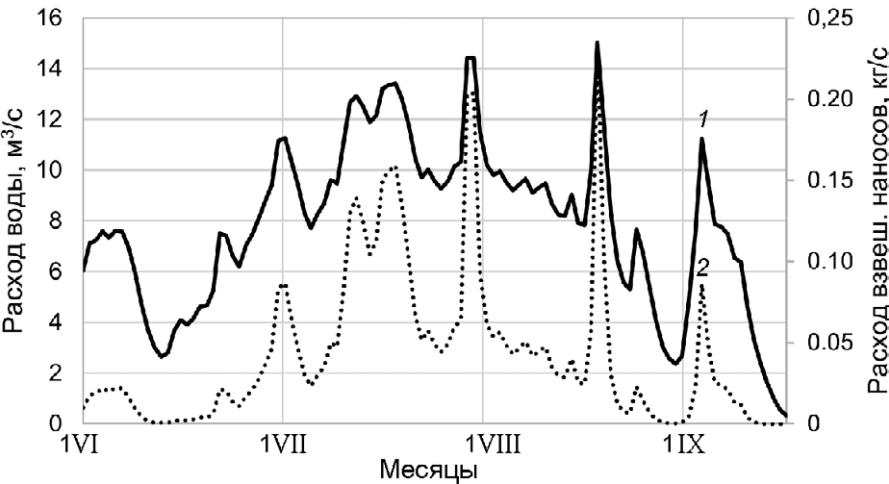


Рис. 2. Гидрограф стока и расход взвешенных наносов из оз. Бретьерна в 2022 г.
1 – расход воды, м³/с; 2 – расход взвешенных наносов, кг/с
Fig. 2. Hydrograph and suspended sediment discharge from Lake Bretjerna in 2022
1 – water discharge, m³/s; 2 – suspended sediment discharge, kg/s

По-видимому, подобные озёра служат эффективными ловушками твердого стока с ледников, что подтверждается исследованиями донных осадков на оз. Бретьерна (Мещеряков и др., 2023).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Сравнение площади озёр различного типа и характеристик их рек указывают на определенное сходство объектов, которое, по-видимому, обусловлено общим генезисом их образования.

На основании полученных результатов выделено несколько крупных озёр типа МПО, которые могут быть интересными для исследования темпов седиментации в эпоху интенсивного сокращения оледенения. Озёра должны иметь значительную площадь (более 1 км²) и находиться поблизости от морского побережья. По оценке (Чернов, Ромашова, 2023) приледниковые озёра больших размеров предполагают наличие глубин более 10 м. Наличие плавающих айсбергов в акватории некоторых крупных озёр указывает на глубины свыше 20 м, а близость побережья дает преимущества в логистике при организации полевых работ. Всего выделено семь объектов в разных частях архипелага, оценки их глубин указывают, что дно этих озёр лежит ниже уровня моря. Этот факт также говорит о том, что такие объекты могут быть эффективными ловушками для ледникового стока и поэтому в них могут формироваться стратифицированные донные осадки, так же как в случае с оз. Бретьерна (Мещеряков и др., 2023).

Пять озёр (Требр, Эдем, Пенк, Речерч, Тредди) расположены в западной и центральной частях архипелага и относительно доступны для исследований. Одно озеро (Курх) расположено на о. Эдж. Морфологические характеристики озёр и их динамика за последние 30 лет представлены в работе (Чернов, Ромашова, 2023). На севере архипелага среди многочисленных приледниковых озёр, имеющих контакт с ледником, наиболее перспективно для исследования донных осадков оз. Гроа (Gravanet). Его площадь составляет 1.45 км². Многочисленные водотоки с ледника Булдре впадают в озеро, а вытекающая из него река имеет длину 6 км и впадает в морской пролив.

