Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Мурманский морской биологический институт Российской академии наук
Федеральный исследовательский центр Кольский научный центр Российской академии наук
Мурманское областное отделение Русского географического общества
АО «Морская арктическая геологоразведочная экспедиция»

КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИРОДЫ ШПИЦБЕРГЕНА И ПРИЛЕГАЮЩЕГО ШЕЛЬФА — 2026

Тезисы докладов XVII Международной научной конференции, посвященной 10-летию Российского научного центра на архипелаге Шпицберген и 95-летию Государственного треста «Арктикуголь»

(г. Мурманск, 10-12 ноября 2026 г.)



Апатиты
2026

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Мурманский морской биологический институт Российской академии наук
Федеральный исследовательский центр Кольский научный центр Российской академии наук
Мурманское областное отделение Русского географического общества
АО «Морская арктическая геологоразведочная экспедиция»

КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИРОДЫ ШПИЦБЕРГЕНА И ПРИЛЕГАЮЩЕГО ШЕЛЬФА – 2026

Тезисы докладов XVII Международной научной конференции,
посвященной 10-летию Российского научного центра
на архипелаге Шпицберген и 95-летию Государственного треста «Арктикуголь»
(г. Мурманск, 10–12 ноября 2026 г.)

Апатиты
Издательство Кольского научного центра РАН
2026

УДК 574.5
К 63

К 63 **Комплексные исследования природы Шпицбергена и прилегающего шельфа – 2026:** Тез. докл. XVII Междунар. науч. конф., посвященной 10-летию Российского научного центра на архипелаге Шпицберген и 95-летию Государственного треста «Арктикуголь» (г. Мурманск, 10–12 ноября 2026 г.). Апатиты: Изд-во ФИЦ КНЦ РАН, 2026. 94 с.

ISBN 978-5-91137-580-5

Представлены материалы XVII Международной научной конференции «Комплексные исследования природы Шпицбергена и прилегающего шельфа – 2026», посвященной 10-летию Российского научного центра на архипелаге Шпицберген и 95-летию Государственного треста «Арктикуголь» (г. Мурманск, 10–12 ноября 2026 г.). В материалах рассматривается широкий круг вопросов, связанных с современным изучением архипелага.

УДК 574.5

Редколлегия:
к.г.н. Д. В. Моисеев (ответственный редактор),
д.б.н. М. В. Макаров, д.б.н. П. Р. Макаревич

Издание подготовлено в рамках темы 188-25-02 (1.6.19) «Состояние морских и наземных экосистем архипелага Шпицберген в условиях современной климатической и антропогенной изменчивости» (№ госрегистрации 125012900989-8) Госзадания ММБИ РАН при поддержке ФИЦ КНЦ РАН, Мурманского областного отделения РГО, АО МАГЭ

Научное издание
Технический редактор В. Ю. Жиганов
Подписано в печать 28.10.2026.
Формат бумаги 60×84 1/8. Усл. печ. л. 10,93. Заказ № 78. Тираж 300 экз.

Федеральный исследовательский центр «Кольский научный центр РАН».
184209, Апатиты, Мурманская область, ул. Ферсмана, 14.

ISBN 978-5-91137-580-5
doi: 10.37614/978.5.91137.580.5

© Коллектив авторов, 2026
© Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Мурманский морской биологический институт Российской академии наук, 2026

Ministry of Science and Higher Education of Russian Federation
Murmansk Marine Biological Institute of the Russian Academy of Sciences
Federal Research Centre Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences
Murmansk Regional Branch of the Russian Geographical Society
JSC Marine Arctic Geological Expedition

INTEGRATED STUDIES OF SPITSBERGEN NATURE AND THE ADJACENT SHELF – 2026

Abstracts of Reports of the XVII International Scientific Conference
dedicated to the 10th anniversary of the Russian Scientific Center
on the Spitsbergen archipelago and the 95th anniversary of the State Trust «Arktikugol»
(Murmansk, 10–12 November 2026)

Apatity
Publishing of the Kola Science Centre of the RAS
2026

UDC 574.5

Integrated Studies of Spitsbergen Nature and the Adjacent Shelf – 2026: Abstracts of Reports of the XVII International Scientific Conference dedicated to the 10th anniversary of the Russian Scientific Center on the Spitsbergen archipelago and the 95th anniversary of the State Trust «Arktikugol» (Murmansk, 10–12 November 2026). Apatity: Publ. FRC Kola Science Centre RAS, 2026. 94 p.

ISBN 978-5-91137-580-5

This publication presents abstracts of the XVII International Scientific Conference «Integrated Studies of Spitsbergen Nature and the Adjacent Shelf – 2026» (Murmansk, 10–12 November 2026) dedicated to the 10th anniversary of the Russian Scientific Center on the Spitsbergen archipelago and the 95th anniversary of the State Trust «Arktikugol». The abstracts address various aspects of modern research on the archipelago.

UDC 574.5

Editorial Board:
Cand. Sci. (Geography) D. V. Moiseev (Editor-in-Chief),
Dr. Sci. (Biology) M. V. Makarov, Dr. Sci. (Biology) P. R. Makarevich

The publication has been prepared within the framework of topic 188-25-02 (1.6.19) «The state of marine and terrestrial ecosystems of the Spitsbergen archipelago under the conditions of modern climatic and anthropogenic variability» (state registration number 125012900989-8) within the framework of the state assignment of the Murmansk Marine Biological Institute of the Russian Academy of Sciences, with the support of Federal Research Centre Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences, Murmansk Regional Branch of the Russian Geographical Society and JSC Marine Arctic Geological Expedition

ISBN 978-5-91137-580-5
doi: 10.37614/978.5.91137.580.5

© The team of authors, 2026
© Murmansk Marine Biological Institute RAS, 2026

АНОМАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ БАРЕНЦЕВА МОРЯ ЛЕТОМ 2026 ГОДА

Г. Г. Матишов[1], Д. В. Моисеев[1], Т. М. Максимовская[1,2]

[1]Мурманский морской биологический институт РАН, Россия
[2] Санкт-Петербургский филиал Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН, г. Санкт-Петербург, Россия
denis_moiseev@mmbi.info

Многолетние океанологические наблюдения в Баренцевом море имеют важное значение для изучения климатических изменений в Арктике (Матишов и др., 2007; Matishov et al., 2009; Климатические …, 2010; Современные …, 2011; Pronounced …, 2014). Измерения температуры и солености воды на вековом разрезе «Кольский меридиан» позволяют оценивать межгодовую изменчивость и многолетние изменения термохалинных условий. Наблюдения на разрезе проводятся с разной периодичностью с 1898 г. Он проходит от выхода из Кольского залива (69°30′ с. ш., 33°30′ в. д.) на север вдоль меридиана 33°30′ в. д.

Изменения термохалинных и ледовых условий Баренцева моря связаны с переносом тепла атлантическими водами и взаимодействием океана, морского льда и атмосферы (Matishov et al., 2009; The role …, 2013). Атмосферный перенос тепла и влаги также может способствовать летнему таянию арктического морского льда (You et al., 2021).

Весной и летом 2026 г. в Баренцевом море наблюдалась аномальная ледовая обстановка. Уже в июне кромка морского льда находилась к северу от Шпицбергена и Земли Франца-Иосифа. В это время в северной части Баренцева моря ледяной покров был менее обширным, чем в среднем за 1991–2020 гг. (Copernicus …, 2026). Этот период совпал с развитием Эль-Ниньо в экваториальной части Тихого океана (Climate …, 2026).

В связи с этим проведение морских экспедиционных исследований на разрезе «Кольский меридиан» для регистрации актуальных значений температуры и солености воды, а также оценка ледовых условий имеют исключительно важный характер для понимания текущей климатической обстановки.

С 14 по 19 июня 2026 г. в ходе экспедиции ММБИ РАН на НИС «Дальние Зеленцы» выполнены исследования на разрезе «Кольский меридиан». На участке от 70° до 77° с. ш. с шагом 30 морских миль проведены зондирования водной толщи от поверхности до дна с помощью СТД-профилографа SEACAT SBE 19plus V2. Для расчета средних многолетних значений температуры и солености использовался объединенный массив контактных океанологических наблюдений из открытых российских и международных баз данных (Атлас …, 2014; ICES …, 2025; WOD Team …, 2025) и база экспедиционных данных ММБИ РАН. Расчеты выполнены для июня за 1980–2025 гг. на каждой стандартной станции разреза с использованием средневзвешенных значений в слоях 0–50, 0–100, 150–200, 0–200 м и от поверхности до дна. Аномалии определяли как разность между средневзвешенными значениями температуры и солености по данным съемки июня 2026 г. и соответствующими средними многолетними значениями для той же станции и слоя.

В июне 2026 г. средние по станциям разреза «Кольский меридиан» аномалии температуры в слоях 0–50, 0–100, 150–200 и 0–200 м, а также в толще от поверхности до дна составили, соответственно, +1.60, +1.30, +0.78, +1.11 и +1.16 °С, а средние аномалии солености – +0.186, +0.132, +0.046, +0.094 и +0.075. Среди рассмотренных слоев наибольшие положительные аномалии обоих показателей отмечены в слое 0–50 м.

Для характеристики ледовых условий использовали среднемесячные значения площади распространения морского льда (sea ice extent) в Баренцевом море из набора NOAA/NSIDC Sea Ice Index, Version 4 (Sea …, 2025). В июне, июле и августе 2026 г. этот показатель составил 62.09, 5.13 и 3.18 тыс. км^2 соответственно. Июньское и июльское значения были минимальными для соответствующих месяцев за 2001–2026 гг. Августовское значение было вторым наименьшим среди августовских значений за тот же период: меньшая площадь распространения льда отмечалась только в августе 2025 г. (2.50 тыс. км^2).

Таким образом, в июне 2026 г. на разрезе «Кольский меридиан» наблюдались положительные аномалии температуры и солености во всех рассмотренных слоях. Площадь распространения морского льда в Баренцевом море в июне–августе была одной из наименьших для соответствующих месяцев за 2001–2026 гг. Формированию теплых условий могли способствовать поступление тепла с атлантическими водами, атмосферный перенос тепла и влаги и увеличение поглощения солнечной радиации при сокращении ледяного покрова. Оценка вклада этих механизмов, а также возможной связи региональных аномалий с развитием Эль-Ниньо требует дальнейшего анализа и продолжения регулярных океанологических наблюдений.

Авторы выражают признательность участникам экспедиции ММБИ РАН на НИС «Дальние Зеленцы» за проведение судовых океанологических измерений.

Исследования проведены в рамках тем государственного задания ММБИ РАН.

Список литературы

Атлас климатических изменений в больших морских экосистемах Северного полушария (1878–2013). Регион 1. Моря Восточной Арктики. Регион 2. Черное, Азовское и Каспийское моря / Г. Г. Матишов, С. В. Бердников, А. П. Жичкин, П. Р. Макаревич, С. Л. Дженюк, В. В. Кулыгин, Н. А. Яицкая, В. В. Поважный, И. В. Шевердяев, И. А. Третьякова, А. Е. Цыганкова. Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2014. 256 с. (+ DVD).

Климатические изменения морских экосистем Европейской Арктики / Г. Г. Матишов, С. Л. Дженюк, Д. В. Моисеев, А. П. Жичкин // Проблемы Арктики и Антарктики. 2010. № 3(86). С. 7–21.

Матишов Г. Г., Голубев В. А., Жичкин А. П. Температурные аномалии вод Баренцева моря в летний период 2001–2005 гг. // Докл. РАН. 2007. Т. 412, № 1. С. 112–114.

Современные климатические тенденции в Баренцевом море / Г. Г. Матишов, В. В. Денисов, А. П. Жичкин, Д. В. Моисеев, М. С. Громов // Докл. РАН. 2011. Т. 441, № 3. С. 395–398.

Climate Prediction Center. El Niño/Southern Oscillation (ENSO) Diagnostic Discussion. 11 June 2026. NOAA/NCEP/NWS, 2026. URL: https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_disc_jun2026/ ensodisc.shtml (дата обращения: 01.10.2026).

Copernicus Climate Change Service (C3S). Sea ice cover for June 2026. ECMWF, 2026. URL: https://climate.copernicus.eu/sea-ice-cover-june-2026 (дата обращения: 01.10.2026).

ICES. ICES Oceanographic Database. Copenhagen: ICES Data Centre, 2025. URL: https://www.ices.dk/data/data-portals/Pages/ocean.aspx (дата обращения: 10.12.2025).

Matishov G. G., Matishov D. G., Moiseev D. V. Inflow of Atlantic-origin waters to the Barents Sea along glacial troughs // Oceanologia. 2009. Vol. 51, no. 3. P. 293–312.

Pronounced anomalies of air, water, ice conditions in the Barents and Kara seas, and the Sea of Azov / G. G. Matishov, S. L. Dzhenyuk, D. V. Moiseev, A. P. Zhichkin // Oceanologia. 2014. Vol. 56, no. 3. P. 445–460. doi: 10.5697/oc.56-3.445

Sea Ice Index (G02135, Version 4) / F. Fetterer, K. Knowles, W. N. Meier, M. Savoie, A. K. Windnagel, T. Stafford. Boulder, Colorado: National Snow and Ice Data Center, 2025. doi: 10.7265/a98x-0f50 (дата обращения: 09.09.2026).

The role of the Barents Sea in the Arctic climate system / L. H. Smedsrud, I. N. Esau, R. B. Ingvaldsen, T. Eldevik, P. M. Haugan, C. Li, V. Lien, A. Olsen, A. Omar, O. H. Otterå, B. Risebrobakken, A. B. Sandø, V. A. Semenov, S. A. Sorokina // Rev. Geophys. 2013. Vol. 51, no. 3. P. 415–449. doi: 10.1002/rog.20017

WOD Team. World Ocean Database data product series. NOAA National Centers for Environmental Information, 2025. doi: 10.25921/v92s-y066 (дата обращения: 10.12.2025).

You C., Tjernström M., Devasthale A. Eulerian and Lagrangian views of warm and moist air intrusions into summer Arctic // Atmos. Res. 2021. Vol. 256. Article 105586. doi: 10.1016/j.atmosres.2021.105586

КОЭВОЛЮЦИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО И ПОЧВЕННОГО ПОКРОВОВ В ДЕВОНЕ НА ПРИМЕРЕ О. ЗАПАДНЫЙ ШПИЦБЕРГЕН

Т. В. Алексеева✉, А. О. Алексеев, В. Э. Демидов, В. В. Малышев

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения им. В. А. Ковды РАН,
г. Пущино, Московская область, Россия
alekseeva@issp.serpukhov.su

Экспедиционные исследования Института физико-химических и биологических проблем почвоведения им. В. А. Ковды РАН 2023–2026 гг. на территории Западного Шпицбергена (долины рек Хугиндален, Эльза, Торэльва, Мунинэльва, Одиндален, Нидедален) были направлены на поиски ископаемых почв в отложениях девона (пражский–франский ярусы). В общей сложности было обнаружено, описано и в деталях изучено более 30 профилей палеопочв девона (Находки …, 2025). В ходе этих работ был собран богатый палеоботанический материал, абсолютное большинство которого отобрано *in situ* в профилях описанных ископаемых почв.

Теория коэволюции растительного и почвенного покровов, объясняющая рост разнообразия почв в геологической истории Земли, находится на стадии становления (Retallack, 2025; Makeev, Alekseeva, 2026). Исследования, проводимые нашим коллективом на территории архипелага Шпицберген, отчасти направлены на развитие этой теории.

Если проводимые нами исследования палеозойских палеопочв на территории архипелага являются пионерными, то девонские флоры Шпицбергена изучаются уже почти столетие. Наиболее значимыми являются монографии О. А. Хега (Høeg, 1942) и Х.-Й. Швайцера (Schweitzer, 1999). Авторы описали и систематизировали комплекс флор, указали на ее необычайное разнообразие и специфичность. Отечественные ученые также внесли свой вклад, среди работ следует назвать публикации И. Н. Свешниковой и Л. Ю. Буданцева (1969), А. Л. Юриной (1988), Л. Г. Мурашова с соавторами (Мурашов, 1979). Крупные палеоботанические находки британских ученых К. Берри и Дж. Маршалла в долине р. Муниндален позволили в деталях описать *Protolepidodendropsis pulchra* Høeg и реконструировать ликоподиофитовый ископаемый лес (Berry, Marshall, 2015).

Собранные нами палеоботанические объекты представлены ядрами и отпечатками стволов, фрагментами растений (стеблей, листьев), подземными вегетативными органами. Материал по большей части вписывается в круг, описанный О. А. Хегом (Hoeg, 1942) и Х.-Й. Швайцером (Schweitzer, 1999). Вместе с тем таксономия части объектов на настоящий момент не определена, и работа с ними продолжается. Важно заметить, что находки, как правило, характеризуются удовлетворительной сохранностью. Это обстоятельство с сожалением неоднократно подчеркивал и О. А. Хег (Hoeg, 1942).

Палеопочвы раннего девона (пражский–эмский ярусы) изучены нами в долинах рек Нидадален и Эльза. Генетически они принадлежат к одному типу примитивных почв. Палеопочвы сформированы на красноцветных метапесчаниках при участии следующего комплекса эндемичной растительности: *Taeniocrada* Hoeg*, Psilophyton arcticum* Hoeg*, Hostimella* Hoeg*, Psilodendrion spinulosum* Hoeg*, Protocephalopteris praecox* (Hoeg) Ananiev. Палеопочвы характеризуются комплексом сходных морфологических признаков: материал кровли (верхние 10–20 см) резко отличается (1) по цвету от остальной части профиля (2.5Y 6/1 или Gley1 5/1 – серый против красного/красно-серого – 2.5 YR 5/2 или 2.5 YR 5/1); (2) по плотности, приобретая свойства рухляка. Профили палеопочв в долине р. Эльза пронизаны густой сетью каналов-ризолиов, проникающих до глубины 30 см. Сведений о корневых системах перечисленных выше растений в литературе нет. Морфология ризолитов свидетельствует, что палеопочвы развивались под густой моновидовой растительностью.

Три палеопочвы живетского возраста (Tordalen Formation, Fiskeklofta Member) в долине р. Торэльва морфологически близки: сформированы на песчаниках или алевролитах, мощностью 50–80 см, сероцветные (7.5YR 4/1–7.5YR 8/1), полугидроморфные. Характерной особенностью этой

группы объектов является густая сеть подземных углефицированных вегетативных органов, проникающих на глубину до 50 см. Электронно-микроскопическое изучение этого материала показало, что он предположительно представляет собой мицелий грибов, и почвы могут быть определены как микогенные. В пользу грибной природы органического вещества свидетельствует изотопный состав материала мицелия ($\delta^{13}C$ = –27.50 ‰; $\delta^{15}N$ = +4.3 ‰). Не вызывает сомнения эндемичность организма, который нуждается в дальнейшем изучении.

Серия из 14 палеопочв раннефранского возраста в долине р. Мунинэльва сформирована под древесной растительностью, преимущественно (11 из них) под ликопсидами. Один из объектов известен с 2015 г. как «ликоподиофитовый ископаемый лес» [древнейший из известных на сегодняшний день лес такого типа (Berry, Marshall, 2015; Юрина, 2024)]. Все палеопочвы этой серии имеют сходный генезис. Они определены как гистосоли, сформированные на аллювии/делювии. Большая часть (7 палеопочв) сформированы под *Protolepidodendropsis pulchra* Høeg. Растения с диаметром ствола до 15 см формировали густые, преимущественно моновидовые болотистые леса. Редко наряду с *Protolepidodendropsis pulchra* были встречены единичные растения *Leptophloeum rhombicum.* Четыре палеопочвы такого же типа сформированы под плауновидными с диаметром ствола 1.5–2.5 см, которые также формировали преимущественно моновидовые леса. Растение является эндемичным, таксономическое положение на сегодняшний день не установлено. На трех палеопочвах в этой долине были *in situ* обнаружены одиночно стоящие стволы с диметром пня до 25 см. Электронно-микроскопическое изучение угля, отобранного из стволов, свидетельствует, что они принадлежат *Svalbardia*, которая произрастала на идентичных почвах (гистосолях) в болотистой местности, но при этом не являлась лесообразующей.

Все обнаруженные палеопочвы относятся к азональными. Они характеризуются слаборазвитым профилем, одной из причин является краткость развития в нестабильных обстановках.

Несколько палеоботанических находок не были привязаны к палеопочвам, Информация о них важна для оценки биоразнообразия на данной территории в девоне: ядра стволов *Bergeria mimerensis* и *Caulopteris nodosa* nov. sp. (живетский ярус, долина р. Торэльва), отпечатки листьев *Svalbardia boyi* (живетский ярус, долина Одиндален), отпечаток ствола *Calamites* (франский ярус, долина Муминэльва).

Список литературы

Мурашов Л. Г. Стратиграфия и вещественный состав девонских отложений Шпицбергена (по стратотипическим разрезам): Отчет о НИР / Севморгео, НИИ геологии Арктики. Ленинград, 1979.

Находки палеопочв в обнажениях пород девонского возраста на архипелаге Шпицберген / А. О. Алексеев, Т. В. Алексеева, В. Э. Демидов, П. И. Калинин, В. В. Малышев // Докл. РАН. Науки о Земле. 2025. Т. 520, № 2. С. 160–167.

Свешникова И. Н., Буданцев Л. Ю. Ископаемые флоры Арктики. Т. I. Палеозойские и мезозойские флоры Западного Шпицбергена, Земли Франца-Иосифа и острова Новая Сибирь. Л.: Наука, 1969. 130 с.

Юрина А. Л. Флора среднего и позднего девона Северной Евразии. М.: Наука, 1988. 176 с.

Юрина А. Л. Первые девонские леса на Земле: появление, состав растений, типы лесных экосистем и их распространение // Вестн. Моск. гос. ун-та. Сер. 4. Геология. 2024. № 1. С. 38–46.

Berry Ch. M., Marshall J. E. A. Lycopsid forests in the early Late Devonian paleoequatorial zone of Svalbard // Geology. 2015. Vol. 43(12). P. 1043–1046.

Hoeg O. A. The Downtonian and Devonian flora of Spitsbergen // Norges Svalbard. Ishav. Undersokelser. Skr. 1942. no. 83. 228 p.