Приледниковые озёра, расположенные в прибрежных зонах архипелага, выносят значительное количество взвешенного вещества во фьорды. Оз. Бретьерна по данным экспедиционных исследований ААНИИ ежегодно в течение сезона стока выносит в залив Гренфьорд около 400 т взвешенного вещества (см. рис. 2). А область шлейфа взвешенных осадков, выносимых в залив из самого крупного оз. Требр, может занимать площади более 40 км² (Kavan et al., 2022), достигая максимальных значений в период максимальных температур воздуха в конце июля. В то же время озёра, не имеющие

контакта с ледником и находящиеся за пределами КМО, менее подвержены влиянию внутриледниковых отложений. Одно из таких озёр — оз. Стемме площадью 145 000 м² — выносит в залив Гренфьорд около 35 т взвешенного вещества при ежегодном речном стоке 5.5 млн м³. Протяжённость реки из оз. Стемме составляет 3.5 км. При этом сезонный вынос твердого вещества в залив Гренфьорд реками, не имеющими регулирования стока и осадков озёрами, в зависимости от площадных характеристик составляет от 20 т до 24 тыс. т.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В горных странах и полярных областях приледниковые озёра — объект исследования, который позволяет оценивать климатические изменения ландшафта на основе изменчивости морфометрических характеристик озёр и при исследовании накопления в них донных осадков. Инструментальные измерения приледниковых озёр оказываются крайне сложной задачей из-за их труднодоступности. Крупные приледниковые озёра — уникальные объекты в силу своего масштаба и расположения около морского побережья. Рассмотрены 98 приледниковых озёр Шпицбергена, которые имеют постоянный сток в летний период. Реки, вытекающие из этих озёр, имеют значительные уклоны, характерные для горных районов. Большинство озёр на западе архипелага относятся к моренно-подпрудным, на северо-востоке преобладают озёра, контактирующие с фронтом ледника, но не подпруженные. Озёра разных типов и их реки имеют схожие морфометрические характеристики. Выделена характерная особенность этих объектов — значительные площади водного зеркала озёр (в среднем около 1.5 км²) и реки небольшой протяженности. На основе инструментальных измерений на оз. Бретьерна показано, что озёра имеют значительный водообмен. Определено несколько объектов, которые могут быть рекомендованы для исследований изменений седиментации в приледниковых озёрах и эстуариях морских заливов в условиях увеличения ледникового стока, связанного с современным сокращением оледенения с начала XX века.

Благодарности. Дистанционные исследования характеристик приледниковых озёр и их рек на архипелаге Шпицберген выполнены при поддержке гранта РФФ № 23-27-00312 «Формирование приледниковых озёр архипелага Шпицберген в условиях изменения климата».