Makeev A., Alekseeva T. Key Stages of the Evolution of the Pedosphere in Earth's Geological History // Handbook of Pedology. Springer, Cham. 2026. P. 1–28. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-91419-5_122-1

Retallack G. J. Darwinian soil evolution: A review // Habitable Planet. 2025. Vol. 1, no. 1–2. P. 43–55.

Schweitzer H.-J. Die Devonfloren Spitzbergens. Stuttgart: Schweizerbart, 1999. 122 s.

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ПАЛЕОПОЧВ В ВОССТАНОВЛЕНИИ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ ДЕВОНСКОГО ПЕРИОДА (ТЕРРИТОРИЯ ЗЕМЛИ ДИКСОНА, АРХИПЕЛАГ ШПИЦБЕРГЕН)

А. О. Алексеев[1]✉, Т. В. Алексеева[1], В. В. Малышев[1], О. П. Тельнова[2], В. Э. Демидов[1]

[1]Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения им. В. А. Ковды РАН, г. Пущино, Московская область, Россия
[2]Институт геологии им. Н. П. Юшкина Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар, Республика Коми, Россия
alekseev@issp.psn.ru

Как ключевые элементы биосферы, древние почвы выступают уникальными хронологическими срезами и служат главными доказательствами континентальных условий на планете, начиная с раннего фанерозоя. Взрывное освоение суши растениями в девоне и появление корнеобитаемых почв являются одними из глобальных этапов в развитии биосферы (Retallack, 2001). В палеопочвах сохраняются следы первых наземных растений, примитивных беспозвоночных, а также свидетельства процессов почвообразования, которые заложили основу для дальнейшего развития биосферы. Таким образом, палеопочвы становятся не просто геологическими артефактами, а мощным инструментом для понимания прошлого, настоящего и будущего нашей планеты. Исследования палеопочв девона нашим коллективом ведутся с 2005 г. на территории центральных и южных районов Русской плиты в отложениях живетского яруса среднего девона, франского яруса и на границе франского и фаменского ярусов позднего девона, на территории Белгородской, Воронежской, Курской областей. Начиная с 2024 г., в область изучения были включены отложения девона на архипелаге Шпицберген. Исследование палеозойских палеопочв находится на стыке палеонтологии и геологии и является во многом новаторским направлением в почвоведении. Применяемый комплексный подход открыл путь к глубокому исследованию палеопочвенных объектов, позволив извлечь информацию для реконструкции палеогеографических условий и воссоздания на их основе картины эволюции почвенного покрова на изученных территориях и экосистем палеозоя (Алексеева, Алексеев, 2026). Исследования дочетвертичных палеопочв на архипелаге Шпицберген обусловлены полнотой геологического разреза девона и обилием палеоботанических находок. К настоящему времени обнаружены палеопочвы и педокомплексы девонского времени в долинах рек Мунинэльва, Торэльва, Эльза и в долине Хугиндален в широком временном интервале (пражский, живетский и франский ярусы девона). Ведется сравнительное изучение около 30 палеопочв девона (Находки …, 2025). Отобранные палеоботанические образцы на исследуемой территории свидетельствуют о существовавшем биоразнообразии.

В настоящий момент основной аналитический материал включает химические, минералогические и изотопные данные по палеопочвам в долине р. Торэльва и ее притоков в отложениях живетского (формация Tordalen подсвита Estheriahaugen) и франского (формация Tordalen подсвита Fiskeklofta) ярусов (Piepjohn, Dallmann, 2014). Одним из важных результатов является уточнение стратиграфического положения на основе палинологических данных, позволивших отнести изученные отложения к среднему девону. Выявленные девонские палеопочвы и педокомплексы характеризуются сохранностью профилей, а также наличием отпечатков растений и в ряде случаев растительных тканей. Основной тип почв представлен луговыми палеопочвами, связанными с речными системами и сформированными на лессовидных суглинках, вероятно, под разреженным травянистым покровом. Детальное изучение минералогического состава палеопочв долины Тордален показывает их высокую минералогическую однородность, что позволяет сделать вывод об общности исходного материала для всей исследуемой территории. Основные различия между палеопочвами разрезов подсвит Estheriahaugen и Fiskeklofta касаются минералогии соединений железа. В разрезе палеопочв Estheriahaugen преобладает гематит. В разрезе Fiskeklofta железо присутствует преимущественно в форме Fe^{2+}, входящей в структуру сидерита и хлорита. Высокое содержание сидерита по всему почвенному профилю указывает на формирование почв в гидроморфных, заболоченных условиях. Палеопочвы разреза Fiskeklofta соответствуют участку с

более низким гипсометрическим положением – аллювиальной равнине, где почвы подвергались периодическому затоплению или были заболочены. Минералогические исследования в сочетании с палеоботаническими данными свидетельствуют о том, что относительно длительное (интенсивное) автоморфное почвообразование под травянистой растительностью (в период формирования мощного педокомплекса разреза Estheriahaugen) в разрезе Fiskeklofta сменилось синлитогенным почвообразованием. Для последнего были характерны гидроморфные (болотные) условия. Отдельные примитивные палеопочвы, сформированные при участии грибов, составляли почвенный покров на рубеже живетского и франского ярусов. Большая часть работ проведена в долине Муниндален в отложениях низов франского яруса (формация Planteklofta), в которых наблюдаются многочисленные окаменелые стволы деревьев в прижизненном положении. По серии обнажений, расположенных по обоим берегам в долине р. Мунинэльва, составлено подробное описание геологического разреза; на этой территории описано более десяти палепочвенных комплексов. Палеопочвы залегают в сложных циклитах, материал которых отлагался очень быстро, но не катастрофично, так как стволы деревьев оставались в прижизненном положении. Палеопочвы представлены педокомплексами, возможно, что после каждой стадии растения заселяли именно заболоченные участки. Фактически, вся эта толща является синлитогенной палеопочвой. Свойства палеопочв (минеральный состав, распределение геохимических индексов по профилю почв и др.) позволяют говорить о продолжительном этапе формирования палеопочв и предположить произрастание растений на переувлажненных почвах с сезонностью по осадкам.

В обнажениях нижнедевонских отложений (пражский и эмский ярусы), которые находятся в долинах Хугиндален и Диксондален, была собрана и обнаружена серия образцов древних почв. Аналогичные образцы палеопочв, а также палеоботанические материалы, были выявлены и отобраны в породах того же возраста в долине р. Эльза. Данные изотопного состава углерода и кислорода карбонатов подтверждают континентальные условия ($\delta^{13}C = -6 \pm 1.5$ ‰), а также разница в $\delta^{18}O$ свидетельствуют о различии климатических условий, в которых формировались палеопочвы нижнего девона (D1) обнаруженные в долине Хугиндален и в долине р. Эльза, что позволяет предполагать разный возраст палеопочв. Требуется уточнение стратиграфического положения палеопочв. По предварительным данным палинологического анализа, палеопочвы в Хугиндален возможно ближе к среднему девону.

Аналитические минералогические и химические исследования уникальных образцов древних почв дают возможность уточнить условия и особенности их формирования на архипелаге в промежутке между ранним и поздним девоном, а также расширить представления о почвенном покрове Земли и климатической зональности в прошлые эпохи.

Список литературы

Алексеева Т. В., Алексеев А. О. Ископаемые почвы первой половины палеозоя как архивы палеоэкологических континентальных обстановок геологического прошлого Земли // Палеонтол. журн. 2026. № 3. С. 9–19.

Находки палеопочв в обнажениях пород девонского возраста на архипелаге Шпицберген / А. О. Алексеев, Т. В. Алексеева, В. Э. Демидов, П. И. Калинин, В. В. Малышев // Докл. РАН. Науки о Земле. 2025. Т. 520, № 2. С. 160–167.

Piepjohn K., Dallmann W. K. Stratigraphy of the uppermost Old Red Sandstone of Svalbard (Mimerdalen Subgroup) // Polar Res. 2014. Vol. 33, Iss. 1. Article 19998.

Retallack G. J. Soils of the Past: An Introduction to Paleopedology. 2nd ed. Oxford: Blackwell Science (UK), 2001. 404 p.

ВЛИЯНИЕ ИОНОСФЕРНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ НА СИГНАЛЫ ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ В ОБЛАСТИ АВРОРАЛЬНОГО ОВАЛА И ПОЛЯРНОЙ ШАПКИ

В. Б. Белаховский[1]✉, Я. Джин[2], О. И. Ягодкина[1], В. Милош[2]

[1]Полярный геофизический институт, г. Апатиты, Мурманская область, Россия
[2]Университет Осло, г. Осло, Норвегия
belakhov@mail.ru

В работе проведена оценка влияния ионосферных возмущений на рост возмущенности сигналов глобальных навигационных спутников систем (ГНСС) – GPS/ГЛОНАСС – во время сильных магнитных бурь 25-го солнечного цикла (2023–2024 гг.) с использованием данных обсерватории ПГИ «Баренцбург» и станции «Ny-Ålesund» (архипелаг Шпицберген). Архипелаг Шпицберген в зависимости от уровня геомагнитной активности может располагаться в области аврорального овала, каспа, полярной шапки. В качестве характеристик уровня возмущенности ГНСС сигналов использованы фазовый σ_Φ и амплитудный S_4 индексы сцинтилляций, параметр ROT (rate of TEC – скорость изменении полного электронного содержания ионосферы).

Для определения типов ионосферных возмущений использованы оптические наблюдения полярных сияний, данные радара некогерентного рассеяния EISCAT 42m. В зимний период на архипелаге Шпицберген возможны круглосуточные наблюдения полярных сияний.

Во время ряда событий обнаружен заметный рост не только фазового, но и амплитудного индекса сцинтилляций в авроральном овале и полярной шапке. Анализ показывает, что скачки S4 и σ_φ могут как совпадать по времени, так и происходить в разные моменты времени, что свидетельствует о том, что рост индексов S_4 и σ_φ вызван ионосферными неоднородностями разных масштабов. Показано, что сопоставимый вклад в рост сцинтилляций ГНСС сигналов (σ_φ и S_4) вносят как дневные возмущения в F-слое ионосферы («языки» ионизации – TOI, «патчи» полярной шапки – PCPs), так и суббуревые возмущения в E-слое ионосферы.

РУССКИЙ ШПИЦБЕРГЕН: ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ КАПИТАЛ ТЕРРИТОРИИ В XXI ВЕКЕ

Н. Ю. Белякова[1, 2, 3, 4, 5]

[1]Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, г. Москва, Россия
[2]Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Москва, Россия
[3]Северо-Западный институт управления – филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, г. Санкт-Петербург, Россия
[4]Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, г. Москва, Россия
[5]Русское географическое общество, г. Санкт-Петербург, Россия
natbelyakova@gmail.com

В настоящий момент российское присутствие на архипелаге Шпицберген расширяет направления и форматы. Из примерно 3 тыс. жителей архипелага россиян около 400, и в большинстве они проживают в Баренцбурге (Булдакова, 2026). Исторически в фокусе была угледобыча; государственный трест «Арктикуголь», которому в 2026 г. исполняется 95 лет, добывает на руднике Баренцбург около 120 тыс. т угля в год (На Шпицбергене …, 2025). Одновременно развивается неоиндустриальный контур присутствия. Научные исследования на Шпицбергене активны со второй половины XX века благодаря запуску постоянных арктических экспедиций; в настоящее время реализуется проект строительства Международного научного центра. В 2025 году открылся Экспедиционно-туристский центр РГО в Баренцбурге, призванный в том числе компенсировать

фактическое исключение туристской функции «Арктикугля» из сложившейся туриндустрии архипелага. В сентябре 2026 г. там же открылась первая в истории Арктическая биеннале. Ввиду уточнения экономической системы региона требует переосмысления вопрос обеспечивающих ее человеческих факторов. Близкое будущее («продленное настоящее») российского Шпицбергена связано с фактором рабочей силы (в части обеспечения традиционной добывающей индустрии), фактором предпринимательского потенциала (в части развития смежных бизнесов – рекреационного, сервисного и др.) и фактором человеческого капитала (в части создания инновационных научных и творческих продуктов, неотделимых от производителя). Коллективный человеческий капитал российского Шпицбергена – результат капитализации способностей исследователей высоких широт, специалистов по наследию, креативным индустриям, туристов – существует в тесной связи с шахтерским ядром. В этом смысле ситуация на архипелаге уникальна. Рабочий класс и стоящая за ним индустрия создает запрос на предпринимательские инициативы (швейный кооператив – собственное производство мерча, досуговые объекты и др.) и профилирует человеческий капитал (конкретику его профессиональных усилий – от фокусировки экспедиционных НИР до запроса на событийный каркас). Обозначим основные направления этой интерференции трех человеческих факторов экономики на архипелаге.

Производственный и научный контур. В настоящее время российская наука выключена из циркумполярных форматов сотрудничества; Норвегия не рассматривает Россию как долгосрочного партнера по развитию территории (The Barents …, 2023). Почти весь архипелаг – особо охраняемая природная территория, где согласно законодательству страны российским ученым запрещены раскопки, применение дронов и инвазивных методов анализа. В этих условиях постоянное присутствие исследователей становится стратегическим ресурсом.

Российский научный центр на архипелаге Шпицберген, созданный в 2016 г., координирует ежегодную программу исследований и наблюдений (Программа …, 2026). Российская арктическая экспедиция ААНИИ ведет круглогодичные наблюдения в Баренцбурге и оказывает руднику техническую помощь – например, при ремонте шахтного оборудования (Информация …, 2026). Российский Шпицберген богат на примеры реальной связки науки и промышленности. Формируется Международный научно-образовательный центр – консорциум организаций разных государств с площадками в Баренцбурге и Пирамиде (Бразилия …, 2026); интерес к нему проявили научные сообщества Китая, Бразилии, Индии, Турции и Таиланда (The Barents …, 2023).

Гуманитарный и креативный контур. Экспедиция РГО 2026 г. совместно с МАЭ (Кунсткамерой) РАН, Институтом наследия им. Д. С. Лихачева и Институтом археологии РАН обследовала и инвентаризировала объекты российского присутствия на архипелаге – от поморских становищ (идентифицировано около 70) до советского наследия и средовой архитектуры Баренцбурга, Пирамиды, Колсбея и Груманта. Итогом экспедиции станет пообъектная база данных, печатная карта и слой ГИС «Русский Шпицберген»; предложено превратить Баренцбург в музей под открытым небом (Булдакова, 2026). Открывшийся в поселке Экспедиционно-туристский центр РГО реализует указанные экспедиционные проекты, несет социально-просветительский функционал для резидентов и информационно-маркетинговый – для туристов, в том числе иностранных. В результате Арктической биеннале в Баренцбурге установлено около двух десятков временных инсталляций, в том числе «Грачи» Н. Полисского и арт-артели Никола-Ленивца (Шарифуллина, 2026); на 2026–2027 гг. запланирована научно-художественная экспедиция с программой на Шпицбергене (Арктическая …, 2025). Пока это разовые «десанты» креативного класса: очевидно, события без постоянной инфраструктуры и резидентов не формируют сообщества.

Суммируя, ключевой риск человеческих факторов экономики российского Шпицбергена – не численность людей, а длительность их пребывания и связанная с этим преемственность знаний, компетенций, навыков. Вахта, сезонная экспедиция или разовое творческое мероприятие с точки зрения управления человеческими факторами экономики нуждаются в проектном управлении долгосрочными сценариями. В числе рекомендаций по профилактике рисков выпадения из системы одного из факторов обозначим следующую последовательность управленческих решений:

1) удержать шахтерское ядро: долгосрочные контракты, семейное жилье, переподготовка шахтеров для обслуживания научной и туристской инфраструктуры и для промышленного туризма;

2) создать на базе действующего Российского научного центра 3–4 уникальные лаборатории «долгой работы» под многолетние программы (климат и мерзлота, гляциология, биомедицина и жизнь на Севере, цифровое наследие) с контрактами на 3–5 лет вместо сезонных командировок;

3) ввести «арктический подъемный» пакет для ученых и специалистов: компенсация релокации, северные надбавки, зачет стажа, жилье, грантовую линию для молодых исследователей с обязательной зимовкой;

4) использовать Международный научно-образовательный консорциум как кадровый механизм: совместные аспирантуры и стажировки с вузами стран-партнеров;

5) перевести креативный контур от события к институту: круглогодичная арт-резиденция, регулярный формат биеннале, общий проект к 100-летию спасательной операции ледокола «Красин» в 2028 г. и др. (Булдакова, 2026);

6) расширить линейку продуктов индустриального, мемориального, культурно-исторического и природно-экологического туризма на базе действующих и заброшенных поселков российского Шпицбергена;

7) ежегодно отслеживать численность, длительность пребывания и текучесть кадров по профилям.

Невзирая на геополитические реалии и исключение из международного научного контура, русский Шпицберген остается стратегической территорией. Его будущее связано не столько с углем, сколько с наукой высоких широт, постоянными экспедициями и туризмом. Неоиндустриальная модель развития архипелага как научного и креативного арктического хаба требует нового человеческого капитала и одновременно – сохранения рабочей силы как основы индустрии, сформировавшей феномен российского Шпицбергена.

Список литературы

Арктическая научно-художественная экспедиция пройдет в 2026–2027 годах // Объясняем.рф. 12.12.2025.

Бразилия рассмотрит возможность участия в российских полярных исследованиях на Шпицбергене // Teletype. 25.03.2026. URL: https://teletype.in/@uneco/DUfPkaR_2hK (дата обращения: 18.10.2026).

Булдакова М. На бумагу и в цифру: ученые начали картографировать русское наследие на Шпицбергене // Русское географическое общество. 14.09.2026. URL: https://rgo.ru/activity/redaction/news/na-bumagu-i-v-tsifru-uchenye-nachali-kartografirovat-russkoe-nasledie-na-shpitsbergene/ (дата обращения: 18.10.2026).

Информация о работах ААНИИ на Шпицбергене за период с 14 по 20 января 2026 г. // Росгидромет. 2026.

На Шпицбергене намерены создать научно-исследовательскую базу // ТАСС. 18.06.2025.

Программа научных исследований и наблюдений на архипелаге Шпицберген в 2026 году. М.: Российский научный центр на архипелаге Шпицберген, 2026.

Шарифуллина А. Баренцбург принимает Арктическую биеннале // Вести. 17.09.2026. URL: https://smotrim.ru/video/6078828 (дата обращения: 18.10.2026).

The Barents Observer. Isolated Russia invites faraway countries to upcoming Svalbard science center in Pyramiden. 2023. URL: https://thebarentsobserver.com/en/arctic/2023/10/ghost-town-pyramiden-will-be-home-russias-planned-international-svalbard-science (дата обращения: 18.10.2026).

ОСОБЕННОСТИ ВНУТРЕННЕГО СТРОЕНИЯ И ДИНАМИКА ЛЕДНИКОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЗЕМЛИ ДИКСОНА ПО ДАННЫМ РАДИОЛОКАЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

А. Л. Борисик[1]✉, И. И. Лаврентьев[2], О. В. Кочанова[1]

[1]Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, г. Санкт-Петербург, Россия
[2]Институт географии РАН, г. Москва, Россия
alborisik@aari.ru

Оледенение архипелага Шпицберген демонстрирует высокую чувствительность к климатическим изменениям, реагируя на них повсеместным истончением и отступанием ледников, при этом модели прогнозируют ускорение таяния в следующие десятилетия (Historical …, 2022). Особый интерес для исследователей архипелага представляет Земля Диксона – регион в центральной части острова Шпицберген, расположенный на удалении от прибрежных зон и характеризующийся в основном горным типом оледенения. Местный климат имеет более континентальный характер, отличаясь пониженным количеством осадков и повышенными летними температурами (Kavan, Haagmans, 2021). Из-за дефицита влаги оледенение здесь занимает всего около 14 % территории и представлено преимущественно небольшими горно-долинными ледниками и ледниковыми шапками, испытывающими в последние десятилетия значительное сокращение вплоть до практически полного исчезновения отдельных ледников (Małecki, 2016; Retreat …, 2026).

В отличие от более исследованной части архипелага вблизи поселков Баренцбург и Лонгйир, наблюдения в районе пос. Пирамида традиционно носили более ограниченный характер. В советский период исследования ледников в основном были сосредоточены на влиянии отступания ледников на эволюцию ландшафта, их подробный обзор представлен в работе (Małecki, 2016). Отечественные гляциологические наблюдения, выполнявшиеся в 1960–1970 гг. сотрудниками Шпицбергенской экспедиции Института географии АН СССР, были сосредоточены на близлежащих к поселку ледниках, основной из которых ледник Бертиль. Работы имели не только научный, но и хозяйственный результат, поскольку с 1962 по 1980 гг. ледник являлся одним из источников зимнего водоснабжения, давая около трети потребности поселка в воде. Исследования включали балансовые наблюдения, термобурение и радиолокацию для определения объема жидкой воды в толще ледника и путей ее миграции (Опыт …, 1980; Загороднов, 1981, Журавлев и др., 1983). Современные радиолокационные исследования на ледниках Земли Диксона также крайне ограничены и представлены разовыми съемками четырех близлежащих к поселку ледников (Malecki et al., 2013; Procházková et al., 2019).

С 2022 года сотрудники экспедиции РАЭ‑Ш ААНИИ с целью определения термического состояния ледников и сопоставления с полученными ранее данными приступили к плановому изучению доступных для исследований ледников. С 2022 по 2026 годы с использованием георадара Pulse Ekko Pro с антеннами 50 МГц и применением высокоточной привязки данных по DGPS были выполнены подробные площадные съемки ледников Бертиль, Мунин (восточная и западная ветви), Хоэль, Хёрбие, Стэнсио, Гонвиль, Кайус в центральной части полуострова, а также съемки на ледяных шапках Фриггкапа и Йотунфонна в его южной части.

В результате проведенных радиолокационных исследований были получены новые морфометрические параметры и определено термическое состояние 10 ледников центральной части Земли Диксона. Политермическая структура (сохранение придонного слоя теплого льда) подтверждена лишь для четырех ледников: Хоэль, Хёрбие, Бертиль и Мунин восточный. Остальные шесть ледников, включая относительно большие по площади шапки Йотунфонна (11.58 км^2, средняя глубина 43 м) и Фриггкапа (4.8 км^2, средняя глубина 54 м), классифицированы как полностью холодные, промерзшие до основания, что вероятно является следствием их небольшой средней мощности.