Acknowledgements. Remote sensing studies of the characteristics of periglacial lakes and their rivers in the Spitsbergen archipelago were supported by a grant from the Russian Science Foundation No. 23-27-00312. “Formation of periglacial lakes of the Svalbard under the conditions of climate change”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Айбулатов Д.Н., Школьный Д.И., Санджиев М.Ю. Особенности типизации устьев водотоков архипелага Шпицберген // Сб. докладов междунар. науч. конф. памяти выдающегося русского ученого Юрия Борисовича Виноградова «Четвертые Виноградовские чтения. Гидрология: от познания к мировоззрению». СПб.: Изд-во ВВМ, 2020. С. 1032–1036.
- Мещеряков Н.И., Кокин О.В., Усягина И.С., Касаткина Н.Е. Приледниковое озеро Бретгьерна (Западный Шпицберген): история формирования и современное осадконакопление // Лёд и Снег. 2023. Т. 63. № 3. С. 426–440.
<https://doi.org/10.31857/S2076673423030067>
- Ромашова К.В., Чернов Р.А. О формировании новых приледниковых озёр в бассейне залива Гренфьорд (Шпицберген) в 1938–2010 гг. // Лёд и Снег. 2022. Т. 62. № 2. С. 193–202.
<https://doi.org/10.31857/S2076673422020125>
- Ромашова К.В., Чернов Р.А. Методика инвентаризации приледниковых озёр архипелага Шпицберген // Проблемы Арктики и Антарктики. 2023. Т. 69. № 2. С. 157–170.
<https://doi.org/10.30758/0555-2648-2023-69-2-157-17>
- Чернов Р.А., Муравьев А.Я. Современные изменения площади ледников западной части Земли Норденшельда (архипелаг Шпицберген) // Лёд и Снег. 2018. Т. 58. № 4. С. 462–472.
<https://doi.org/10.15356/2076-6734-2018-4-462-47>
- Чернов Р.А., Ромашова К.В. Крупные приледниковые озёра архипелага Шпицберген: их состояние в 2008–2012 г. и динамика с 1991 по 2022 г. // Лёд и Снег. 2023. Т. 63. № 4. С. 525–539.
<https://doi.org/10.31857/S207667342304004X>
- Усягина И.С., Намятов А.А., Мещеряков Н.И., Бойко В.В. Тяжелые металлы в донных отложениях залива Грен-фьорд (Западный Шпицберген) // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. 2023. № 10. С. 276–282.
<https://doi.org/10.24412/2687-1092>
- Hanssen-Bauer I., Førland E.J., Hisdal H., Mayer S., Sandø A.B., Sorteberg, A. Climate in Svalbard 2100 – A knowledge base for climate adaptation / NCCS report. 2019. № 1. P. 207.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.10183.75687>
- Kavan J., Wieczorek I., Tallentire G.D., Demidionov M., Uher J., Strzelecki M.C. Estimating suspended sediment fluxes from the largest glacial lake in Svalbard to fjord system using Sentinel-2 data: Trebrevatnet case study // Water. 2022. V. 14. № 12. P. 1840.
<https://doi.org/10.3390/w14121840>
- Pfeffer W.T., Arendt A.A., Bliss A., Bolch T. The Randolph Glacier Inventory: A globally complete inventory of glaciers // Journ. of Glaciology. 2014. V. 60. № 221. P. 537–552.
<https://doi.org/10.3189/2014JoG13J176>
- Wołoszyn A., Owczarek Z., Wieczorek I., Kasprzak M., Strzelecki M.C. Glacial Outburst Floods Responsible for Major Environmental Shift in Arctic Coastal Catchment, Rekvedbukta, Albert I Land, Svalbard // Remote Sensing. 2022. V. 14. № 24. P. 6325.
<https://doi.org/10.3390/rs1424632>
- Norwegian Polar Institute's topographical Svalbard map service // <https://toposvalbard.npolar.no>. Дата обращения: 09.01.2023.

Citation: Romashova K.V., Chernov R.A. Features of the periglacial drainage lakes in Svalbard. *Led i Sneg. Ice and Snow*. 2024, 64 (4): 543–549. [In Russian]. doi: 10.31857/S2076673424040057

Features of the periglacial drainage lakes in Svalbard

K. V. Romashova^{1, #}, R. A. Chernov²

¹State Scientific Center “Arctic and Antarctic Research Institute”, Saint Petersburg, Russia;

²Institute of Geography,

Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

#e-mail: romashova.kv@hotmail.com

Received June 18, 2024 / Revised August 19, 2024 / Accepted October 7, 2024

There are 705 periglacial lakes in Svalbard, formed by glacial retreat after the Little Ice Age. 98 of these lakes, with an area of more than 100 000 m², have river outflow. The rivers flowing from these lakes have significant channel slopes characteristic of mountainous regions. Most rivers flow into fjords. The morphometry of these objects has a characteristic feature: lakes have significant water surface areas, on average about 1.5 km², and rivers have a small length, on average about 2.5 km. To the greatest extent, these parameters correspond to moraine-dammed lakes located in the west of Svalbard. On the example of the moraine-dammed Lake Bretjørna with an area of 1.6 km², it is shown that the seasonal runoff from it is 2.5–3 times greater than the volume of the lake. Seven lakes have been identified that are of interest for studying sedimentation changes since the Little Ice Age, both in lake basins and in marine estuaries.

Keywords: ice-dammed and moraine-dammed lakes, area of lakes, river slope, Svalbard

REFERENCES

- Aibulatov D.N., Shkolniy D.I., Sandjiev M.Y. Features of river mouths typing of the Svalbard Archipelago. *Osobennosti tipizatsii ust'ev vodotokov arhipelaga Shpicbergen. Sbornik dokladov mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii pamyati vydayushchegosya russkogo uchenogo Yuriya Borisovicha Vinogradova “Chetvertye Vinogradovskie chteniya. Gidrologiya: ot poznaniya k mirovozzreniyu”*. Saint Petersburg: Izd-vo VVM. 2020: 1032–1036 [In Russian].
- Meshcheriakov N.I., Kokin O.V., Usyagina I.S., Kasatkina N.E. The Periglacial Lake Bretjørna (Ledovoe), Western Svalbard: History of Formation and Recent Sedimentation. *Led i Sneg. Ice and Snow*. 2023, 63 (3): 426–440. <https://doi.org/10.31857/S2076673423030067> [In Russian].
- Romashova K.V., Chernov R.A. Formation of new periglacial lakes in the Grønfjord basin (Svalbard) in 1938–2010. *Led i Sneg. Ice and Snow*. 2022, 62 (2), 193–202. <https://doi.org/10.31857/S2076673422020125> [In Russian].
- Romashova K.V., Chernov R.A. Inventory methodology of periglacial lakes in Spitzbergen (Svalbard). *Problemy Arktiki i Antarktiki*. Arctic and Antarctic Research. 2023, 69 (2): 157–170. <https://doi.org/10.30758/0555-2648-2023-69-2-157-170> [In Russian].
- Chernov R.A., Muraviev A.Y. Contemporary changes in the area of glaciers in the western part of the Nordenskjöld Land (Svalbard). *Led i Sneg. Ice and Snow*. 2018, 58 (4): 462–472. <https://doi.org/10.15356/2076-6734-2018-4-462-472> [In Russian].
- Chernov R.A., Romashova K.V. Large Periglacial Lakes on the Spitsbergen (Svalbard): State in 2008–2012 and Dynamics in 1991–2022. *Led i Sneg. Ice and Snow*. 2023, 63 (4): 525–539. <https://doi.org/10.31857/S207667342304004X> [In Russian].
- Usyagina I.S., Namyatov A.A., Meshcheriakov N.I., Boyko V.V. Heavy metals in the bottom sediments of the Gren fjord (West Spitsbergen) // Relief and Quaternary deposits of the Arctic, Subarctic and North-West Russia. 2023, 10: 276–282 <https://doi.org/10.24412/2687-1092> [In Russian].
- Hanssen-Bauer I., Førland E.J., Hisdal H., Mayer S., Sandø A.B., Sorteberg A. Climate in Svalbard 2100 – A knowledge base for climate adaptation. NCCS report. 2019, 1: 207 p. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.10183.75687>
- Kavan J., Wieczorek I., Tallentire G.D., Demidionov M., Uher J., Strzelecki M.C. Estimating suspended sediment fluxes from the largest glacial lake in Svalbard to fjord system using Sentinel-2 data: Trebrevatnet case study. *Water*. 2022, 14 (12): 1840. <https://doi.org/10.3390/w14121840>
- Pfeffer W.T., Arendt A.A., Bliss A., Bolch T. The Randolph Glacier Inventory: A globally complete inventory of glaciers. *Journ. of Glaciology*. 2014, 60 (221): 537–552. <https://doi.org/10.3189/2014JoG13J176>
- Wołoszyn A., Owczarek Z., Wieczorek I., Kasprzak M., Strzelecki M.C. Glacial Outburst Floods Responsible for Major Environmental Shift in Arctic Coastal Catchment, Rekvedbukta, Albert I Land, Svalbard. *Remote Sens*. 2022, 14 (24): 6325. <https://doi.org/10.3390/rs14246325>
- Norwegian Polar Institute’s topographical Svalbard map service. Retrieved from: <https://toposvalbard.npolar.no/> (Last access: January 9, 2023)