Наибольшая площадь распространения области теплого льда наблюдается в месте слияния потоков ледников Хоэль и Хёрбие и составляет 12 % от общей площади ледников. На леднике Бертиль теплый лед расположен в центральной и западной части, занимая менее 10 % его площади, сократившись с 1980 г. более чем на 60 %. На леднике Мунин восточный небольшое пятно теплого льда отмечено только в высокой цирковой его части. При этом, несмотря на незначительные площади, занимаемые теплым льдом, у всех четырех ледников на момент проведения съемки отмечен зимний сток (наледи).

Сопоставляя полученные данные с предыдущими исследованиями, можно отметить продолжающийся тренд на уменьшение площади и объема льда. Площадь ледника Бертиль (Журавлев и др., 1983) с 1980 по 2023 гг. уменьшилась на 31 %, а площадь, занимаемая теплым льдом – на 62 %. Объем ледника за тот же период сократился на 61 %. Ледники Хоэль и Хёрбие, которые относятся к пульсирующему типу (Małecki et al., 2013) также продолжили сокращаться. С 1990 по 2022 годы общая площадь ледников сократилась на 28 %. Наибольшее сокращение площади и окончательное разделение на два отдельных ледниковых тела испытал ледник Мунин. С 1990 по 2026 годы площадь западной ветки сократилась на 49 %, а восточной – на 37 %.

Настоящая работа расширяет базу прямых наблюдений и представляет новые результаты радиолокационных исследований, проведенных в 2022–2026 гг. на 10 ледниках Земли Диксона. Использование георадара позволило получить точные данные о толщине льда, топографии ложа и современном гидротермическом режиме изученных ледников, что критически важно для понимания пространственной изменчивости оледенения внутренних районов Шпицбергена и прогнозирования их эволюции.

Список литературы

Журавлев А. Б., Мачерет Ю. Я., Боброва Л. И. Радиолокационные исследования на полярном леднике с зимним стоком // Материалы гляциологических исследований. 1983. Вып. 46. С. 143–149.

Загороднов В. С. Исследование строения и температурного режима шпицбергенских ледников с помощью термобурения // Материалы гляциологических исследований. 1981. Вып. 41. С. 196–199.

Опыт непосредственного использования ледника для зимнего водоснабжения / А. С. Гуськов, Н. И. Осокин, Л. С. Троицкий, В. Г. Ходаков // Материалы гляциологических исследований. 1980. Вып. 38. С. 260–264.

Historical glacier change on Svalbard predicts doubling of mass loss by 2100 / E. C. Geyman, W. J. J. van Pelt, A. C. Maloof, H. F. Aas, J. Kohler // Nature. 2022. Vol. 601. P. 374–379. URL: https://doi.org/10.1038/s41586-021-04314-4

Kavan J., Haagmans V. Seasonal dynamics of snow ablation on selected glaciers in central Spitsbergen derived from Sentinel-2 satellite images // J. Glaciol. 2021. P. 1–6. URL: https://doi.org/10.1017/jog.2021.36

Małecki J. Accelerating retreat and high-elevation thinning of glaciers in central Spitsbergen // The Cryosphere. 2016. Vol. 10. P. 1317–1329. URL: https://doi.org/10.5194/tc-10-1317-2016

Malecki J., Faucherre S., Strzelecki M. C. Post-surge geometry and thermal structure of Horbyebreen, central Spitsbergen // Pol. Polar Res. 2013. Vol. 34, Iss. 3. P. 305–321. URL: https://doi.org/10.2478/popore-2013-0019

Procházková B., Engel Z., Tomíček J. Geometric changes of three glaciers in Dickson Land, central Spitsbergen, during the period 1990–2015 // Polar Sci. 2019. Vol. 20. Part 2. P. 129–135. doi: 10.1016/J.POLAR.2019.05.004

Retreat and volume loss of two rapidly vanishing Svalbard glaciers since 1938: Elsabreen and Ferdinandbreen, Petuniabukta / R. McCerery, H. Lovell, O. King, B. J. Davies, J. Małecki, C. Boston, J. Woodward, J. L. Carrivick // Ann. Glaciol. 2026. Vol. 67. Article e3 (10 p.). URL: https://doi.org/10.1017/aog.2025.10034

ДИНАМИКА ЗАРАСТАНИЯ МОРЕН ШПИЦБЕРГЕНА ПО ДАННЫМ АНАЛИЗА КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

И. Н. Василенко[1,2]✉, В. Э. Демидов[1]

[1]Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, г. Санкт-Петербург, Россия
[2]Институт наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета, г. Санкт-Петербург, Россия
Vasilenkoila51@gmail.com

Морены – формы рельефа, образованные в результате аккумуляции ледниковых отложений, а также гляциодислокаций – напора, выдавливания и нагнетания, захвативших породы и отложения как ледникового, так и неледникового генезиса (Гляциологический …, 1984). В условиях потепления климата и сокращения площади ледников увеличивается площадь свободных от льда поверхностей. На них при благоприятных условиях начинается развитие пионерных растительных сообществ, динамика которых может быть оценена посредством анализа хронологического хода вегетационного индекса NDVI, рассчитанного на основе спутниковых снимков. Это в свою очередь может позволить рассуждать о механизмах влияния глобального климата на растительность в условиях первичных сукцессий.

Исследование проведено для территории архипелага Шпицберген с учетом гляциологического районирования, предложенного Л. С. Троицким, Е. М. Зингером, В. А. Маркиным, В. С. Корякиным, В. И. Михайловым (Оледенение …, 1975) и доработанного В. М. Котляковым (Гляциология …, 1985). Согласно данной схеме, архипелаг разделяется на три крупные зоны по господствующему типу оледенения: покровного, горного и полупокровного. В полупокровной зоне выделяется пять районов: Земля Принца Карла, Восточные острова, Южный, Северо-Восточный и Северо-Западный.

Для анализа использовались данные NDVI продукта MODIS MOD13Q1 (Didan, 2021) за 2000–2025 гг. По результатам кратких ландшафтных описаний морен ледников Грён-фьорда рабочий пиксель принимался покрытым растительностью при NDVI ≥ 0.15. Дополнительно рассчитывались площадь и доля пикселей со значениями NDVI выше 0.20 и 0.30.

Контуры морен получали путем вычитания очертаний ледников за различные годы (König et al., 2013), что позволило выделить участки, освободившиеся от льда в разные периоды, и сформировать возрастные группы морен. К ограничениям метода относятся невозможность полного исключения приледниковых озер и краевых частей выводных ледников, а также ограничение максимального возраста морен наиболее старым доступным контуром ледника – 1936 г. Морены возрастом более 90 лет в настоящем исследовании рассматриваются как приближенный аналог зрелых участков долин.

На первом этапе для каждого района, года и возрастной группы рассчитывались площадь и доля морен, покрытых растительностью. Для анализа климатической обусловленности динамики растительности выбрана зона горного оледенения; климатические данные получены с метеорологической станции «Лонгйир». В качестве предикторов использовались средняя температура июля–августа и сумма летних осадков.

Для отделения климатической составляющей от возможного направленного временного сигнала использовалась линейная модель множественной регрессии:

$$Y = f(T, P),$$

где Y – доля площади, занятая растительностью; T – средняя температура июля–августа; P – сумма летних осадков. Коэффициенты модели оценивались методом наименьших квадратов отдельно для морен и долин на основе 26 годовых наблюдений. Разность между фактическим и смоделированным значением рассматривалась как остаток модели – часть межгодовой изменчивости, не объясненная выбранными климатическими факторами. Наличие временного тренда остатков оценивалось по линейной регрессии, коэффициенту корреляции Пирсона и ранговой корреляции Спирмена. Дополнительно для морен и долин оценивались модели с включением временного фактора Year для сравнения коэффициентов временного тренда.

С 2000 по 2025 годы площадь морен всего архипелага, покрытых пионерной растительностью (NDVI > 0.15), увеличилась с 30 до 180 км². Согласно уравнению линейного тренда, при сохранении

наблюдаемой тенденции прирост составил бы в среднем 6.7 км^2 в год. Максимальная площадь покрытых растительностью морен отмечается в зоне полупокровного оледенения – до 170 км^2. При этом наибольшую долю общей площади морен растительность занимает в зоне горного оледенения – до 12 %, против 5 % в полупокровной зоне.

Все возрастные группы морен в зоне горного оледенения показали сильную прямую связь с летними температурами и умеренную прямую связь с осадками; при повышении порога NDVI от 0.15 до 0.30 связь с осадками усиливалась. Таким образом, значительная часть межгодовой изменчивости растительности морен связана с климатическими условиями, что затрудняет выделение собственного временного сигнала их зарастания.

Климатическая модель долин объяснила 55.9 % межгодовой изменчивости растительности, а модель морен – 61.0 %. После исключения климатической составляющей остатки долин не показали статистически значимого временного тренда (p = 0.512). Это согласуется с предположением о преимущественно климатической обусловленности межгодовой динамики растительности зрелых участков долин. Остатки модели морен также не показали статистически значимого линейного временного тренда: коэффициент тренда составил −0.023 процентного пункта в год (p = 0.604). Таким образом, в пределах исследованного временного ряда дополнительный направленный сигнал, не объясняемый температурой и осадками, статистически не выделяется. Дополнительное включение фактора Year в модель также не выявило статистически значимого различия временных коэффициентов морен и долин: α_3 = −0.040 процентного пункта в год для морен, β_3 = −0.147 процентного пункта в год для долин, при сравнении коэффициентов p = 0.56.

За 2000–2025 годы площадь морен, покрытых растительностью при NDVI > 0.15, существенно увеличилась. Вместе с тем анализ климатической зависимости показывает, что значительная часть межгодовой изменчивости растительного покрова связана с летней температурой и осадками. Для исследованного периода и примененной методики не удалось выделить самостоятельный направленный временной сигнал, который можно было бы однозначно интерпретировать как сигнал зарастания морен.

Список литературы

Гляциология Шпицбергена / Отв. ред. В. М. Котляков. М.: Наука, 1985. 200 с.

Гляциологический словарь / В. Р. Алексеев, Н. В. Волков, Б. И. Втюрин, Е. А. Втюрина, М. Г. Гросвальд, Р. В. Донченко, А. К. Дюнин, Л. А. Канаев, В. М. Котляков, А. Н. Кренке, К. С. Лосев, В. Ф. Перов, В. Л. Цуриков. Л.: Гидрометеоиздат, 1984. 565 с.

Оледенение Шпицбергена (Свальбарда) / Л. С. Троицкий, Е. М. Зингер, В. С. Корякин, В. А. Маркин, В. И. Михалёв. М.: Наука, 1975. 276 с.

Didan K. MODIS/Terra Vegetation Indices 16-Day L3 Global 250m SIN Grid V061 [Dataset]. NASA Land Processes Distributed Active Archive Center. 2021. URL: https://doi.org/10.5067/MODIS/MOD13Q1.061

König M., Kohler J., Nuth C. Glacier Area Outlines – Svalbard 1936–2010 [Dataset]. Norwegian Polar Institute. 2013. URL: https://doi.org/10.21334/NPOLAR.2013.89F430F8

СОВРЕМЕННЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ШПИЦБЕРГЕНА (НА ПРИМЕРЕ МЕТЕОСТАНЦИИ «БАРЕНЦБУРГ»)

А. В. Гекова✉, И. В. Латышева, К. А. Лощенко, Р. А. Гиниятуллин, Н. Д. Назаров

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
gekova00@bk.ru

Суровость и экстремальность климата Арктики обусловлены небольшим приходом солнечной радиации, частыми вторжениями арктического воздуха с Северного Ледовитого океана и выносом

морского воздуха в атлантических циклонах, нередко со штормовыми ветрами, интенсивными осадками, большими перепадами температуры воздуха и атмосферного давления, что может оказывать негативное влияние на организм человека (Нагурный, 2004). Особенно неблагоприятное влияние на организм оказывает совместное воздействие отрицательной температуры и ветровой нагрузки, поскольку ветер вызывает охлаждение организма, и, по расчетам И. А. Арнольди (1962), каждая единица скорости ветра (1 м/с) условно приравнивается к понижению температуры воздуха на 2 ºС.

Шпицберген – обширный полярный архипелаг, расположенный в Северном Ледовитом океане между 76º26' и 80º50' с. ш. и 10º и 32º в. д., который омывается водами Гренландского и Баренцева морей. На Шпицбергене, в сравнении с другими островами, расположенными на таких же широтах, температура воздуха гораздо выше. Этому способствует теплое Норвежское течение, огибающее архипелаг двумя рукавами.

Первые сведения об инструментальных метеорологических наблюдениях на архипелаге Шпицберген относятся к последней четверти XIX века. Метеорологическая станция «Баренцбург» (78º04′ с. ш., 14º13′ в. д.) находится на о. Западный Шпицберген на берегу Грён-фьорда – южного участка Ис-фьорда на высоте 75 м над уровнем моря. Метеорологические наблюдения на станции «Баренцбург» являются методически однородными и самими продолжительными среди метеорологических станций на архипелаге Шпицберген, что позволяет проводить климатические исследования.

В исследуемый нами период 1932–2025 гг. среднегодовая температура воздуха в районе метеостанции «Баренцбург» составляет –3.8 ºС. Отрицательные среднемесячные температуры воздуха сохраняются с октября по май с минимальным значением в марте (–11.3 ºС), положительные – с июня по сентябрь с максимальным значением в июле (6.4 ºС). Абсолютный минимум температуры воздуха в Баренцбурге составил –39.8 ºС (отмечался 3 марта 1986 г.), а абсолютный максимум равен 20.3 ºС (наблюдался 17 июля 1999 г.). Таким образом, годовая амплитуда температуры воздуха равна 17.7 ºС, а амплитуда абсолютных температур – 60.1 ºС.

Атлантические циклоны являются основным поставщиком атмосферной влаги, годовые суммы которой в среднем на метеостанции «Баренцбург» составляют 565 мм. В течение года максимум осадков – 190 мм (33 % годовой суммы) – приходится на период усиления подвижного циклогенеза над Атлантикой (ноябрь–январь), а минимум (49 мм) – на летние месяцы (июнь, июль). При этом бóльшую часть года (в среднем 181 день) выпадает снег, который возможен во все месяцы, в среднем 52 дня в году отмечаются дожди, которые могут наблюдаться во все месяцы, кроме января.

Климатический режим ветра по данным станции «Баренцбург» характеризуется примерно равной повторяемостью меридиональных северных и южных ветров, тогда как повторяемость западных и восточных потоков в среднем не превышает 15 %. Также характерно высокое относительное влагосодержание, среднемесячные значения относительной влажности варьируют от 77 % в холодный период года до 82 % в летние месяцы. Следует отметить большое количество пасмурных дней в году (195), частые метели, которые в среднем за год отмечаются 92 дня с максимумом (15 дней), приходящимся на зимние месяцы.

В современный климатический период (1991–2020 гг.), по сравнению с предшествующим климатическим периодом (1961–1990 гг.), в Баренцбурге среднегодовые температуры воздуха увеличились на 2.2 ºС. В течение года положительные отклонения среднемесячных температур наблюдаются во все месяцы с максимальными значениями (3.6–3.7 ºС) зимой и минимальными (0.9 ºС) в июле. Однако статически значимыми можно считать темпы потепления только среднегодовых температур и среднемесячных в июне (1.1 ºС), августе (1.0 ºС) и декабре (3.7 ºС), когда они превышают значения среднеквадратических отклонений. С 1947 по 2025 годы самые высокие среднегодовые температуры воздуха приходятся на 2015, 2011 и 2017 гг., а самые низкие – на 1967, 1987 и 1962 гг.

На фоне потепления климата количество выпавших осадков изменилось незначительно и оставалось в пределах среднеквадратического отклонения. Более выражены изменения для суточных максимумов осадков, которые уменьшились в феврале (12), марте (23), апреле (31), июле (9), августе (21) и декабре (19) и были статистически значимыми.

По критериям теплоощущений, которые учитывают комплексное влияние на организм человека температуры воздуха, влажности, скорости ветра и солнечной радиации, по данным 8-срочных наблюдений в 2025 г. в Баренцбурге с ноября по июль и в сентябре господствующим типом погоды является «по сезону» с максимальными значениями повторяемости в июне и июле (82 %). В августе и октябре чаще всего отмечался тип погоды «тепло» – 52 и 57 % соответственно. «Опасность обморожения» отмечалась в 7 % случаев в марте (например, 13 марта 2025 г. при температуре воздуха –19.2 ºС, северном ветре со скоростью 18 м/с и относительной влажности воздуха 67 % при выпадении снега и метели по теплоощущениям было –30 ºС). Тип погоды «очень холодно» наблюдался в декабре и январе (по 5 %), марте и апреле (по 15 %), тип погоды «холодно» – с ноября по январь и с марта по май с максимумом повторяемости в апреле и ноябре (по 11 %). Тип погоды «прохладно» отмечался во все месяцы, кроме февраля, с максимумом повторяемости в апреле (20 %), тип погоды «тепло» – во все месяцы с максимумом в октябре (57 %) и минимумом в апреле (1 %). Тип погоды «жарко» и «очень жарко» не отмечался.

Таким образом, в современный климатический период на метеорологической станции «Баренцбург» на Шпицбергене отмечается потепление климата, которое характеризуется повышением среднегодовых температур воздуха на 2 ºС по сравнению с предшествующим климатическим периодом с максимальными темпами роста средних температур в декабре и июне. Потепление климата не сопровождается статистически значимыми изменениями средних сумм атмосферных осадков, но, характеризуется уменьшением суточных максимумов осадков, что можно объяснить, по-видимому, меньшей активностью атлантических циклонов.

Список литературы

Арнольди И. А. Акклиматизация человека на Севере. М.: Медицина, 1962. 72 с.

Нагурный А. П. Формирование и динамика современного климата Арктики / Под ред. проф. Г. В. Алексеева. СПб.: Гидрометеоиздат, 2004. 266 с.

СНИЖЕНИЕ СТРЕССА РАБОТНИКОВ ЗАМКНУТЫХ ПРОСТРАНСТВ МЕТОДАМИ АРКТИЧЕСКОЙ ЛАНДШАФТНОЙ ТЕРАПИИ

О. Б. Гонтарь[1]✉, В. К. Жиров[2]

[1]Научно-исследовательский центр медико-биологических исследований адаптации человека в Арктике КНЦ РАН, г. Апатиты, Мурманская область, Россия
[2]Кольский научный центр Российской академии наук, г. Апатиты, Мурманская область, Россия
o.gontar@ksc.ru

В результате проведенных в Научно-исследовательском центре медико-биологических исследований адаптаций человека в Арктике КНЦ РАН работ было установлено, что психологические эффекты замкнутого пространства связаны с нарушениями его зрительного восприятия, и разработана общая классификационная схема разнообразия форм зрительного восприятия пространства, соответствующая классификации ландшафтов традиционных китайских садов, обладающих психотропными свойствами (Ландшафтная …, 2021).

Поскольку типовые помещения психологической разгрузки невозможно персонифицировать применительно к различным психотипам и нарушениям зрительного восприятия, технически эта проблема может решаться путем моделирования, на основе этих схем, виртуальных ландшафтов с заданными психотропными свойствами.

При отборе объектов для изучения особенностей индивидуального методического ключа алгоритма АЛТ мы руководствовались данными о характеристиках различных психотипов,

вариабельности уровня тревожности/психоэмоционального состояния, и лабильности нервной системы. Принадлежность к определенному психотипу определяли по методикам Спилберга–Ханина и Овчинникова (Клиорин, Чтецов, 1979). Лабильность нервной системы (НС) оценивали по Теппинг-тесту (НС-Психотест …, 2019).

Для определения действия АЛТ на когнитивные функции были выбраны методики «Память на числа» (для оценки кратковременной памяти), «Шкала приборов» (для исследования зрительного восприятия), «Память на образы» (для оценки кратковременной зрительной памяти) и «Реакция на движущийся объект» (РДО) (для измерения уравновешенности нервных процессов, т. е. степени сбалансированности процессов возбуждения и торможения по силе при зрительном восприятии) (НС-Психотест …, 2019).

Алгоритм проведения профилактических и лечебных курсов арктической ландшафтной терапии состоит из двух частей: в первой представлена методика составления индивидуального методического «ключа» для формирования комплекса ландшафтных образов, определения оптимальной последовательности и продолжительности их демонстрации во время сеанса АЛТ. Вторая представляет последовательность действий при проведении сеанса АЛТ с учетом индивидуальных особенностей пациента.

Алгоритм формирования индивидуального методического ключа АЛТ:

1.1. Сбор предварительных сведений о пациенте по результатам:

1.1.1. опроса о текущем состоянии здоровья, перенесенных заболеваниях, условиях труда и быта, хронических заболеваниях близких родственников;

1.1.2. анкетирования по предпочитаемым формам пространственной организации и цветовой гаммы ландшафтов (оригинальная методика) (Изучение …, 2022).

1.2. Антропометрическое обследование пациента (Никитюк, Чтецов, 1983; Mosteller, 1987) для определения соматотипа.

1.3. Психофизиологическое обследование с оценкой:

1.3.1. темперамента личности (по Айзенку EPQ, «Шкала эмоциональной возбудимости»);

1.3.2. текущего функционального состояния организма (по вариабельности ритма сердца);

1.3.3. сложных сенсомоторных реакций и свойств нервных процессов [по простой зрительно-моторной реакции (ПЗМР) и «Реакции различения»];

1.3.4. моторных способностей (силу нервных процессов, лабильность и выносливость) для оценки общей работоспособности (по теппинг-тесту);

1.3.5. психического состояния (по методу «САН»);

1.3.6. уровня ситуативной и личностной тревожности (по Спилбергеру–Ханину);

1.3.7. ситуативного и долговременного состояния психики (по тесту Люшера) (НС-Психотест …, 2019):

1.3.8. кратковременной памяти (по методике «Память на числа»);

1.3.9. зрительного восприятия (по методике «Шкала приборов»);

1.3.10. кратковременной зрительной памяти (по методике «Память на образы»);

1.3.11. прочности хранения информации на основе уравновешенности нервных процессов, т. е. степени сбалансированности процессов возбуждения и торможения по силе при зрительном восприятии [по методике «Реакция на движущийся объект» (РДО)].

1.4. Определение геометрических особенностей зрительного образа пространства, воспринимаемого пациентом до и после сеанса АЛТ, затем – 1 раз в неделю на протяжении 30 дней, в первой половине дня (по: Гончаров, 2009).

1.5. Электроэнцефалографическое обследование пациента во время сеанса АЛТ с выявлением наиболее привлекательных или отвергаемых форм пространственной организации и цветовой гаммы ландшафта.

1.6. Классификация пациентов по совокупности выявленных признаков по пп. 1.1–1.5.

1.7. Составление индивидуального методического «ключа» для формирования комплекса ландшафтных образов, определения оптимальной последовательности и продолжительности их демонстрации во время сеанса АЛТ, согласно п. 1.6.

2.1. Алгоритм собственно сеанса АЛТ состоит из поочередной демонстрации изображений, подобранных согласно содержанию его индивидуального методического ключа (п. 1.6.).

При решении задачи компенсации выраженных расстройств когнитивных функций в пп. 1.3.3–1.3.5 изменяют на пп. 1.3.8–1.3.11 диагностики памяти.

Индивидуальными характеристиками памяти человека являются объем запоминаемой информации, скорость запоминания и прочность хранения информации. Объем памяти – это число объектов, которые человек может вспомнить после их восприятия. Объем кратковременной памяти варьирует и составляет от 5 до 9 объектов, объем долговременной памяти теоретически не ограничен. Скорость запоминания информации измеряется количеством времени, необходимого для ее запоминания.

Прочность хранения информации обратно пропорциональна скорости ее забывания. Скорость запоминания и прочность хранения информации связаны с особенностями нервной системы данного человека, в том числе с типом его темперамента. Она зависит от подвижности нервных процессов, а потому является высокой у холериков и сангвиников, и низкой – у флегматиков и меланхоликов. Прочность хранения информации определяется уравновешенностью нервных процессов: сангвиники и флегматики обладают высокой прочностью хранения информации, холерики и меланхолики – низкой (Мерлин, 1964).

Результаты предварительных экспериментов свидетельствуют о том, что после 5–10 сеансов АЛТ, в зависимости от психотипа пациента возрастает прочность хранения информации за счет нивелирования неуравновешенности нервных процессов с преобладанием силы процесса возбуждения (за исключением меланхоликов с высоким базовым уровнем тревожности); увеличиваются концентрация внимания и объем кратковременной зрительной памяти и точности. В двух последних случаях исключение составил психастенический (педантичный) радикал со средним уровнем лабильности НС и низким уровнем стресса.

Данная методика не требует больших экономических затрат и особо актуальна для работающих в замкнутых пространствах Арктической зоны Российской Федерации (например, Шпицберген, Новая Земля).

Список литературы

Гончаров О. А. Закономерности восприятия и изображения перспективных отношений // Психол. журн. Междунар. ун-та природы, общества и человека «Дубна». 2009. № 4. С. 1–15.

Изучение особенностей территориальной заболеваемости населения репродуктивного возраста в Арктической зоне Российской Федерации с выявлением факторов, воздействующих на основные функциональные системы организма, и разработки комплексных методов для снижения негативного воздействия экстремальных условий среды: Отчет по теме НИР промежуточный / В. К. Жиров, О. Б. Гонтарь и др. / Фонды ФИЦ КНЦ РАН. Апатиты, 2022. С. 76–77.

Клиорин А. И., Чтецов В. П. Биологические проблемы учения о конституциях человека. Л.: Наука, 1979. 164 с.

Ландшафтная терапия нарушений зрительных восприятий на Крайнем Севере / В. К. Жиров, Ю. Н. Закревский, О. Б. Гонтарь, В. В. Мегорский, А. А. Койгерова, П. А. Маурчева // Морская медицина. 2021. Т. 7, № 1. С. 7–19.

Мерлин В. С. Очерк теории темперамента. М.: Просвещение, 1964. 304 с.

Никитюк Б. А., Чтецов В. П. Морфология человека. М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 1983. 320 с.

НС-Психотест.NET (руководство пользователя). Иваново: ООО «Нейрософт», 2019. 366 с.

Mosteller R. D. Simplified calculation of body surface area // New Engl. J. Med. 1987. Oct. 22. Vol. 317(17). P. 1098.

ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФИТОПЛАНКТОНА И ФАКТОРЫ ЕГО ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ В ВОДАХ МОРЕЙ ЕВРОПЕЙСКОЙ АРКТИКИ (КАРСКОЕ И БАРЕНЦЕВО) В НОЯБРЕ–ДЕКАБРЕ 2023 Г.

Е. А. Гребнева[1]✉, С. Б. Крашенинникова[1], А. А. Сысоев[1], И. В. Сысоева[1], О. Н. Лукьянова[2], А. С. Щука[2]

[1]Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН, г. Севастополь, Россия
[2]Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия
grebneva@ibss-ras.ru

Современные климатические изменения наиболее интенсивно проявляются в Арктическом регионе. Согласно данным многолетних наблюдений и спутникового мониторинга, в Карском и Баренцевом морях отмечается устойчивый рост температуры поверхностных вод (Exceptional …, 2022; Демидов и др., 2023). Это, в свою очередь, приводит к сокращению ледяного покрова, что оказывает существенное влияние на морские экосистемы (Renaut et al., 2018; Демидов и др., 2023). Периоды низкого покрытия льдом связаны с повышением продуктивности, а зоны цветения фитопланктона расширяются в северном направлении со скоростью около 1 град. широты за десятилетие (Renaut et al., 2018). Фитопланктон является основой морских экосистем и чувствительным индикатором их изменений. Изучение структуры, видового состава и биомассы фитопланктона служит необходимой основой для оценки состояния и прогнозирования динамики экосистем. Кроме того, в условиях активного хозяйственного освоения шельфа и промысла ценных видов рыб (включая крупнейшие запасы трески) исследование структурно-функциональных характеристик фитопланктона приобретает особую актуальность (Phytoplankton …, 2023).

Цель работы – исследовать пространственное распределение фитопланктона и оценить стадии сукцессии микропланктонного сообщества в Карском и Баренцевом морях на основе комплекса количественных показателей [численность, биомасса, хлорофилл *a*, АТФ, гетеротрофно-фотоавтотрофный индекс (HPI)] с учетом абиотических факторов.

Пробы отбирали на 20 станциях из поверхностного слоя (1.0–2.5 м) в ходе 93-го рейса НИС «Академик Мстислав Келдыш» (ноябрь–декабрь 2023 г.). Определяли следующие параметры:

биологические – численность *N* (кл/л), биомассу *B* (мкг/л) фитопланктона, концентрацию хлорофилла *a* спектрофотометрическим методом (мкг/л), концентрацию АТФ биохимическим методом (нг/л), HPI ($\frac{\text{АТФ}\cdot 100}{\text{хлорофилл}\,a}$);

гидрологические – температуру *T* (°C) и соленость *S* (ЕПС) воды;

гидрохимические – биогенные элементы (Si, PO_4, NO_2, NO_3, NH_4), насыщение кислорода O_2 (%) и pH.

Статистическую значимость различий между районами оценивали с помощью непараметрического критерия Краскела–Уоллиса ($p < 0.05$).

В поверхностных водах исследуемой акватории концентрация хлорофилла *a* изменялась от 0.2 до 3.0 мкг/л (среднее – 1.08 мкг/л); более половины станций характеризовались значениями < 1 мкг/л (олиготрофные условия), повышенные концентрации (> 1 мкг/л) приурочены к Байдарацкой губе и акватории у Новой Земли (мезотрофный статус). Численность фитопланктона варьировала от 667 до 35 200 кл/л, биомасса – от 24.6 до 923.5 мкг/л, АТФ – от 36.3 до 448.5 нг/л, HPI – от 2.3 до 72.6, что указывает на смену стадий сукцессии в разных частях акватории. Температура изменялась от –1.8 до 3.8 °C, соленость – от 30.3 до 34.9 ЕПС, pH – от 7.97 до 8.22, насыщение кислородом – от 77.3 до 98.4 %.

На основе анализа пространственного распределения параметров выделены три района, различающиеся по структуре фитопланктонного сообщества и гидролого-гидрохимическому режиму:

район Байдарацкой губы (Карское море) является эстуарным, с минимальной соленостью (31.5 ЕПС), максимальными концентрациями хлорофилла *a* (1.5 мкг/л) и кремния (5.1 μM), а также с

максимальным насыщением кислородом (97.7 %), минимальными нитратами (2.3 μM), фосфатами (0.4 μM) и pH (8.10). HPI = 9.5 – ранняя автотрофная стадия сукцессии;

северная часть Баренцева моря, находящаяся под влиянием холодных арктических вод, характеризовалась температурой –0.4 ºС и соленостью 34.5 ЕПС. Отмечены максимальная биомасса (332.8 мкг/л) и АТФ (135.3 нг/л) при минимальной численности (4 786 кл/л), что указывает на доминирование крупноклеточных форм (диатомей) и высокую метаболическую активность. HPI варьировал от 4 до 45 (среднее – 14) – переходная стадия на границе автотрофии и гетеротрофии;

район по меридиональному разрезу вдоль 39^{o} в. д. (Баренцево море) – преобладают атлантические водные массы с максимальной температурой 2.3 ºС и соленостью 34.8 ЕПС, максимальная численность фитопланктона составила 21 745 кл/л, концентрация нитратов составляет 7.9 μM, величина pH 8.19, минимальное содержание аммония 0.2 μM. Значение HPI = 31 соответствует зрелой гетеротрофной стадии с доминированием мелких клеток (пико- и нанопланктона) и минимальной концентрацией АТФ (68.4 нг/л).

Статистический анализ (критерий Краскела–Уоллиса) подтвердил значимые различия между районами по большинству параметров. Район Байдарацкой губы значимо отличался от района меридионального разреза по S, pH, O_2, NO_2, NO_3, NH_4; от северной части Баренцева моря – по T, O_2, Si. Северная часть Баренцева моря значимо отличалась от района меридионального разреза по N, T, NO_2, NH_4.

Таким образом, в исследованных районах Баренцева и Карского морей в ноябре–декабре 2023 г. выявлена пространственная неоднородность биологических и гидролого-гидрохимических параметров. Пространственное распределение фитопланктона и смена стадий сукцессии определялись комплексом абиотических факторов, значимые различия по которым подтверждены статистически. Эстуарная зона Карского моря с опреснением, высоким кремнием и кислородом, но низкими нитратами и фосфатами соответствовала ранней автотрофной стадии (HPI = 9.5); северная часть Баренцева моря с низкой температурой, высокой соленостью и минимальным кислородом при максимальной биомассе и АТФ – переходной стадии (HPI = 14); район меридионального разреза с максимальными температурой, соленостью, нитратами и pH при минимальном аммонии – зрелой гетеротрофной стадии (HPI = 31).

Авторы выражают благодарность сотрудникам ИнБЮМ М. И. Силакову за сбор данных и Р. И. Ли за первичную обработку проб фитопланктона.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ (№ 124030100137-6) и ИО РАН (№ FMWE-2024-0020) с использованием специального оборудования НИС «Академик Мстислав Келдыш» в составе ЦКП «Научный флот ИО РАН» (https://rv.ocean.ru/flot/abf/nis-akademik-mstislav-keldyish).

Список литературы

Демидов А.Б., Гагарин В.И., Шеберстов С.В. Влияние регионального потепления на первичную продукцию Карского моря в последние две декады (2002–2021 гг.) // Океанология. 2023. Т. 63, № 2. С. 224–242. doi: 10.31857/S0030157423020023

Exceptional warming over the Barents area / K. Isaksen, Ø. Nordli, B. Ivanov, M. A. Ø. Køltzow, S. Aaboe, H. M. Gjelten, A. Mezghani, S. Eastwood, E. Førland, R. E. Benestad, I. Hanssen-Bauer, R. Brækkan, P. Sviashchennikov, V. Demin, A. Revina, T. Karandasheva // Sci. Rep. 2022. Vol. 12. Article 9371. doi: 10.1038/s41598-022-13568-5

Phytoplankton abundance in the Barents Sea is predictable up to five years in advance / F. Fransner, A. Olsen, M. Årthun, F. Counillon, J. Tjiputra, A. Samuelsen, N. Keenlyside // Comm. Earth Environ. 2023. Vol. 4, no. 1. Article 141. doi: 10.1038/s43247-023-00791-9

Renaut S., Devred E., Babin M. Northward expansion and intensification of phytoplankton growth during the early ice-free season in Arctic // Geophys. Res. Lett. 2018. Vol. 45, no. 19. P. 10590–10598. doi: 10.1029/2018GL078995

АДАПТИВНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПИГМЕНТНОГО СОСТАВА МОРСКИХ ПРИБРЕЖНЫХ РАСТЕНИЙ ВДОЛЬ ШИРОТНОГО ГРАДИЕНТА ОТ СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ ДО АРКТИЧЕСКИХ ПУСТЫНЬ

Е. Н. Гуляева[1]✉, Е. Ф. Марковская[2], Н. Ю. Шмакова[3], А. А. Стародубцева[2]

[1]Карельский научный центр РАН, г. Петрозаводск, Россия
[2]Институт биологии, экологии и агротехнологий Петрозаводского государственного университета, г. Петрозаводск, Россия
[3]Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н. А. Аврорина КНЦ РАН, г. Кировск, Мурманская область, Россия
gln7408@gmail.com

Растительные сообщества морских побережий, формирующиеся вдоль градиента от субарктических широт к арктическим, функционируют в условиях нарастающей климатической нестабильности и усиления воздействия экстремальных абиотических факторов, что приводит к структурным перестройкам фотосинтетического аппарата, в частности к изменению содержания и соотношения фотосинтетических пигментов. Понимание адаптивного изменения пигментного состава к градиенту стрессового воздействия имеет важное значение в контексте определения пределов устойчивости прибрежных растений, а также прогнозирования трансформации прибрежных экосистем в условиях глобального изменения климата. Однако исследования содержания фотосинтетических пигментов в листьях морских прибрежных растений высоких широт остаются фрагментарными и охватывают ограниченное число видов (Стародубцева, 2010; Содержание …, 2011; Пигментный …, 2013).

Цель работы – изучение содержания и соотношения фотосинтетических пигментов в листьях 41 вида растений на литорали и супралиторали Белого и Баренцева морей вдоль широтного градиента в направлении пос. Колежма (64°14′11″ с. ш., 35°52′27″ в. д.), о. Большой Соловецкий (65°01′28″ с. ш., 35°42′38″ в. д.), Кандалакшский залив (66°16′11″ с. ш., 33°03′06″ в. д.), нас. пункт Дальние Зеленцы (69°07′05″ с. ш., 36°03′30″ в. д.), архипелаг Шпицберген (78°03′11″ с. ш., 14°12′59″ в. д.).

Содержание фотосинтетических пигментов [хлорофилл *a* (Хл *a*), хлорофилл *b* (Хл *b*), сумма каротиноидов (Кар)] вычисляли по оптической плотности в максимумах поглощения на спектрофотометре СФ-26 (ЛОМО, Россия) в спиртовой вытяжке (Шлык, 1971; Lichtenthaler, Wellburn, 1983). Долю Хл в светособирающем комплексе (ССК) рассчитывали, приняв, что практически весь Хл *b* находится в ССК и соотношение Хл *a/b* в нем равно 1.2 (Lichtenthaler, Wellburn, 1983).

Исследование выявило диапазон изменения содержания пигментов вдоль исследуемого климатического градиента. Концентрация Хл *a*+*b* в листьях изученных видов составляет 0.7–8.0 мг/г сухой массы. У 43 % видов значения пигментов изменялись в пределах 3–5 мг/г сухой массы. Соотношение Хл *a/b* находилось в пределах от 1.5 до 4.8. Доля ССК в среднем составляла 50–65 % от всего фонда хлорофилла листьев. Концентрация Кар в листьях изученных растений также варьировала в широких пределах – от 0.2 до 4.3 мг/г сухой массы. При этом у 74 % видов Хл/Кар составляло 3–5.

Анализ с использованием метода главных компонент (PCA) показал, что первые две компоненты суммарно объясняют 89.8 % общей дисперсии данных (PC1 – 51.9 %, PC2 – 37.9 %), где PC1 описывает количественные изменения фотосинтетических пигментов, тогда как PC2 отражает баланс между размером светособирающей антенны и плотностью реакционных центров.

Доминирующим фактором, определяющим изменения пигментного профиля в листьях растений, является точка отбора пробы (MANOVA, $p = 1.3e^{-19}$), тогда как влияние зоны побережья (литораль, супралитораль) статистически не значимо ($p = 0.21$). Кроме того, выявлено статистически значимое, но слабое по величине влияние на пигментный профиль совокупности факторов точка отбора пробы и зона побережья ($p = 0.002$). Различия в пигментном составе в градиенте приливно-отливной зоны проявляются только в условиях выраженного арктического климата на архипелаге Шпицберген (ANOVA, СКК $p = 0.025$; Хл *a/b* $p = 0.033$), где сочетание низкой температуры, высокой инсоляции и выраженного приливно-отливного цикла формирует контрастные физиологические ответы у растений литорали и супралиторали.

Детальный анализ показал, что наибольшая концентрация Хл *a*+*b* и Кар (медиана 4.9 и 1.9 мг/г сухой массы) наблюдалась в листьях растений Кандалакшского залива при минимальной доле СКК 50 %, что свидетельствует о стратегии перераспределения ресурсов фотосинтетического аппарата в пользу реакционных центров фотосистем для увеличения фотосинтетической продуктивности в благоприятных условиях произрастания. Тогда как растения архипелага Шпицберген реализуют стратегию выживания, минимизируя биосинтетические затраты в условиях короткого вегетационного периода (Хл *a*+*b* и Кар 1.3 и 0.4 мг/г сухой массы, СКК 53 %). Растения в точках нас. пункта Дальние Зеленцы, пос. Колежма и о. Большой Соловецкий обладают умеренными значениями содержания Хл *a*+*b* (2.9–3.4 мг/г сухой массы), Кар (0.7–1.2 мг/г сухой массы) и повышенной долей СКК (55–59 %), что может отражать баланс между продуктивностью и экономией ресурсов.

Таким образом, результаты исследования показывают, что региональные климатические и эдафические условия оказывают более сильное влияние на пигментный профиль растений приморских сообществ, чем приливно-отливная зональность.

Список литературы

Пигментный аппарат растений приливно-отливной зоны Белого моря по градиенту заливания / Е. Ф. Марковская, А. А. Кокк, О. Н. Гаврилова, А. А. Стародубцева // Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием «Инновационные направления современной физиологии растений» (Москва, 2–6 июня 2013 г.). М., 2013. С. 303.

Содержание фотосинтетических пигментов у видов семейства Caryophyllaceae, произрастающих на приливно-отливной зоне побережья Баренцева моря / А. А. Стародубцева, Е. Ф. Марковская, Н. Н. Заславская, Л. А. Сергиенко // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 6 (Биологические науки). 5 с. URL: http://wwwscience-education.ru

Стародубцева А. А. Экология, физиология и продуктивность зостеры морской *Zostera marina* L. на Белом море: Автореф. дис. … канд. биол. наук. СПб., 2010. 24 с.

Шлык А. А. Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев // Биохимические методы в физиологии растений / Под ред. О. А. Павлиновой. М.: Наука, 1971. С. 154–170.

Lichtenthaler H. K., Wellburn A. R. Determinations of total carotenoids and chlorophylls *a* and *b* of leaf extracts in different solvents // Biochem. Soc. Trans. 1983. Vol. 11, no. 5. P. 591–592.

ПРИОРИТЕТНЫЕ ЗАГРЯЗНЯЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА В ПОЧВАХ АРХИПЕЛАГА ШПИЦБЕРГЕН

А. С. Демешкин, Д. А. Семенов, С. А. Пядушкин

Северо-Западный филиал НПО «Тайфун», г. Санкт-Петербург, Россия
typhoon.ecol@mail.ru

Шпицберген относится к арктическим территориям с высокой экологической уязвимостью, где природные экосистемы испытывают локальное воздействие промышленной, транспортной и хозяйственной деятельности. Российские поселки Баренцбург и Пирамида являются территориями длительного освоения: на протяжении XX века здесь велась интенсивная добыча угля. Во второй половине 2025 г. в двух поселках проживало около 350 человек. В 1998 году добыча угля в Пирамиде прекращена, тогда как в Баренцбурге промышленная деятельность продолжается. Однако любая антропогенная нагрузка на архипелаге не проходит бесследно, промышленность и туризм сказываются на важных арктических экосистемах и основной проблемой является поступление загрязняющих веществ в окружающую среду.

Историческая и современная антропогенная нагрузка обусловливает необходимость регулярного контроля состояния природных компонентов, в том числе почв. Особый интерес представляет содержание нефтепродуктов, полициклических ароматических углеводородов (ПАУ),

полихлорированных бифенилов (ПХБ) и тяжелых металлов, которые могут сохраняться в окружающей среде и формировать локальные зоны загрязнения.

Целью настоящей работы являлась оценка современного состояния почв Баренцбурга и Пирамиды по содержанию основных групп загрязняющих веществ, выявление наиболее загрязненных участков и анализ многолетней динамики отдельных показателей за 2021–2025 гг. Исследования проводились сотрудниками Северо-Западного филиала НПО «Тайфун» в рамках ежегодного мониторинга загрязнения природной среды архипелага Шпицберген.

Результаты анализа проб, отобранных в летний период 2025 г., свидетельствуют о наличии локальных участков химического загрязнения почв на территории Баренцбурга и Пирамиды. Наиболее выраженное загрязнение выявлено в пос. Баренцбург. Максимальные превышения нормативных значений по нефтепродуктам отмечены в районе расположения консульства – 9.2 допустимых концентраций (ДК), согласно (Neue … 1995), бывшего склада строительных материалов севернее поселка – 8.2 ДК, и вертолетной площадки — 6.5 ДК. В Пирамиде превышения по нефтепродуктам выявлены в районе порта и отвалов и составляли, соответственно, 1.27 и 1.29 ДК.

Значимое загрязнение отмечено также по содержанию полициклических ароматических углеводородов (ПАУ). В Баренцбурге наиболее высокие значения зафиксированы в районе консульства и вертолетной площадки – 5.1 и 3.4 ДК соответственно. В Пирамиде превышение до 1.5 ДК установлено в районе порта. Среди 16 контролируемых приоритетных ПАУ наибольшую долю в большинстве исследованных проб составлял фенантрен; существенный вклад также вносили флуорантен, пирен и нафталин.

Отдельного внимания заслуживает загрязнение бенз(а)пиреном – веществом 1-го класса опасности (МУ 2.1.7.730-99 …, 1999). Превышения были выявлены на большей части исследованных участков. Максимальные значения отмечены в Баренцбурге в районе консульства и вертолетной площадки – 5.1 и 8.3 ПДК соответственно, а в Пирамиде – в районе порта, где превышение составило 6.1 ПДК.

Исследование хлорорганических соединений показало наличие превышений по суммарному содержанию ПХБ на большей части мониторинговых участков. В Баренцбурге максимальное превышение, равное 5.9 ПДК, установлено в районе консульства. В поселке Пирамида наибольшее значение превышения составило 1.9 ПДК (район отвалов).

По тяжелым металлам превышения выявлены на отдельных участках. Содержание меди достигало 1.2 ДК, никеля – 1.1 ДК, кадмия – 1.2 ДК, мышьяка – 7.2 ПДК. При этом превышение по мышьяку отмечалось на всех исследованных участках, что выделяет данный показатель среди контролируемых элементов.

Комплексная оценка загрязнения по суммарному показателю химического загрязнения Zc показала наиболее неблагоприятную ситуацию в районе расположения консульства в Баренцбурге, где значение Zc составило 35.3 и соответствует опасной степени загрязнения почвы согласно РД 52.44.2-94 (1996). Остальные исследованные участки относятся к категориям умеренно опасной и допустимой степени загрязнения.

Анализ данных за 2021–2025 гг. не позволил установить единого направления изменения содержания ПАУ и ПХБ. Вместе с тем для Баренцбурга выделены районы, характеризующиеся повышенным содержанием бенз(а)пирена и отмечается тенденция его увеличения. Для исследованных участков Пирамиды достоверная тенденция изменения содержания бенз(а)пирена за рассматриваемый период не выявлена.

Таким образом, результаты мониторинга характеризуют загрязнение почв Шпицбергена как преимущественно локальное и неоднородное по территории. Наиболее выраженные уровни загрязнения связаны с отдельными участками Баренцбурга и Пирамиды, прежде всего в районах портовой, транспортной и хозяйственной деятельности. Наличие загрязнения нефтепродуктами, ПАУ, ПХБ и отдельными тяжелыми металлами, а также выявленная тенденция увеличения содержания бенз(а)пирена на отдельных участках Баренцбурга подтверждают необходимость продолжения регулярных наблюдений.

Дальнейшее проведение мониторинга окружающей среды сотрудниками Северо-Западного филиала НПО «Тайфун» позволит уточнить пространственное распределение загрязняющих веществ, проследить их многолетнюю динамику и оценить эффективность природоохранных мероприятий. Особое внимание целесообразно сохранять за участками с наиболее высокими уровнями загрязнения, прежде всего в Баренцбурге, а также за территориями бывшей и современной хозяйственной деятельности в обоих поселках.

Список литературы

МУ 2.1.7.730-99. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 7 февраля 1999 г.). М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 1999. 26 с.

РД 52.44.2-94. Методические указания. Охрана природы. Комплексное обследование загрязнения природных сред промышленных районов с интенсивной антропогенной нагрузкой. М.: Гидрометеоиздат, 1996. 38 с.

Neue Niederlandische Liste // Altlasten Spektrum. 1995. Ausgabe 3.

ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ ИЗМЕНЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА ШПИЦБЕРГЕНЕ

В.И. Демин[1,2]✉, Б.В. Иванов[2, 3]

[1]Полярный геофизический институт, г. Апатиты, Мурманская область, Россия
[2]Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, г. Санкт-Петербург, Россия
[3]Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия
demin@pgia.ru

Архипелаг Шпицберген относиться к одному из самых быстро теплеющих регионов мира (Exceptional …, 2022). Однако детальное описание данного явления представляется довольно затруднительным ввиду отсутствия длинных инструментальных рядов. Несмотря на продолжительную историю метеорологических наблюдений, которые начались здесь еще в конце XIX века, провести оценку даже современного потепления, условной датой которого принимается 1976 г., можно только по 3 метеорологическим станциям, причем все они расположены в западной части архипелага. Возникают вопросы: насколько корректно полученные на основе их данных заключения можно переносить на оставшуюся часть архипелага, можно ли по одной метеорологической станции воссоздать картину изменений приземной температуры воздуха (ПТВ) на большой территории?

Если рассматривать период современного потепления (1976–2025 гг.), повышение среднемесячных значений ПТВ ($ПТВ_{см}$) в Баренцбурге происходит со скоростями 1.4–1.8 ºС/10 лет в зимние месяцы и 0.4–0.5 ºС/10 лет в летние; среднегодовая ПТВ повышается со скоростью около 0.9 ºС/10 лет. Угловые коэффициенты в уравнениях линейных трендов $ПТВ_{см}$ в Баренцбурге на метеорологических станциях «Аэропорт Шпицбергена» («Svalbard Airport»), «Ню-Олесунн» («Ny-Ålesund»), измерения которых также попадают в период 1976–2025 гг., численно несколько отличаются. Несмотря на то, что за различиями могут стоять реальные физические механизмы [например, наблюдаемое более выраженное потепление в районе метеорологической станции «Аэропорт Шпицберген» может быть следствием уменьшения льда в Ис-фьорде (Isfjorden)], статистически значимых различий нет ни в одном из месяцев и сезонов. Линии трендов следует считать параллельными, что позволяет говорить об одинаковой скорости современного потепления (1976–2025 гг.) в районе расположения данных метеорологических станций. Эти скорости равны 1.7, 0.8, 0.6 и 0.9 ºС/10 лет для зимы, весны, лета и осени соответственно; повышение среднегодовой ПТВ идет со средней скоростью около 1 ºС/10 лет.

Из-за отсутствия данных оценить соотношения между скоростями изменений $ПТВ_{см}$ в разных районах Шпицбергена в другие периоды времени довольно затруднительно. По этой причине мы рассмотрели временную изменчивость коэффициентов парной корреляции (считается простейшей оценкой синхронности) между $ПТВ_{см}$ на метеорологических станциях «Баренцбург», «Аэропорт Шпицбергена», «Ню-Олесунн», добавив также данные станций «Ис-фьорд-Радио» («Isfjord Radio») и «Лонгйир» («Longyearbyen»).

Во всех парах метеорологических станций наблюдается схожая картина: коэффициенты корреляции Пирсона (r) между $ПТВ_{см}$ имеют годовой ход с максимумом (> 0.9) в холодный период (сентябрь–апрель), и минимумом (до 0.7–0.8) в летние месяцы. Годовой ход r можно объяснить особенностями распределения ПТВ в данном секторе Арктики. В зимний период Шпицберген находится в зоне сильных горизонтальных градиентов ПТВ (см. например, Przybylak, 2015). По этой причине здесь возможны значительные вариации $ПТВ_{см}$, обусловленные макроциркуляционными процессами, а также крупные по величине и площади аномалии одного знака. В летний период поле $ПТВ_{см}$ в регионе более однородное, крупные по абсолютной величине аномалии $ПТВ_{см}$, как правило, не возникают. Но на этом фоне начинают заметно проявляться особенности микроклимата в районах размещения метеорологических станций, вызванные их разной удаленностью от морских акваторий, положением относительно береговой линии фьордов, температурой воды и концентрацией льда во фьордах, рельефом. За счет небольших по величине вариаций $ПТВ_{см}$, которые создаются локальными факторами, синхронность может снижаться.

Для оценки синхронности вариаций $ПТВ_{см}$ на разных временных периодах был проведен расчет r в скользящих окнах разной продолжительности (от 5 до 20 лет) – так называемая масштабируемая корреляция. Значения r для $ПТВ_{см}$ холодного времени года всегда положительные, но на коротких окнах наблюдаются их значительные вариации по величине. В окнах более 7–11 лет значения r меняются уже слабо. Для летних месяцев картина сложнее: в малых окнах значения r не только сильно варьируют от периода к периоду по величине, но сама корреляция может стать статистически незначимой, а в отдельных случаях и сменить знак. Более или менее устойчивыми значения r становятся только в окнах шириной не менее 15 лет. Так как надежность расчета r на коротких рядах под вопросом, для контроля дополнительно использовалась непараметрическая корреляция Кенделла, которая показала аналогичный результат.

Рассмотренные выше метеорологические станции «Баренцбург», «Аэропорт Шпицбергена», «Ню-Олесунн», «Ис-фьорд-Радио», «Лонгйир» расположены в западной части архипелага. В восточных и северо-восточных районах Шпицбергена длительные метеорологические измерения отсутствуют (большая часть измерений выполнена только в последние 15–20 лет). Для оценки были привлечены данные метеорологических станций «Эдж» («Edgeøya»), «Конгсёйа» («Kongsøya»), «Карл XII» («Karl XII»), «Квитёйа/Белый остров» («Kvitøya») и на о. Виктория, которая удалена от побережья Шпицбергена почти на 180 км, но имеет длинный ряд наблюдений (1957–1995 гг.).

Значения коэффициента корреляции Пирсона между $ПТВ_{см}$ в Баренцбурге и $ПТВ_{см}$ на выбранных метеорологических станциях несколько ниже из-за их большей удаленности, но качественно картина остается такой же, как и при сравнении метеорологических станций на западе Шпицбергена. Если рассматривать весь доступный многолетний период данных, обнаруживается высокая корреляция зимних $ПТВ_{см}$ ($r \sim 0.7–0.9$) и ее значительное (до 0.3–0.5) снижение в летние месяцы. Корреляции в скользящих окнах небольшой ширины также сильно варьируют по величине и могут менять знак. В наибольшей степени это относится к температурам летнего сезона.

Полученные результаты позволяют предполагать синхронный характер изменения $ПТВ_{см}$ в разных районах Шпицбергена на масштабах времени порядка 10 лет зимой и 15–20 лет, если речь идет о $ПТВ_{см}$ летнего сезона. Таким образом, схемы долгосрочных изменений ПТВ, когда рассматриваются изменения за многие десятки лет, можно в первом приближении считать примерно одинаковыми.

Факт значительных вариаций коэффициентов корреляции между рядами $ПТВ_{см}$ на коротких интервалах времени заставляют критически взглянуть на точность реконструированного до 1898 г. и

предлагаемого в качестве «эталонного» ряда $ПТВ_{см}$ на метеорологической станции «Аэропорт Шпицбергена» (Long-term …, 2014). Несмотря на то, что данный ряд представлен во многих климатических архивах, измеренные значения $ПТВ_{см}$ на станции «Аэропорт Шпицбергена» имеются только с сентября 1975 г., а все ее более ранние значения являются расчетными. При этом уравнения регрессий для расчета отсутствующих значений $ПТВ_{см}$ на станции «Аэропорт Шпицбергена» по их значениям на других метеорологических станциях были получены по соотношениям среднесуточных ПТВ в 2-летних сериях параллельных измерений (Revisiting …, 2020). Корреляционный анализ в скользящих окнах переменной ширины показывает, что 2-летние связи ПТВ неустойчивы даже при сравнении близкорасположенных станций и меняются в зависимости от выбранного для анализа периода. При этом различия между $ПТВ_{см}$, рассчитанными по регрессиям, полученным на коротких и длинных сериях параллельных измерений, могут достигать нескольких градусов.

Список литературы

Exceptional warming over the Barents area / K. Isaksen, Ø. Nordli, B. Ivanov, M. A. Ø. Køltzow, S. Aaboe, H. M. Gjelten, A. Mezghani, S. Eastwood, E. Førland, R. E. Benestad, I. Hanssen-Bauer, R. Brækkan, P. Sviashchennikov, V. Demin, A. Revina, T. Karandasheva // Sci. Rep. 2022. Vol. 12. Article 9371. URL: https://doi.org/10.1038/s41598-022-13568-5.

Long-term temperature trends and variability on Spitsbergen: the extended Svalbard airport temperature series, 1898–2012 / Ø. Nørdli, R. Przybylak, A. E. J. Ogilvie, K. Isaksen // Polar Res. 2014. Vol. 33(1). Article 21349. URL: https://doi.org/10.3402/POLAR.V33.21349

Przybylak R. The climate of the Arctic. Cham: Springer, 2015. 287 p.

Revisiting the extended Svalbard Airport monthly temperature series, and the compiled corresponding daily series 1898–2018 / Ø. Nordli, P. Wyszyński, H. M. Gjelten, K. Isaksen, E. Łupikasza, T. Niedźwiedź, R. Przybylak // Polar Res. 2020. Vol. 39. Article 3614. URL: https://doi.org/10.33265/polar.v39.3614

НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО БИОЛОГИИ РЫБ АРХИПЕЛАГА ЗЕМЛЯ ФРАНЦА-ИОСИФА В 2025 Г.

А. В. Долгов[1,2]✉, А. Д. Быков[3], Н. Е. Моисеева[1,2], В. П. Сивкова[1,2]

[1]Полярный филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ПИНРО им. Н. М. Книповича), г. Мурманск, Россия
[2]Мурманский арктический университет, г. Мурманск, Россия
[3]Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, г. Москва, Россия
dolgov@pinro.vniro.ru

С 2024 года Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии в рамках соглашения с Русским географическим обществом проводит ихтиологические исследования на архипелаге Земля Франца-Иосифа. В августе 2025 г. работы проводились в сублиторальной зоне заливе Дежнёва на о. Земля Александры. В этот период были выполнены сетепостановки на семи станциях на глубине от 2 до 50 м с использованием четырех ставных жаберных сетей с шагом ячеи 20, 30, 35 и 40 мм.

В августе 2025 г. в сетных уловах отмечено 4 вида рыб – европейский керчак *Myoxocephalus scorpius*, арктический шлемоносец *Gymnocanthus tricuspis*, треска *Gadus morhua* и остроносый триглопс *Triglops pingelii*. По численности и биомассе доминировали европейский керчак (54.2 и 65.0 % соответственно) и арктический шлемоносец (40.3 и 23.8 % соответственно). Они встречались на шести и трех станциях соответственно. Остальные виды были крайне немногочисленными – треска отмечена на трех станциях (по 1 экз.), остроносый триглопс – на одной станции (1 экз.).

Европейский керчак в уловах был представлен особями длиной 13.6–33.5 см и массой 32.5–503.3 г в возрасте 5–8 лет. Среди самцов встречались особи 5 и 6 лет (60 и 40 % соответственно), среди самок – 5–8 лет при доминировании особей 6 и 7 лет (32 и 56 % соответственно). В уловах доминировали самки (85 %) длиной 15.0–33.5 см и массой 42.1–503.3 г. Большинство самок (41 и 45 % соответственно) были преднерестовые (с гонадами в стадии зрелости IV) и текучие (стадия зрелости V), 14 % самок – отнерестившиеся (стадия зрелости VI). Самцы представлены особями длиной 14.4–20.1 см и массой 38.7–110.3 г. Из самцов один был готовым к нересту, два – текучих и два – посленерестовых (стадии IV, V и VI). Возраст наступления половой зрелости у всех самцов и у большинства самок (79 %) составил 4 года. В то же время 3 % самок созревали в возрасте 3 года и 18 % – в 5 лет. Плодовитость пяти самок изменялась от 4364 икринок (особь длиной 26.4 см) до 10247 икринок (особь длиной 24.3 см). Гонадосоматический индекс самок с гонадами на стадии зрелости гонад IV изменялся в диапазоне 20.1–39.1 % (в среднем 25.4 %), у текучих самок в процессе нереста он снижался до 8.6–19.6 % (в среднем 14.5 %), у посленерестовых (стадия VI) – до 0.3–1.0 % (в среднем 0.6 %). У самца с гонадами на стадии IV гонадосоматический индекс составил 1.1 %, у текучих самцов (стадия V) – 2.6 %, у посленерестовых он снизился до 0.5 %. Питались 97.1 % рыб, средний балл наполнения составил 3.1, средний индекс наполнения – 346.2 ‰. В желудках рыб доминировали переваренная пища (50.6 %) и гаммариды (30.3 % по массе), а также встречались креветки, рыбы и полихеты (5.1–6.9 %).

Арктический шлемоносец в уловах был представлен особями длиной 12.2–19.8 см и массой 19.2–114.3 г в возрасте 4–7 лет. Среди самцов встречались особи 4 и 5 лет (40 и 60 %), среди самок – 4–7 лет при доминировании особей в возрасте 5 и 6 лет (43 и 33 %). В уловах преобладали самки (84 %) длиной 12.2–19.8 см и массой 25.6–114.3 г. Большинство самок (90.5 %) были преднерестовыми с гонадами в стадии зрелости IV, 9.5 % самок – отнерестившиеся (стадия зрелости VI). Самцы были представлены особями длиной 12.3–16.8 см и массой 19.2–62.2 г. Из самцов один был неполовозрелым, второй – текучий, готовый к нересту, третий – посленерестовый (стадии IV, V и VI). Возраст наступления половой зрелости у большинства самцов (80 %) и самок (81 %) составлял 4 года, у 20 % самцов и 19 % самок – 3 года. Плодовитость 19 самок изменялась от 2548 икринок у самки длиной 12.2 см до 9214 икринок у самки длиной 19.8 см. Гонадосоматический индекс самок с гонадами на стадии зрелости IV изменялся от 10.7 до 23.6 % (в среднем 17.3 %), у посленерестовых самок (стадия VI) – от 1.7 до 2.6 % (в среднем 2.2 %). У самца с гонадами на стадии IV гонадосоматический индекс составил 4.2 %, у посленерестовых самцов он снизился до 2.1 %. Питались 96.2 % рыб, средний балл наполнения составил 2.7, средний индекс наполнения – 166.1 ‰. В желудках доминировали гаммариды (52.9 % по массе), переваренная пища (25.9 %) и полихеты (15.6 %), а также встречались приапулиды и донные ракообразные (1.5–4.1 %).

Треска в уловах представлена одним неполовозрелыми самцом длиной 26.2 см (масса – 143.9 г, жирность – 3.7 %, возраст – 2+) и двумя неполовозрелыми самками, одна из которых была длиной 32.0 см (масса – 246.1 г, жирность – 0.2 %, возраст – 2+), другая – 35.5 см (масса – 373.5 г, жирность – 4.5 %, возраст – 3+, гонадосоматический индекс – 0.3 %). Рыбы довольно интенсивно питалась (средний бал наполнения желудка – 2–3 ‰, средний индекс наполнения желудка – 59–239 ‰). В пище преобладали креветки и другие декаподы – 67.7 % по массе, гипериидыы составили 20.6 %, а рогатковые – 9.8 %.

Единственный экземпляр остроносого триглопса длиной 7.0 см и массой 2.0 г представлен самкой в возрасте 3 года с созревающими гонадами (стадия III–IV) и пустым желудком.

Таким образом, были получены новые сведения о биологии рыб в районе архипелага Земля Франца-Иосифа, одного из наименее изученных в арктической части Баренцева моря. В период исследований наблюдался нерест двух видов прибрежных рогатковых рыб, причем у арктического шлемоносца он только начинался, а у европейского керчака протекал активно. В целом сублиторальная зона залива Дежнёва характеризуется низким видовым разнообразием ихтиофауны, ее низкой численностью и биомассой обитающих здесь рыб.

СУББУРИ, НАБЛЮДАЕМЫЕ В ПОЛЯРНЫХ ШИРОТАХ

И. В. Дэспирак[1]✉, А. А. Любчич[1], Н. Г. Клейменова[2]

[1]Полярный геофизический институт, г. Апатиты, Мурманская область, Россия
[2]Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта РАН, г. Москва, Россия
despirak@gmail.com

Энергия солнечного ветра накапливается в хвосте магнитосферы Земли, а затем резко высвобождается и устремляется в ионосферу. Такое быстрое поступление энергии, длящееся менее часа, приводит к явлению, называемому суббурей. Суббури обычно появляются вблизи полуночи по местному времени, в диапазоне магнитных широт от 60° до 70°, т. е. в авроральной области или зоне полярных сияний. В отличие от магнитной бури, суббуря – это локальное событие, но оно связано с различными процессами – определенным сценарием развития полярных сияний, усилением существующих и появлением новых токовых систем в авроральных широтах (токового клина суббури), усиленными высыпаниями частиц, геомагнитными пульсациями и т. д. Название «авроральная суббуря» (auroral substorm) впервые ввел С. И. Акасофу в 1964 г., анализируя данные регистрации сияний на Аляске, он описал циклическую динамику полярных сияний и выделил две фазы суббури – взрывную фазу и фазу восстановления (Akasofu, 1964). Позже концепция была дополнена подготовительной фазой и расширилась до понятия «магнитосферная суббуря», объединив процессы в магнитосфере и ионосфере Земли (McPherron, 1970).

Архипелаг Шпицберген занимает уникальное географическое положение для исследования высокоширотных явлений. Благодаря своей экстремально высокой широте (около 78° с. ш.), в дневные часы он оказывается прямо под полярным каспом (воронкой из открытых силовых линий магнитного поля, куда непосредственно проникает солнечный ветер), а в ночные часы – в полярной шапке или на приполюсной кромке аврорального овала. Это единственное доступное место в Северном полушарии, где можно круглосуточно наблюдать за высокоширотными процессами в условиях полярной ночи и единственный меридиан, где имеется плотная сеть наземных магнитных обсерваторий, целиком расположенных на континенте (а не в океане). Шпицберген является самым северным звеном международной сети магнитометров IMAGE, протянувшейся от субавроральных широт до широт полярной шапки. На архипелаге расположены три норвежские [Ny Alesund (NAL), Longyearbyen (LYR) и Horsund (HOR)] и одна российская [Баренцбург (BAB)] обсерватории. Данные магнитных станций архипелага, дополняя область исследования суббурь до экстремально высоких широт, до широт полярной шапки, позволяют строить непрерывный меридиональный профиль электроджетов (т. е. ионосферных токовых струй) и подробно исследовать пространственно-временную динамику суббуревых возмущений.

Исследование суббурь в этом регионе привело к открытию новых типов полярных возмущений: 1) высокоширотные (или «расширенные» суббури) – начинаются на обычных авроральных широтах (~ 65–70°), но во время взрывной фазы электроджет и полярные сияния распространяются далеко к полюсу, до широт полярной шапки, достигая Шпицбергена; 2) «полярные» суббури (или «суббури на сжатом овале») – уникальное явление, впервые зафиксированное на Шпицбергене. Они происходят в периоды очень спокойного солнечного ветра, когда авроральный овал сжимается и смещается к полюсу. Ниже 70° широты в это время геомагнитный фон абсолютно спокоен, но над Шпицбергеном развивается локальная суббуря. Было показано, что даже во время таких суббурь, развивающихся на полярном крае аврорального овала, формируется токовый клин, генерируются геомагнитные пульсации Pi2, наблюдается экспансия сияний и электроджета к полюсу и западу (Substorms …, 2023). Наблюдения на Шпицбергене позволили также выявить условия генерации «полярных» и «высокоширотных» суббурь. Оказалось, что условия наблюдения этих двух типов суббурь практически противоположны. «Полярные» суббури наблюдаются при низкой скорости солнечного ветра, иногда даже во время интервалов экстремально спокойного солнечного ветра со скоростью меньше 300 км/с, т. е. они связаны с

медленными потоками солнечного ветра или иными структурами солнечного ветра с низкой скоростью. В то время как «высокоширотные» суббури наблюдаются при высокой скорости солнечного ветра, повышенном давлении и плотности плазмы, т. е. связаны с рекуррентными высокоскоростными потоками из корональных дыр или областями сжатой плазмы солнечного ветра («Polar» …, 2025). При этом во время магнитных бурь, вызванных корональными выбросами массы (CME), суббури на широтах Шпицбергена практически не наблюдаются, исключением являются случаи наблюдения «высокоширотных» суббурь во время SHEATH (областей сильно сжатой плазмы) и во время суперсуббурь, которые также часто связаны с локальным всплеском давления солнечного ветра. Во время межпланетных магнитных облаков (MC) суббури на широтах Шпицбергена практически не наблюдались. Однако недавно, во время экстремальной магнитной бури в октябре 2024 г., было обнаружено, что очень интенсивная суббуря может начаться в приполярных широтах вблизи полярного края аврорального овала и затем перемещаться к югу.

В докладе проанализировано несколько примеров наблюдения «высокоширотных» и «полярных» суббурь в обычных условиях, проведено сравнение их пространственно-временной динамики с динамикой нетипичной суббури в октябре 2024 г., которая могла появиться за счет усиления конвекции на ранней стадии развития магнитной бури.

Список литературы

Akasofu S.-I. The development of the auroral substorm // Planet. Space Sci. 1964. Vol. 12(4). P. 273–282. URL: https://doi.org/10.1016/0032-0633(64)90151-5

McPherron R. L. Growth phase of magnetospheric substorms // J. Geophysical Res. 1970. Vol. 75(28). P. 5592–5599. URL: https://doi.org/10.1029/JA075i028p05592

«Polar» substorms during slow solar wind / I. V. Despirak, N. G. Kleimenova, A. A. Lubchich, P. V. Setsko, L. M. Malysheva // JGR Space Phys. 2025. Vol. 130, Iss. 2. Article e2024JA033555. URL: https://doi.org/10.1029/2024JA033555

Substorms on a contracted auroral oval / N. G. Kleimenova, I. V. Despirak, L. M. Malysheva, L. I. Gromova, A. A. Lubchich, A. V. Roldugin, S. V. Gromov // J. Atmos. Solar-Terr. Phys. 2023. Vol. 245. P. 106049–106052. URL: https://doi.org/10.1016/j.jastp.2023.106049

ЖИЗНЬ СЕМЬИ В ЖИЗНИ ПОСЕЛКА. 1965–1967 ГГ., РУДНИК ПИРАМИДА, ПО ДНЕВНИКАМ МОИХ РОДИТЕЛЕЙ

Н. М. Ежова

Мурманский колледж искусств, г. Мурманск, Россия
naegova@yandex.ru

Посвящается моим родителям

Много уже сказано о Шпицбергене. И специалистами и рядовыми полярниками. Среди них была и моя мама, которая сотрудничала с журналом «Российский вестник Шпицбергена» в 2014–2015 гг. и даже украсила своей фотографией календарь-2016 этого журнала.

Однако, изучив их дневники, я поняла – есть что сказать миру. Мамин дневник немного восторженный, полон впечатлений и эмоций, папин – суровый и производственный. Конечно, они писали не каждый день, и даже не каждый месяц и все же можно увидеть, как складывалась жизнь нашей семьи изо дня в день в этом суровом краю. Как они работали, отдыхали, растили меня, маленькую девочку двух лет в суровых условиях Шпицбергена.

Благодаря этим документам и знанию истории своей семьи я могу восстановить практически весь жизненный путь, который привел моих папу и маму на Шпицберген.

Мой папа, Голиков Михаил Матвеевич (20.03.1936–16.01.2006), белорус, родился и первые годы своей жизни провел в деревне Бахань Могилевской области Беларуси. В подростковом возрасте папа уехал на Крайний Север. Отучился в мурманской школе юнг. В 1957 году был призван на военную службу на п-ов Рыбачий. После службы определил свой профессиональный путь – журналистику. Выбрал для работы и жизни, как оказалось, место встречи с моей мамой, славный городок Кандалакшу Мурманской области. Папа начал работать в издательстве «Кандалакшский коммунист». Моя мама пришла работать в типографию этого издательства наборщицей. Мама, в девичестве Ганусевич, Нина Владимировна (09.01.1945–15.08.2022), родилась в начале победного года в Кандалакше и прожила там до встречи с папой.

В 1965 году в жизни родителей произошел перелом. Папа был откомандирован Мурманским обкомом КПСС на работу завкабинетом политпросвещения на руднике «Пирамида» треста «Арктикуголь». Мама со мной поехала вслед за ним. Эти два года она работала разнорабочей на кухне, кастеляншей в общежитии, не чуралась никакой работы

Пирамида – шахтерский поселок на о. Западный Шпицберген архипелага Шпицберген, законсервированный в 1998 г. До 1998 года Пирамида была самой северной в мире действующей шахтой. В поселке были столовая (до сих пор сохранилось мозаичное панно), детский сад и школа, культурно-спортивный комплекс и бассейн, самый северный в мире кинотеатр.

С 2007 года по настоящее время происходит поэтапная расконсервация этого поселка, о чем на конференции «Полярные чтения – 2026» рассказывают мои коллеги, Р. Чернакова и Д. Солдатова. Жизнь в него возвращается. Мне кажется, воспоминания моих родителей станут достойным вкладом в восстановление и сбережение памяти об истории Пирамиды. В их дневниках передана совершенно специфическая аура жизни и работы в маленьком замкнутом мирке нескольких сотен людей. Сложные климатические условия, чувство оторванности от Материка, когда почти полгода существует лишь радиосвязь.

Папа зафиксировал на бумаге самые первые дни Великого путешествия, сентябрь 1965 г.: сборы в Мурманске, загрузку на корабль и, конечно же, мою роль в этом. Мама взялась за перо, точнее за карандаш, намного позднее, через 3 месяца. И я узнала, как мы путешествовали до Шпицбергена. Как устраивались, знакомились с особенностями быта.

Шаг за шагом, страница за страницей разворачивается жизнь нашей семьи в суровом краю. Мы с мамой, можно сказать, вместе росли. Она оказалась самой молоденькой (едва за 20) полярницей на архипелаге. Много рассказывается о быте. Это столовая, которая работает круглосуточно. Каток, на который они бегают, уложив меня спать. О погоде, о «полярке» (полярная ночь с октября по февраль), которая с каждым сезоном становится все тяжелее. Но детство на Шпицбергене было счастливое, детей не тяготили ни зима, ни полярная ночь, ни морозы. Их никто не мог обидеть, они не боялись посторонних, и в любом поселке чувствовали себя, как дома. Мама отмечает, что все же мало полярников брали с собой детей. Не видя их по два года, люди сильно скучали и, конечно же, баловали тех деток, которые были на острове.

Жизнь в пос. Пирамида сильно ориентировалась на навигацию Приход судна – это новые люди – смена полярников, письма, новости с материка (в лексиконе родителей нет слов Большая земля – только Материк), товары и продукты. В основном полярницы сами шили одежду, особенно детям. Летом бывали и «путешествия» – до Баренцбурга, на корабле «Донбасс».

В своем докладе я расскажу о многом. Как работал детский сад, куда ходила я. Какую роль в общественной жизни играла столовая и зачем всем полярникам выдавали кувшин. Особенности работы кухни и обеспечения продуктами в условиях сезонной навигации. Как жилось в общежитии. Как выглядели жилые дома, и почему в квартирах не было кухонь. Какова была роль кабинета политпросвещения во время хрущевской оттепели. Какие жизненные истории записывал мой отец. Что такое «сталинцы» или камерный способ добычи угля. Отцу приходилось учиться «на ходу», ведь он занимался политпросвещением горняков, специалистов в деле, о котором он сначала имел смутное представление. Как и где в долгую «полярку» жители поселка занимались спортом, встречали праздники, какие у них были хобби. Как дружили с норвежцами. Считалось, что шахтерские поселки являются «витриной» социалистического образа жизни. Как это выглядело «изнутри», глазами самих жителей, повествуют дневники моих родителей.

ЛИЧИНОЧНЫЕ СТАДИИ ДОННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ КАК КОМПОНЕНТ ЗООПЛАНКТОНА ЗАЛИВА ИС-ФЬОРД (О. ЗАПАДНЫЙ ШПИЦБЕРГЕН)

О. Л. Зимина[1,2]

[1]Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, г. Санкт-Петербург, Россия
[2]Мурманский морской биологический институт РАН, г. Мурманск, Россия
olzimina@aari.ru

Пелагическая личинка является важным этапом жизненного цикла донных беспозвоночных, позволяя увеличить расселительные возможности видов. Личинки разных организмов существуют в планктоне разное количество времени – от нескольких часов до нескольких месяцев и под действием течений могут разноситься на значительные расстояния и оседать в благоприятных для развития районах. Это позволяет малоподвижным во взрослом состоянии видам заселять новые биотопы и расширять свой ареал. Личиночные стадии донных беспозвоночных (мероопланктон) играют существенную роль в планктонных сообществах Мирового океана, особенно в прибрежных районах и в шельфовых морях. За счет высокой численности и значительной биомассы в период массового развития они являются существенным компонентом в питании планктоноядных организмов (Thorson, 1961; Милейковский, 1985; Year-round …, 2016).

В марте–апреле и июле–августе 2026 г. в ходе работ сезонной экспедиции «Шпицберген» ААНИИ отобраны пробы зоопланктона на станциях в системе залива Ис-фьорд на стандартных океанографических разрезах. Пробы отобраны сетью Джеди с диаметром входного отверстия 37 см и размером ячеи фильтрующего конуса 67 мкм в слое 50–0 м на каждой станции. Всего отобрано 9 проб в весенний период и 20 проб в летний период. Пробы концентрировали и фиксировали 4 %-м формалином. Камеральную обработку осуществляли в лабораторных условиях по стандартным методикам. В пробах подсчитывалось количество особей каждого вида и проводился пересчет на количество экземпляров в 1 м^3 (Инструкция …, 1971).

По результатам анализа отобранных проб установлено, что мероопланктон в системе залива Ис-фьорд в весенний и летний период 2026 г. был представлен преимущественно личинками Polychaeta, Echinodermata, Bivalvia и Cirripedia. В составе голопланктона преобладали *Oithona similis*, *Calanus* spp., *Pseudocalanus* spp., *Microcalanus* spp. и науплии копепод. Доля мероопланктона в общей численности зоопланктона в весенний период составляла от 0.5 до 20 %, в летний – от 6.5 до 33.5 %. При этом численность в весенний и летний периоды отличалась значительно – 1–45 и 630–2700 экз/м^3 соответственно. В весенний период в мероопланктоне преобладали трохофоры и метатрохофоры Polychaeta и науплии Cirripedia, в то время как в летний период доминировали педивелигеры Bivalvia, численность которых достигала 2600 экз/м^3. В летний период также в большом количестве отмечены циприсовидные личинки Cirripedia и личинки офиур и морских ежей на разных стадиях развития. Численность мероопланктона была максимальна в Грён-фьорде и на выходе из Ис-фьорда.

Полученные данные о составе и обилии мероопланктона в целом согласуются с ранее проведенными исследованиями этого компонента зоопланктона в заливах Шпицбергена (Seasonality …, 2013; Zooplankton …, 2016; Year-round …, 2016; Капустина и др., 2018). Состав мероопланктона определяется обликом донных сообществ, населяющих район исследований. В бентосе системы залива Ис-фьорд преобладают полихеты и двустворчатые моллюски, значительное количество видов которых имеют планктонную личинку в жизненном цикле (Особенности …, 2011). Кроме того, может иметь место занос личинок донных организмов из отдаленных районов, так как многие виды имеют очень длительную пелагическую стадию. Эта стадия является расселительной, поэтому чувствительна к условиям в районах возможного оседания, и обнаружение личинок определенных видов в планктоне еще не означает, что они способны осесть и успешно развиваться в данных условиях (Meroplankton …, 2021). Количество и состав личинок в

разные сезоны года зависит от особенностей репродуктивного цикла донных беспозвоночных и состояния их популяций. Изучение качественного и количественного состава меропланктона как компонента зоопланктонного сообщества важно как для понимания процессов, происходящих в донных сообществах, так и процессов преобразования вещества и потоков углерода в экосистеме. Такая информация особенно актуальна в условиях климатических изменений, наблюдаемых в настоящее время, в том числе в акватории архипелага Шпицберген.

Список литературы

Инструкция по сбору и обработке планктона. М.: Изд-во ВНИРО, 1971. 82 с.

Капустина Л. Л., Павлова О. А., Родионова В. Р. Планктонные сообщества двух фьордов о. Западный Шпицберген // Тр. Карельского науч. центра РАН. 2018. № 1. С. 51–66. doi: 10.17076/bg625

Милейковский С. А. Личинки морских донных беспозвоночных и их роль в биологии моря. М.: Наука, 1985. 119 с.

Особенности распределения бентосных сообществ во фьордах Западного Шпицбергена / О. С. Любина, О. Л. Зимина, Е. А. Фролова, П. А. Любин, А. А. Фролов, Д. Р. Дикаева, О. Ю. Ахметчина, Е. А. Гарбуль // Проблемы Арктики и Антарктики. 2011. № 1(87). С. 28–40.

Meroplankton diversity, seasonality and life-history traits across the Barents Sea Polar Front revealed by high-throughput DNA barcoding / R. Descôteaux, E. Ershova, O. S. Wangensteen, K. Præbel, P. E. Renaud, F. Cottier, B. A. Bluhm // Front. Mar. Sci. 2021. Vol. 8. Article 677732. doi: 10.3389/fmars.2021.677732

Seasonality of occurrence and recruitment of Arctic marine benthic invertebrate larvae in relation to environmental variables / P. Kuklinski, J. Berge, L. McFadden, K. Dmoch, M. Zajaczkowski, H. Nygård, K. Piwosz, A. Tatarek // Polar Biol. 2013. Vol. 36. P. 549–560. doi: 10.1007/s00300-012-1283-3

Thorson G. Length of pelagic life in marine invertebrates as related to larval transport by ocean currents // Oceanography. Washington, D.C.: Am. Ass. Adv. Sci., 1961. P. 455–474.

Year-round meroplankton dynamics in high-Arctic Svalbard / E. I. Stübner, J. E. Søreide, M. Reigstad, M. Marquardt, K. Blachowiak-Samolyk // J. Plankton Res. 2016. Vol. 38. P. 522–536. doi: 0.1093/plankt/fbv124

Zooplankton in Svalbard fjords on the Atlantic–Arctic boundary / M. Gluchowska, S. Kwasniewski, A. Prominska, A. Olszewska, I. Goszczko, S. Falk-Petersen, H. Hop, J. M. Weslawski // Polar Biol. 2016. Vol. 39. P. 1785–1802. doi: 10.1007/s00300-016-1991-1

ОСОБЕННОСТИ ЛЕДОВОГО РЕЖИМА ЗАЛИВА ГРЁН-ФЬОРД В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА

Б. В. Иванов[1,2]✉, А. Д. Ревина[1], Т. К. Карандашева[1], А. М. Безгрешнов[1], М. А. Алтынбаева[3], Н. В. Лондикова[1]

[1]Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, г. Санкт-Петербург, Россия
[2]Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия
[3]Мурманское управление по гидрометеорологии и контролю окружающей среды, г. Мурманск, Россия
b_ivanov@aari.ru

На рубеже XX и XXI веков в Арктическом бассейне, включая арктические моря, произошли значимые изменения климата. Это проявилось не только в изменении собственного температурного и радиационного режима поверхности, но и в заметном уменьшении ледовитости указанных акваторий, сокращении площадей, занятых многолетними льдами и их замещении льдами сезонного происхождения (молодыми, однолетними) (Арктический …, 2013; Многолетние …, 2021; Климат …, 2022; Алексеев, 2023; Alekseev et al., 2023).

Морской ледяной покров играет важную роль как в арктической, так и в глобальной климатической системе. Снежный покров отражает большую часть приходящей солнечной радиации, а лед значительно сокращают тепло- и массообмен между океаном и атмосферой. Взаимодействие ледяного покрова с другими компонентами арктической климатической системы (пограничные слои атмосферы и океана) осуществляется через систему положительных и отрицательных обратных связей. Пространственно-временная изменчивость характеристик ледяного покрова является репрезентативным индикатором состояния и эволюции арктического климата. Закономерности и особенности ледового режима Арктического бассейна достаточно подробно описаны в работах отечественных и зарубежных авторов. Вместе с тем имеется ограниченное количество работ, посвященных описанию ледовых условий в фьордах архипелага Шпицберген (Gerland, Renner, 2007; Исследования …, 2012; Zhuravskiy et al., 2012; Urbanski, Litwicka, 2022). При этом, например, в российском пос. Баренцбург (залив Грён-фьорд) ледовые наблюдения по программе морских береговых станций и постов начали выполняться с 1936 г. (Sea …, 2014). Однако, в силу объективных и субъективных причин, ряды наблюдений имеют пропуски, что не позволяет, например, оценить ледовые условия в фьордах архипелага в период «первого» потепления (1920–1940 гг.) или в последующий «холодный» период (1950–1970 гг.). Наиболее репрезентативный (однородный) ряд, с минимальным количеством пропусков в данных, нам удалось сформировать для периода, начиная со второй половины 1970-х гг. Результаты опубликованы в наших предыдущих работ (Исследования …, 2012; Zhuravskiy et al., 2012).

В докладе представлены исследования состояния ледяного покрова залива Грён-фьорд в последние десятилетия, когда формирование устойчивого припая происходило достаточно нерегулярно, и безледный режим стал скорее нормой, чем аномалией. Отсутствие устойчивого припая является отражением процессов, протекающих в атмосфере и океане и связанных, в первую очередь, с современным потеплением (Климат …, 2022; Алексеев, 2023; Alekseev et al., 2023).

Мы проанализировали ледовые условия в заливе Грён-фьорд, наблюдаемые в последние десятилетия, которые отмечены наиболее устойчивыми и высокими темпами потепления. Впервые был выполнен анализ ледовых условий в самой труднодоступной и, как следствие, самой малоизученной мелководной части фьорда.

Привлекались данные визуальных, инструментальных и дистанционных наблюдений, а также результаты моделирования. Использованы сведения из открытых источников, предоставленные Мурманским управлением по гидрометеорологии и контролю окружающей среды, Всероссийским научно-исследовательским гидрометеорологическим институтом – Мировым центром данных, Арктическим и антарктическим научно-исследовательским институтом, а также Норвежским метеорологическим институтом. Проанализированы новейшие данные об основных характеристиках морского льда в заливе Грён-фьорд в 2010–2024 гг. Для кутовой (мелководной) части фьорда собраны и обработаны данные о среднемесячной сплоченности и толщине льда любых видов и форм. Выполнена взаимная корректировка шкал сплоченности льда различных международных классификаций. Совмещение трех основных наблюдательских подходов (визуальные, инструментальные и дистанционные наблюдения) позволило оценить текущее состояние ледовых условий в заливе Грён-фьорд и их дальнейшее развитие.

При условии сохранения наблюдаемых тенденций глобального потепления и учитывая, что в районе Шпицбергена они максимальны (Exceptional …, 2022; Современные …, 2024), следует ожидать еще более заметного смягчения ледовых условий в заливе Грён-фьорд в ближайшие десятилетия по сравнению с периодом 1974–2008 гг. Зимы с безледным режимом станут более регулярными.

Работа выполнена в рамках раздела 5.1.4 «Мониторинг состояния и загрязнения природной среды, включая криосферу, в Арктическом бассейне и районах научно-исследовательского стационара «Ледовая база Мыс Баранова», Гидрометеорологической обсерватории Тикси и Российского научного центра на архипелаге Шпицберген» (проект 24 НИТР/ОПР Росгидромета).

Список литературы

Алексеев Г. В. Потепление климата Арктики: расхождения между глобальными моделями климата и наблюдениями и возможные причины // Гидрометеорология и экология. 2023. Т. 71. С. 207–230. URL: https://doi.org/10.33933/2713-3001-2023-71-207-230

Арктический ледяной покров становится сезонным? / В. В. Иванов, В. В. Алексеев, Т. А. Алексеева, Н. В. Колдунов, И. А. Репина, А. В. Смирнов // Исследования Земли из Космоса. 2013. № 4. С. 50–65. URL: https://doi.org/10.7868/S0205961413040076

Исследования снежно-ледяного покрова залива Грён-фьорд (арх. Шпицберген): исторические данные, натурные исследования, моделирование / Б. В. Иванов, А. К. Павлов, О. М. Андреев, Д. М. Журавский, П. Н. Священников // Проблемы Арктики и Антарктики. 2012. Т. 2(92). С. 43–54.

Климат Арктики: процессы и изменения / Под ред. И. И. Мохова, В. А. Семенова. М.: Физматкнига, 2022. 360 с.

Многолетние изменения ледовитости в районе архипелагов Шпицберген и Земля Франца-Иосифа / Б. С. Шапкин, А. В. Рубченя, Б. В. Иванов, А. Д. Ревина, М. В. Богрянцев // Лёд и Снег. 2021. Т. 61, № 1. С. 128–136. URL: https://doi.org/10.31857/S2076673421010076

Современные тенденции приземной температуры воздуха в регионе Баренцева и Карского морей / Т. К. Карандашева, Б. В. Иванов, В. И. Демин, А. Д. Ревина, И. А. Ильющенкова, А. Р. Анциферова // Российская Арктика. 2024. Т. 6, № 3. С. 55–64. URL: https://doi.org/10.24412/2658-4255-2024-3-55-64

Alekseev G. V., Kharlanenkova N. E., Vyazilova A. E. Arctic amplification: interlatitudinaI exchange role in the atmosphere // Izv. Atmos. Ocean. Phys. 2023. Vol. 59, Iss. 2. P. 103–110.

Exceptional warming over the Barents area / K. Isaksen, Ø. Nordli, B. Ivanov, M. A. Ø. Køltzow, S. Aaboe, H. M. Gjelten, A. Mezghani, S. Eastwood, E. Førland, R. E. Benestad, I. Hanssen-Bauer, R. Brækkan, P. Sviashchennikov, V. Demin, A. Revina, T. Karandasheva // Nat. Sci. Rep. 2022. Vol. 12, no. 1. Article 9371. URL: https://doi.org/10.1038/s41598-022-13568-5

Gerland S., Renner A. H. Sea-ice mass-balance monitoring in an Arctic fjord // Ann. Glaciol. 2007. Vol. 46. P. 435–442. URL: https://doi.org/10.3189/172756407782871215

Sea ice metadata for Billefjorden and Grønfjorden, Svalbard / B. V. Ivanov, P. N. Sviashchennikov, D. M. Zhuravskiy, A. K. Pavlov, E. J. Førland, K. Isaksen // Czech Polar Rep. 2014. № 4(2). P. 129–139. URL: https://doi.org/10.5817/CPR2014-2-13

Urbanski J., Litwicka D. The decline of Svalbard land-fast sea ice extent as a result of climate change // Oceanologia. 2022. Vol. 64, no. 3. P. 535–545. URL: https://doi.org/10.1016/j.oceano.2022.03.008

Zhuravskiy D., Ivanov B., Pavlov A. Ice conditions at Grønfjorden Bay, Svalbard, from 1974 to 2008 / Polar Geogr. 2012. Vol. 35, Iss. 2. P. 169–176. URL: http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1088937X.2012.662535

ДИНАМИКА ГАЗООБМЕНА CO_2 *HONCKENYA PEPLOIDES* И *FUCUS VESICULOSUS* БАРЕНЦЕВА МОРЯ В ПЕРИОД БЕЛЫХ НОЧЕЙ

Е. О. Казакова, М. П. Клиндух✉, И. В. Рыжик

Мурманский морской биологический институт РАН, г. Мурманск, Россия
klindukh@mmbi.info

Скорость формирования первичной продукции в Арктическом регионе зависит от функционирования растительной компоненты. Для Арктического региона характерно сложное сочетание внешних факторов (суточные и сезонные колебания температуры, освещенности, прибойности, солености и др.), которое определяет особый режим функционирования биоценозов.

Один из показателей, который можно использовать для анализа продуктивности биоценозов – измерение потоков углекислого газа. Информации в этой области исследования недостаточно.

Целью данной работы являлось определение динамики потоков углекислого газа, интенсивности флюоресценции для двух растений *Honckenya peploides* и *Fucus vesiculosus*, а также оценка зависимости экосистемных потоков CO_2 от факторов окружающей среды.

Исследование проводили на стационарной площадке размером 300 м^2 в районе нас. пункта Дальние Зеленцы (ММБИ РАН) (69º11′ с. ш., 36º06′ в. д.) с 26 по 31 июля 2025 г. (белые ночи). Оценка потоков CO_2 проводилась в период отлива с использованием метода закрытых камер портативным измерителем CO_2 VENTpro («Измерение и Контроль», Россия) (Замолодчиков, 2015; Чумбаев и др., 2026). Также на интактных растениях измеряли интенсивность флуоресценции с помощью портативного импульсного флуориметра JUNIOR-PAM (Heinz Walz GmbH, Германия). Для этого анализируемые объекты затемнялись в течение 10 мин, затем измеряли показатели, характеризующие разные параметры фотосинтетического процесса (в работе представлен коэффициент флуоресценции Fv/Fm).

При проведении исследования были получены следующие результаты.

Чистый обмен CO_2 (интенсивность фотосинтетических процессов). В течение дня для *H. peploides* отмечено два максимума поглощения углекислого газа, которые приходятся на утреннее время и период после полудня. Минимальная скорость поглощения была зафиксирована в 12 ч и в вечернее время. Падение фотосинтетической активности днем связано с депрессией фотосинтеза, вызванной высокой интенсивностью солнечного излучения, а в вечернее время совпадает с постепенным снижением освещенности к ночи. Коэффициент флуоресценции Fv/Fm в течение дня менялся в пределах 0.6–0.8. Для фукоидов измерения проводили в период отлива и было отмечено два пика повышения фотосинтетической активности – в начале отлива и спустя 2 ч. В дальнейшем скорость поглощения углекислого газа снижалась. Коэффициент флуоресценции Fv/Fm в начале исследования находился в пределах 0.7. По мере осушения у части водорослей (на поверхности зарослей) он снижался до 0.03, что указывает на прекращение фотосинтетической активности. У растений, располагавшихся в толще зарослей, Fv/Fm составлял около 0.6. Такие особенности расположения зарослей позволяют сохранять биоценозам способность поддерживать свою фотосинтетическую активность даже при длительных отливах.

Дыхание. Изменение интенсивности дыхания у обоих рассмотренных видов имело общие тенденции: в первую половину дня наблюдались высокие значения, что для высшего растения может быть обусловлено повышением температуры и интенсивности освещения, а для макроводоросли – периодом отлива и переходом в другую среду обитания, что сопровождается метаболическими перестройками. К вечеру дыхание у фотоавтотрофов снижается.

Валовая первичная продукция экосистемы. В целом интенсивность процессов поглощения CO_2 выше, чем его выделение. Около 40 % всего фиксированного за день CO_2 вновь возвращается в атмосферу вследствие дыхания *H. peploides* и *F. vesiculosus* соответственно, а также ассоциированных гетеротрофных организмов.

Таким образом, совокупная деятельность как высших растений супралиторали, так и морских водорослей литорали способствует поглощению атмосферного CO_2 (60 %) в прибрежной зоне. Основными факторами внешней среды, определяющими интенсивность процессов газообмена CO_2 являются освещенность и температура, динамика которых определяется не только суточными ритмами, но и зависит от фазы приливно-отливного цикла.

Список литературы

Замолодчиков Д. Г. CO_2-газообмен тундр острова Вайгач в нетипично теплый и сухой вегетационный сезон // Журн. общей биол. 2015. Т. 76, № 2. С. 83–98.

Чумбаев А. С., Фром Н. А., Шарков И. Н. Сравнительное определение дыхания почвы в полевых условиях разными методами // Почвы и окружающая среда. 2026. Т. 9, № 3. e369 (13 с.). URL: https://doi.org/10.31251/pos.v9i3.369

КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МАГЭ НА АРКТИЧЕСКОМ ШЕЛЬФЕ В XXI ВЕКЕ: ГЕОГРАФИЯ, ЭКОЛОГИЯ, МИНЕРАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ

А. Г. Казанин

Морская арктическая геологоразведочная экспедиция, г. Мурманск, Россия
a.kazanin@mage.ru

Начало нового века ознаменовалось существенным оживлением российских исследований в Арктике, в том числе региональных комплексных геолого-геофизических работ по заказу Федерального агентства по недропользованию (Роснедра). За два минувших десятилетия (2003–2023 гг.) для государства Морской арктической геологоразведочной экспедицией на Арктическом шельфе России выполнены значительные объемы работ (более 150 000 км) различного характера: от редких каркасных профилей до съемок по достаточно плотной сети 5×5 км (Шельфовые …, 2000).

Примечательно, что новый этап исследований арктических морей, проводимых на современном технологическом уровне, начался после 10-летнего перерыва именно с районов Шпицбергенского шельфа, который изучался МАГЭ практически с момента основания экспедиции. В 2002–2007 годах были проведены комплексные геолого-геофизические исследования на четырех участках Западно-Шпицбергенской континентальной окраины: сейсморазведка МОВ ОГТ 2D – 13400 км, МПВ – 200 км, надводная гравиметрия – 15000 км, дифференциальная гидромагнитометрия – 15000 км, сейсмоакустическое профилирование – 10800 км, газогидрохимическое профилирование – 9700 км, донное опробование – 340 станций. Были получены новые данные о глубинном строении и перспективах нефтегазоносности Шпицбергенского шельфа и зоны перехода к Гренландскому океаническому бассейну, изучено строение и генетические особенности четвертичных покровных комплексов, типы донных осадков, установлены тектонические факторы накопления углеводородов (Матишов, Казанин, 2026). Проведенные работы способствовали решению стратегических вопросов: обеспечение присутствия России и приоритета российской геологической науки в традиционных районах, открытых для международных исследований; получение новой информации для более глубокого понимания фундаментальных особенностей геологического строения и нефтегазоносности Баренцевской шельфовой плиты с ее богатейшими ресурсами нефти и газа.

Работами МАГЭ в Баренцевом море (в южной части) создана каркасная сеть сейсмических профилей, которые освещают недоступные прежде горизонты осадочного чехла Южно-Баренцевской впадины до глубины 18–20 км. На севере моря, в результате комплексных геофизических работ по регулярным сеткам профилей, изучено строение Северо-Баренцевской синеклизы, Пинегинского мегавала, прогиба Франц-Виктория и Предновоземельской структурной области. Выявлен ряд перспективных на нефть и газ объектов – антиклинальных поднятий – общей площадью более 20 тыс. км^2. Прогнозные ресурсы углеводородов выявленных объектов, по подсчетам различными методами, составляют от 3.2 до 5.2 млрд тонн в нефтяном эквиваленте. На востоке Баренцева моря уточнено геологическое строение Предновоземельской структурной области. В Карском море была детализирована структура центральной части Южно-Карской синеклизы (вала Минина) и изучено строение Северо-Сибирского порога. В море Лаптевых новые материалы сейсморазведочных работ существенно уточнили геологическое строение региона, были выявлены основные зоны нефтегазонакопления, в пределах которых сосредоточены до 40 локальных поднятий и другие возможные ловушки углеводородов.

В 2014 году МАГЭ проведена высокоширотная экспедиция на борту научно-экспедиционного судна «Академик Федоров» под проводкой атомного ледокола «Ямал», с целью оценки перспектив нефтегазоносности бассейнов континентальных окраин и глубоководных котловин Северного Ледовитого океана в рамках территории расширенного континентального шельфа России общей площадью 1.2 млн км^2. Комплексные геофизические исследования в центральной глубоководной

части Северного Ледовитого океана позволили существенно усилить аргументацию Российской Федерации при обосновании внешней границы континентального шельфа. Один из сейсмических профилей пройден через Северный полюс.

Из последних работ по госзаказу в Арктике стоит отметить региональные геологоразведочные работы 2022–2023 гг. в Восточно-Сибирском море, в результате которых изучено строение Новосибирско-Чукотской эпикиммерийской и Восточно-Арктической эпикаледонской-эпибайкальской плит: уточнен стратиграфический объем и структурный план осадочного чехла Северо-Чукотского мегапрогиба и котловины Подводников, актуализирована карта нефтегазогеологического районирования ПНГО Де Лонга и сопредельных территорий, определены начальные суммарные ресурсы – 1.3 млрд тонн условного топлива. На основе сейсморазведочных данных выполнен комплекс исследований, направленных на изучение состояния субаквальной криолитозоны на Арктическом шельфе Восточной Сибири и Карского моря (Новая …, 2025).

Комплексный поход к изучению шельфа, присущий исследованиям МАГЭ, наиболее полно реализовался в создании комплектов Государственной геологической карты масштаба 1:1 000 000. Изданные совместно с ВНИИОкеангеология и ВСЕГЕИ листы карт Арктического шельфа и прилегающих территорий охватывают площадь более 2 млн км^2. На новом уровне знаний освещены глубинная структура, магматизм, структурно-формационный состав образований, строение четвертичных и современных отложений, геоморфология, экологическое состояние природных сред; приведена современная оценка ресурсов полезных ископаемых: на шельфе – нефти, газа и газоконденсата; на прилегающей территории материка и островов – каменного угля, полиметаллов (меди, цинка, свинца), марганца, урана, золота, алмазов, фосфоритов, флюорита и других твердых полезных ископаемых.

С 2014 года МАГЭ проведены также масштабные поисковые работы для недропользователей: по заказам компаний «Роснефть» и «Газпром геологоразведка» выполнено более 70 тыс. км сейсмических исследований МОВ ОГТ 2D в морях Баренцевом, Карском, Лаптевых и Восточно-Сибирском.

Новые задачи, обусловленные активизацией работ нефтегазовых компаний на шельфе (переходом от разведки к освоению ресурсов), потребовали от сервисных компаний разработки и внедрения инновационных технологий, освоения новых направлений деятельности, в числе которых инженерно-геологические изыскания, сейсморазведка в транзитных зонах. По заказам недропользователей с 2016 г. МАГЭ выполняет в Баренцевом, Карском морях, Обской губе комплексные инженерно-геологические изыскания, метеорологические, гидрологические и экологический исследования на площадках под строительство поисково-оценочных скважин и подводных сооружений.

Список литературы

Матишов Г. Г., Казанин А. Г. Географические исследования природных ресурсов шельфа и архипелага Шпицберген // Вестн. РАН. 2026. Т. 96, № 7. С. 632–644. URL: https://doi.org/10.7868/S3034520026070053

Новая информация о субаквальной мерзлоте в Карском море по данным сейсморазведки методом преломленных волн / В. И. Богоявленский, А. В. Кишанков, А. Г. Казанин, С. И. Рокос // Арктика: экология и экономика. 2025. Т. 15, № 4. С. 480–494. doi: 10.25283/2223-4594-2025-4-480-494

Шельфовые осадочные бассейны Российской Арктики: геология, геоэкология, минерально-сырьевой потенциал / Под ред. д-ра техн. наук Г. С. Казанина. Мурманск; СПб.: Реноме, 2020. 544 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ КЛИНЬЕВ В ЗОНЕ НАЛЕГАНИЯ (GZW) В СТУР-ФЬОРДЕ (ШПИЦБЕРГЕН) В ПЕРИОД ДЕГЛЯЦИАЦИИ

А. И. Кашдан[1]✉, В. С. Шейнкман[2]

[1]Политехнический институт Монреаля, г. Монреаль, Квебек, Канада
[2]Институт криосферы Земли ТюмНЦ СО РАН, г. Тюмень, Россия
adamykashdan@gmail.com

Стур-фьорд – крупный пролив на юге архипелага Шпицберген. В 2005 году здесь были обнаружены три клина в зоне налегания (Grounding-Zone Wedges, GZW) – формы рельефа, которые фиксируют эпизоды остановки края ледникового покрова во время его отступления (Nielsen, Rasmussen, 2018). Недавняя сейсмоакустическая съемка подтверждает присутствие этих гряд в рельефе дна пролива (Четвертичные …, 2024). Как показали более ранние работы, эти клинья протягиваются поперек фьорда и приурочены к участкам южнее возвышенностей фундамента – точек закрепления (pinning points), на которых ледник временно удерживался. Радиоуглеродные датировки связывают все три клина с известными фазами потепления – Бёллинг, Аллерёд и голоцен. Что именно заставляло ледник останавливаться именно в эти моменты, а не отступать плавно, – вопрос до сих пор открытый.

Работа проверяет гипотезу о стадиальном, т. е. прерывистом, характере отступления ледника в Стур-фьорде – с помощью численного моделирования его динамики – и оценивает, насколько реология подстилающего ложа влияет на формирование GZW.

Модель – авторская разработка (https://github.com/adamkashdan/slip_law_glaciers), построенная на 1D-приближении SSA (Shallow Shelf Approximation). Основа модели – закон скольжения Зоэта–Айверсона (Zoet, Iverson, 2020), описывающий поведение ледника на деформируемых осадочных ложах. Для Стур-фьорда модель настроена под ретроградный профиль ложа и откалибрована по батиметрическим данным и радиоуглеродным датировкам осадочных кернов (Nielsen, Rasmussen, 2018) с учетом того, что мощность четвертичных отложений в желобе, по данным сейсмоакустической съемки, варьирует от 0.5 до 30 м (Четвертичные …, 2024). Модель проверялась на двух сценариях теплового режима основания – теплом и холодном.

При определенных сочетаниях эффективного давления и скорости скольжения модель воспроизводит прерывистое отступление линии налегания с накоплением трех осадочных тел – по форме, расположению и мощности они сопоставимы с реальными GZW в Стур-фьорде. Линия налегания последовательно останавливалась на отметках 24, 15 и 5 км от исходного положения, формируя клинья максимальной мощностью около 38 м за периоды порядка 1000, 1590 и 1200 лет соответственно – эти оценки согласуются с базальными датировками кернов HH12-1209GC (~14.25 тыс. лет назад), JM10-12GC (~12.66 тыс. лет назад) и NP05-86GC (~11.46 тыс. лет назад). Тепловой режим основания задает сам характер отступления: теплое ложе дает более частые остановки и серию клиньев, холодное – более равномерное отступление без выраженных пауз. Это согласуется с гипотезой о том, что ретроградный профиль ложа вместе с колебаниями эффективного давления на контакте лед–ложе определяют стадиальность дегляциации.

Модель, построенная на законе скольжения Зоэта–Айверсона, воспроизводит наблюдаемую последовательность формирования клиньев в Стур-фьорде и тем самым поддерживает сценарий стадиального отступления ледника в этом районе. Следующий шаг – проверить, насколько устойчив этот результат при других сочетаниях параметров, и сопоставить его с данными по соседним фьордам архипелага.

Список литературы

Четвертичные отложения района желоба Стур-фьорд (Баренцево море) / Е. А. Гусев, А. А. Крылов, А. Ю. Сазонов и др. // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. 2024. Вып. 11. С. 69–80.

Nielsen T., Rasmussen T. L. Reconstruction of ice sheet retreat after the Last Glacial maximum in Storfjorden, Southern Svalbard // Mar. Geol. 2018. Vol. 402. P. 228–243.

Zoet L. K., Iverson N. R. A slip law for glaciers on deformable beds // Science. 2020. Vol. 368, no. 6486. P. 76–78.

ЛИШАЙНИКИ ОСТРОВА ЗЕМЛЯ ПРИНЦА КАРЛА (ШПИЦБЕРГЕН)

Л. А. Конорева[1], С. В. Чесноков[2]

[1]Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н. А. Аврорина КНЦ РАН, г. Апатиты, Мурманская область, Россия
[2]Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН, г. Санкт-Петербург, Россия
ajdarzapov@yandex.ru

Остров Земля Принца Карла (Prins Karls Forland) расположен в западной части архипелага Шпицберген. Он отделен от о. Западный Шпицберген проливом Форланнсуннет (Forlandsundet). Остров вытянут с севера на юг, его длина составляет 85 км, ширина – 5–11 км, а площадь – 615 км^2. Рельеф о. Земля Принца Карла разнообразен: на севере и в центральной части представляет собой холмистую местность, включая горные хребты высотой более 1000 м [самая высокая точка – гора Монако (Monacofjellet), 1084 м], на юге – плоскую равнину. Центральный горный хребет сильно изрезан многочисленными ущельями, большинство из которых занято ледниками. Ледники сосредоточены на восточном побережье и обращены к проливу Форланнсуннет.

Территория интересна для лихенологических исследований из-за большого разнообразия горных пород, макро- и микрорельефа, а также влияния Гольфстрима. Однако она до сих пор остается недостаточно изученной, несмотря на то, что лишайникам Шпицбергена посвящены две крупные монографии (Elvebakk, Hertel, 1996; Øvstedal et al., 2009), информация для о. Земля Принца Карла содержится в базе данных на веб-сайте гербария Университета Осло (Svalbard Lichen Database, http://www.nhm2.uio.no/botanisk/nxd/sval_L/sld_e.htm) и в работах (Summerhayes, Elton, 1923; Lynge, 1938; André, 1992; Differential …, 2001; Øvstedal et al., 2009; Tardigrada …, 2017). К началу наших исследований для о. Земля Принца Карла было известно 155 видов.

В 2016 году в центральной части о. Земля Принца Карла Д. А. Конаревой было проведено изучение лихенобиоты и выполнены сборы лишайников в рамках многолетних исследований, проводимых Полярно-альпийским ботаническим садом-институтом им. Н. А. Аврорина КНЦ РАН.

Определение образцов лишайников и лихенофильных грибов проводилось в соответствии со стандартной методикой (The lichen …, 2009) в Лаборатории флоры и растительных ресурсов ПАБСИ КНЦ РАН, идентифицированные образцы хранятся в гербарии KPABG.

Для о. Земля Принца Карла в настоящее время составлен конспект, общей сложностью включающий 283 вида лишайников и 21 вид лихенофильных грибов, из которых 87 видов являются новыми для острова. Из них впервые для архипелага Шпицберген приведены *Arthonia epipolytropa*, *Gyalecta peziza*, *Lasiosphaeriopsis christiansenii*, *Porpidia rugosa* и *Sclerococcum protothallinum*. Из известных ранее для острова 155 видов нами были подтверждены 69 в ходе обработки материала. Таким образом, о. Земля Принца Карла является третьим по количеству видов лишайников на архипелаге Шпицберген [после крупных островов Западный Шпицберген и Северо-Восточная Земля (Nordaustlandet)]. Земля Принца Карла значительно меньше по площади (615 км²), чем такие острова как Эдж (Edgeøya, 5074 км²) и Баренца (Barentsøya, 1288 км²). Однако лишайников, произрастающих здесь, значительно больше, чем на этих островах (119 и 211 видов соответственно) (Aptroot, Alstrup, 1991; Konoreva, Chesnokov, 2022). Можно предположить, что здесь наблюдается гораздо большее разнообразие видов лишайников, чем в северной и восточной частях архипелага, в результате влияния теплого Гольфстрима, однако это не является ключевой и единственной причиной

значительного разнообразия лишайников. На архипелаге есть районы с более высокими среднегодовыми температурами, например, Хорнсунн (Hornsund) (–4.4 ºС), чем на Земле Принца Карла (–5.2 ºС) (https://www.meteoblue.com/), но их лихенобиота в настоящее время включает около 120 видов (Elvebakk, Hertel, 1996; Øvstedal et al., 2009).

Таким образом, богатство и разнообразие лихенобиоты о. Земля Принца Карла, в основном, связано со сложностью геологического строения территории и высоким разнообразием горных пород. Наличие как кальцийсодержащих, так и силикатных пород обусловливает присутствие лишайников, характерных для обоих типов. Например, ряд редких на архипелаге видов лишайников, таких как *Amygdalaria elegantior*, *Massalongia carnosa*, *Porina mammillosa*, *Rinodina mniaroea* var. *cinnamomea* и *Sagedia zonata*, выявленных для о. Земля Принца Карла впервые, характерны для горных пород с высоким содержанием доступного кальция.

Можно было бы ожидать обнаружения здесь видов, типичных также для более южных арктических регионов, учитывая географическое положение острова в западной части архипелага Шпицберген и влияние теплого Гольфстрима на местный микроклимат. Однако островное положение территории, небольшая площадь и большая протяженность с севера на юг, а также отсутствие глубоко врезанных заливов приводят к сильной выраженности сурового влияния климатических условий и, как следствие, к широкому распространению видов, характерных для высокоширотных арктических и высокогорных регионов.

Исследование проводилось в рамках научно-исследовательского проекта Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н. А. Аврорина КНЦ РАН «Изучение видового разнообразия и структурно-функциональных особенностей растений в арктических экосистемах Шпицбергенского архипелага» (FMEZ-2025–0063).

Список литературы

André F. Plant colonization and geodynamics of slopes in a polar oceanic environment (Svalbard, 79º N) // Polar Geogr. Geol. 1992. Vol. 16, no. 4. P. 329–347.

Aptroot A., Alstrup V. Lichens from Edgeøya, Svalbard // Graphis Scripta. 1991. Vol. 3. P. 73–75.

Differential effects of reindeer on high Arctic lichens / van der R. Wal, R. Brooker, E. Cooper, R. Langvatn // J. Veg. Sci. 2001. Vol. 12, Iss. 5. P. 705–710.

Elvebakk A., Hertel H. A catalogue of Svalbard plants, fungi, algae and cyanobacteria. Part 6. Lichens // Norsk Polarinst. Skr., 1996. Vol. 198. P. 271–359.

Konoreva L. A., Chesnokov S. V. Lichens of the Frankenhalvøya Peninsula, Northern of Barentsøya, Svalbard // Pol. Polar Res. 2022. Vol. 43(1). P. 37–68.

Lynge B. Lichens from the west and north coasts of Spitsbergen and the North-East Land collected by numerous expeditions. l. The macrolichens // Skrifter Norsk videnskaps-akademi i Oslo. 1. Mathematisk-naturvidenskabelig klasse. 1938. Vol. 6. P. 1–136.

Øvstedal D. O., Tønsberg T., Elvebakk A. The lichen flora of Svalbard // Sommerfeltia. 2009. Vol. 33. P. 1–393.

Summerhayes V. S., Elton C. S. Contributions to the ecology of Spitsbergen and Bear Island // J. Ecol. 1923. Vol. 11, no. 2. P. 214–286.

Tardigrada in Svalbard lichens: Diversity, densities and habitat heterogeneity / K. Zawierucha, M. Węgrzyn, M. Ostrowska, P. Wietrzyk // Polar Biol. 2017. Vol. 40. P. 1385–1392.

The lichen flora of Great Britain and Ireland / C. W. Smith, A. Aptroot, B. J. Coppins, A. Fletcher, O. L. Gilbert, P. W. James, P. A. Wolseley. London: British Lichen Society, 2009. 1046 p.

ИТОГИ РАБОТ ПАБСИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ФЛОРЫ ПЕЧЕНОЧНИКОВ АРХИПЕЛАГА ШПИЦБЕРГЕН И АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ДАЛЬНЕЙШЕГО ИЗУЧЕНИЯ ЭТОЙ ГРУППЫ РАСТЕНИЙ НА АРХИПЕЛАГЕ

Н.А. Константинова✉, А.Н.Савченко

Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н. А. Аврорина КНЦ РАН,
г. Кировск, Мурманская область, Россия
nadya50@list.ru

Планомерное изучение флоры печеночников архипелага Шпицберген начато российскими бриологами в 2004 г. На протяжении нескольких лет работы проводились в основном Н. А. Константиновой и А. Н. Савченко. В 2009 году сбором печеночников занимался также Е. А. Боровичев, а в 2024 г. – Ю. С. Мамонтов.

Результаты изучения флоры печеночников отдельных территорий архипелага обобщены на русском языке в книге «Наука на Шпицбергене, история российских исследований» (Константинова и др., 2009), а позже на английском языке в чек-листе печеночников Свальбарда (Land …, 2021). Всего обследованы 16 районов архипелага, из них 5 – труднодоступные территории на о. Северо-Восточная Земля (Nordaustlandet). В некоторых местах, например, в окрестностях поселков Пирамида, Баренцбург, Колсбей, исследования проводились неоднократно, но большинство районов обследовалось однократно в течение трех (Боккфьорд, Bockfjorden) или семи-восьми дней, редко десяти. В основном сборы образцов проводились вблизи лагеря и на расстоянии в среднем 3–5 км вокруг. Исключение составляет экспедиция 2018 г., когда благодаря полученному гранту на совместные норвежско-российские работы и возможность базироваться на яхте, останавливаясь и высаживаясь на интересующих нас территориях, удалось в течение 7 дней поработать в 7 удаленных точках в южной части о. Шпицберген.

В ходе нашей совместной с иностранными коллегами ревизии всех имеющихся публикаций составлен аннотированный критический список печеночников архипелага, насчитывающий 105 и еще 5 видов, нуждающихся в подтверждении (Land …, 2021). При этом 51 вид, приводившийся для архипелага ранее, был исключен из списка. В предыдущей сводке по печеночникам Шпицбергена (Frisvoll, Elvebakk, 1996) указывалось 85 видов. Все найденные с 1996 г. новые для архипелага печеночники, за исключением трех видов, собраны российскими учеными. Всего за 20 лет изучения печеночников Шпицбергена, российской группой представлено 20 новых для архипелага видов, один из них – *Lophozia svalbardensis* Konstant., Vilnet & Mamontov описан как новый для науки (Konstantinova et al., 2020).

Наши работы показали, что многие виды, известные ранее из единичных точек нахождения на самом деле нередки на архипелаге и местами даже обильны. В частности это касается видов, описанных со Шпицбергена (например, *Marsupella arctica*, *Scapania spitsbergensis*). Выявленные закономерности распределения видов на архипелаге показали, что их распространение и обилие в значительной степени зависит от геологических особенностей территории. Обнаружено, что число видов в локальных флорах невелико и колеблется: 31 [залив Мерчисон-фьорд (Murchisonfjorden)], 32 [Сётербухта (Sætherbukta), Дуве-фьорд (Duvefjorden)] – во флорах о. Северо-Восточная Земля; 40–43 – на более южных крупных островах и побережьях внутренних фьордов о. Шпицберген.

При организации наших работ стратегической установкой было подробное описание местонахождений и, по возможности, полный сбор печеночников из всех местообитаний представленных на обследуемой территории. Всего было собрано около 3000 образцов. К настоящему времени идентифицированы и внесены в ИС L. (CRIS) данные о 1532 образцах (5044 определений), а более или менее полные аннотированные списки печеночников составлены для побережья залива Грён-фьорд (Grønfjorden) – 43 вида (Konstantinova, Savchenko, 2008), северного побережья Мерчисон-фьорда (Murchisonfjorden) – 31 вид (Konstantinova, Savchenko, 2012), о. Баренца (Barentsøya) – 35 видов (Konstantinova, Savchenko, 2018), о. Земля Принца Карла (Prins Karls Forland) – 40 видов (Konstantinova, Savchenko, 2020), побережья Сётербухты Дуве-фьорда (Sætherbukta, Duvefjorden) – 32

вида (Konstantinova, Savchenko, 2022). Таким образом, из 16 обследованных территорий только для 6 составлены подробные списки видов. Поэтому идентификация собранных образцов и составление аннотированных списков видов для обследованных территорий остаются крайне актуальными задачами.

Как мы уже неоднократно подчеркивали, столь медленная обработка собранных материалов обусловлена большой сложностью идентификации арктических популяций печеночников из-за мелких размеров растений, необычных форм роста, нехарактерной окраски и формы вегетативных органов, частого отсутствия гаметангиев, произрастания в куртинах или трудно разделяемых корках, где перемешивается множество видов. К этому следует добавить слабую изученность арктической флоры печеночников и ограниченные данные о вариабельности видов, большинство из которых описаны из умеренных широт, тогда как в Арктике они представлены отличными от популяций из умеренных широт формами. Решением этой проблемы стал интегративный подход, т. е. использование наряду с морфологическими и анатомическими методами также молекулярно-филогенетического подхода. Его мы стали применять при решении конкретных таксономических проблем, возникающих при идентификации видов. Например, в результате изучения расширенной выборки видов рода *Lophozia* из разных регионов Шпицбергена и Евразии, выяснилось, что образцы, соответствующие типу *L. savicziae*, были обнаружены только в Мурманской области, откуда вид был описан. Все изученные образцы, определенные как *L. savicziae* со Шпицбергена, были отнесены к *L. silvicoloides* (Konstantinova, Vilnet, 2025). Особое значение имеет то, что в наших коллекциях имеются образцы таксонов, описанных с архипелага Шпицберген. Типовой материал, как по возрасту, так и по состоянию образцов чаще всего невозможно использовать для молекулярно-филогенетических исследований, поэтому наши современные сборы этих видов, пригодные для секвенирования, имеют критически важное значение и позволяют решать таксономические проблемы, как это было сделано при уточнении систематики комплекса *Jungermannia pumila* s. lat. (Hidden …, 2025). Очевидно, что развитие работ в этом направлении перспективно и поможет решить ряд общих таксономических проблем.

Список литературы

Константинова Н. А., Королева Н. Е., Савченко А. Н. Исследование растительного покрова архипелага Шпицберген // Наука на Шпицбергене: История российских исследований / Под науч. ред. В. Т. Калинникова. СПб.: ГАМАС, 2009. С. 190–205.

Frisvoll A. A., Elvebakk A. A catalogue of Svalbard plants, fungi, algae and cyanobacteria. Part 2. Bryophytes // Norsk Polarinst. Skr. 1996. Vol. 198. P. 57–172.

Hidden diversity and the treatment of *Jungermannia pumila* s. l. with description of a new subspecies from the Russian Far East / N. A. Konstantinova, A. A. Vilnet, D. G. Long, Yu. S. Mamontov // Arctoa. 2025. Vol. 34, no. 2. P. 133–151. doi: 10.15298/arctoa.34.11

Konstantinova N. A. Savchenko A. N. Hepatics // Flora and vegetation of Grønfjord area (Spitsbergen archipelago) / N. E. Koroleva, N. A. Konstantinova, O. A. Belkina, D. A. Davydov, A. J. Lihachev, A. N. Savchenko, I. N. Urbanavichene. Apatity, 2008. P. 54–80.

Konstantinova N. A., Savchenko A. N. Contribution to the hepatic flora of the Nordaustlandet (Svalbard). I. Hepatics of the north coast of Murchison Fjorden // Polish Bot. J. 2012. Vol. 57(1). P. 181–195.

Konstantinova N. A., Savchenko A. N. Contribution to the hepatic flora of the Svalbard: Hepatics of the Barents Island // Folia Cryptogamica Estonica. 2018. Vol. 55. P. 105–115. URL: http://dx.doi.org/10.12697/fce.2018.55.11

Konstantinova N. A., Savchenko A. N. Contribution to the hepatic flora of Svalbard III: Hepatics of Prins Karls Forland (Forlandet nasjonalpark) // Nova Hedwigia. 2020. Beiheft. 150. P. 179–192.

Konstantinova N. A., Savchenko A. N. Contribution to the hepatic flora of Svalbard IV: Hepatics of the coast of the Sætherbukta (Orvin Land, Duvefjorden, Nordaustlandet) // Arctoa. 2022. Vol. 31, no. 1. P. 44–51. doi: 10.15298/arctoa.31.06

Konstantinova N. A., Vilnet A. A. Lophozia savicziae Schljakov (Lophoziaceae, Marchantiophyta) – one more allopolyploid species of liverworts // Arctoa. 2025. Vol. 34, no. 2. P. 44–51. doi: 10.15298/arctoa.34.04

Konstantinova N. A., Vilnet A. A., Mamontov Yu. S. A new species of the genus *Lophozia* (Lophoziaceae) from Svalbard archipelago // Arctoa. 2020. Vol. 29, no. 2. P. 124–134. URL: http://dx.doi.org/10.15298/arctoa.29.10

Land of retreating glaciers – checklist of liverworts on Svalbard / L. Söderström, N. A. Konstantinova, A. Hagborg, T. Prestø, K. Hassel, M. von Konrat // Arctoa. 2021. Vol. 30, no. 2. P. 354–397.

ПРИРОДНЫЕ И СИНАНТРОПНЫЕ КОЛОНИИ МОЕВКИ *RISSA TRIDACTYLA* НА ЗАПАДНОМ ШПИЦБЕРГЕНЕ В XXI ВЕКЕ

Е. Г. Лаппо[1]✉, А. В. Ежов[2], Н. Ю. Корсакова[3]

[1]Институт географии РАН, г. Москва, Россия
[2]Кандалакшский государственный природный заповедник, г. Кандалакша, Мурманская область, Россия
[3]Союз охраны птиц России, г. Москва, Россия
ellappo@mail.ru

Моевки гнездятся колониально на скалистых берегах морей Голарктики, Северной Америки и Евразии (включая берега Дальнего Востока). Численность европейской популяции оценивается в 3 460 000–4 410 00 взрослых особей (http://www.birdlife.org/europe-and-central-asia/news/gran-sol-may-have-plenty-fish-sea-its-seabirds-are-declining), с 1980-х гг. она снизилась на 40 %. Вид внесен в список МСОП (Международного союза охраны природы IUCN) со статусом –«угрожаемый» (venerable) (The IUCN …, 2019). Моевки гнездятся на Шпицбергене в природных и синантропных ландшафтах. Природные колонии моевки в окрестностях пос. Баренцбург расположены в верхней части горного массива Хеерфьеллет (Heerfiellstupe; совместно с глупышами) и неподалеку на береговой скале (Larvikpunten), в районе пос. Пирамида – на освободившейся от ледника скале (вблизи ледника Норденшельда), пос. Грумант (горный хребет Fuglefjellet), Ольхорна – на входе в фьорд Хорнсунн и др. Синантропные гнездовые поселения существуют в поселках Баренцбург, Пирамида и Грумант (Наши данные).

Массово гнездящаяся в Баренцевом море моевка еще 70 лет назад не образовывала синантропных колоний на зданиях на российском побережье. Было известно о гнездовании моевок на постройках в небольших населенных пунктах в Великобритании с 1030-х гг. (Thornburn, 1935; Coulson, Dixon, 1979), в Норвегии, на Лофотенских островах (Бирина, 2001) и др. Основным фактором образования колоний на искусственных сооружениях в поселках является отсутствие пригодных для гнездования скал вблизи потенциально кормных морских акваторий (Краснов, Ежов, 2020; Краснов и др., 2025) и рост хищничества со стороны песцов *Vulpes lagopus* (Benjaminsen et al., 2022). Синантропные колонии моевок в Ис-фьорде (архипелаг Шпицберген) известны в пос. Баренцбург с 1990 г. (Головкин, 1991; Марасаев, 2003; Гаврило, 2007). В 2000-х годах моевки гнездились на подоконниках и выступающих элементах фасадов зданий, но после очистки от гнезд, замены оконных проемов и «защитных» мер, синантропное поселение моевок осталось только на южном фасаде здания ТЭЦ. В пос. Пирамида на «Птичьем доме» моевки стали гнездиться с 1998 г. после того, как поселок был закрыт. В настоящее время моевки гнездятся в оконных проемах на четырех домах в центре поселка, на технических сооружениях поблизости, на конструкциях «галереи», и на старых зданиях у «галереи». Есть также небольшая синантропная колония на заброшенном здании в пос. Грумант. Индивидуальное мечение моевок проводилось в Пирамиде (2017–2023 гг.) и Груманте (2008–2023 гг.) норвежскими коллегами в рамках широкомасштабного проекта по картированию гнездовых колоний и изучению миграций птиц в Северной Атлантике. (https://seapop.no/en/seatrack/). Некоторые птицы, отловленные в Груманте в 2016 и 2017 гг., в 2022–2026 гг. были отмечены гнездящимися на ТЭЦ в пос. Баренцбург (Наши данные).

Существование синантропного поселения моевок в пос. Пирамида имеет большую научную ценность и является местной туристической достопримечательностью, однако колония в непосредственной близости от жилья представляет угрозу санитарно-эпидемиологического характера, потенциальный риск привлечения в колонию белых медведей *Ursus maritimus*, приводит к порче фасадов деревянных зданий из-за помета и превышению предельно допустимого шумового порога. Эти же проблемы, связанные с колониями моевок на жилых или исторических зданиях, давно актуальны для многих приморских городов Северной Европы. В ряде мест в Европе для гнездования моевок построены альтернативные сооружения (ANS – Artificial Nesting Structure, или искусственные колонии), где среди инициаторов и финансистов этих проектов есть многие крупные компании, пропагандирующие «green energy». Например, в Лоустофте и Минсмире (графство Саффолк, Великобритания) прибрежные искусственные гнездовые сооружения, имитирующие крутые морские скалы, удобные для переселения морских птиц, построены крупнейшей датской компанией («Ørsted») в 2023 г. с целью компенсировать потенциальное негативное воздействие морской ветряной электростанции («Hornsea 3») на моевок. Подобные сооружения (ANS) есть и в Северо-Восточной Англии (Тайнсайд, новаторская башня «Saltmeadows Tower»), во Франции (Булонь-сюр-Мер) и др. В Тромсё, где есть колонии моевки с экспоненциальным ростом численности, был построен специальный инновационный дом-конструкция «Отель для моевок» и одновременно принят ряд мер, препятствующих моевкам гнездиться на жилых зданиях. Большое преимущество этого мероприятия было в том, что оно не имело отрицательного эффекта на возможность и успех гнездования моевок (Проект NINA, Benjaminsen et al., 2022).

Многочисленную колонию моевок в пос. Пирамида желательно «отодвинуть» от жилых домов, предложив моевкам альтернативные искусственные сооружения, для привлечения птиц, по примеру стран Европы, но с учетом местных особенностей. Статус популяции моевки как «угрожаемый» автоматически ставит ее под охрану, поэтому важно продемонстрировать готовность и способность России, используя наработки европейских стран, впервые на архипелаге Шпицберген внедрить технологию «мягкого» перемещения гнездовий птиц на специально подготовленные сооружения). Необходимые ремонтные работы кирпичных или деревянных строений, занятых синантропными колониями, находящиеся в аварийном состоянии, как и строительство альтернативных конструкций для устройства гнезд, и организацию защитных мер от сооружения птицами гнезд в нежелательных местах, рекомендуется проводить после окончания гнездового периода и отлета моевок и до начала следующего гнездового периода (с конца сентября до начала апреля). В рамках Международного научно-образовательного центра работа с колонией моевок в пос. Пирамида может рассматриваться как комплексный научно-прикладной проект, привлекательный для ученых-орнитологов и инженеров разных стран, в котором будут сочетаться как традиционные методы изучения птиц, с применением индивидуального мечения, наблюдения за перемещениями птиц, учетами бюджетов времени, изучением этапов формирования колонии, успехом гнездования в сравнении синантропных и природных колоний, так и прикладных – в виде создания самых северных в мире искусственных сооружений для изучения опыта перемещения морских птиц с жилых строений.

Список литературы

Бирина У. А. Незаконное уничтожение гнезд моевки (*Rissa tridactyla*), сизой чайки (*Larus canus*) и других морских птиц на островах Москинессойя, Флагстадойя и Вествагейя (Лофотенские острова, Северная Норвегия) // Биологические основы устойчивого развития прибрежных морских экосистем: Тез. докл. Междунар. конф. (г. Мурманск, 25–28 апреля 2001 г.). Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2001. С. 35–36.

Гаврило М. В. Наблюдения за птицами и млекопитающими в районе архипелага Шпицберген летом 2003 года // Рус. орнитол. журн. 2007. Т. 16, экспресс-выпуск 385. С. 1459–1476.

Головкин А. Н. Гнездование моевок на зданиях Баренцбурга (Западный Шпицберген) // Изучение морских колониальных птиц в СССР: Информ. матер. / Ин-т биол. проблем Севера ДВО АН СССР. Магадан: СВКНИИ, С. 18–20.

Марасаев С. Ф. Орнитологические исследования в прибрежной зоне Ис-фьорда (Западный Щпицбергне) летом 2002 г. // Комплексные исследования природы Щпицбергена. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2003. Вып. 2. С. 166–173.

Краснов Ю. В., Ежов А. В. Состояние популяций морских птиц и факторы, определяющие их развитие в Баренцевом море // Тр. Кольского науч. центра РАН. 2020. Т. 4(11). Сер. Океанология. Вып. 7. С. 225–244.

Краснов Ю. В., Ежов А. В., Горяев Ю. И. Орнитофауна северных морей европейской части России: видовой состав, пространственное распределение, численность и особенности экологии / Отв. ред. М. В. Макаров. СПб.: Реноме, 2025. 216 с. doi: 10.25990/MMBIRAS.yp32-kz34

Benjaminsen S., Reiertsen T. K., Jacobsen K.-O. Urban kittiwakes in Tromsø. Effects of facilitation and mitigation // NINA Report 2235. Norw. Inst. Nat. Res. 2022.

Coulson J. C., Dixon F. Colonial Breeding in Sea-birds // Biol. Syst. Colon. Organ. Proc. Int. Symp., Durham, 1976. London, 1979. P. 445–458.

The IUCN Red List of Threatened Species. IUCN. 2019. Version 2019-3. URL: www.iucnredlist.org (дата обращения: 10.12.2019).

Thornburn A. Kittiwakes nesting on empty warehouse // Brit. birds. 1935. Vol. 29. P. 89.

ВЛИЯНИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ПОСЕЛКА БАРЕНЦБУРГ НА ГНЕЗДЯЩИХСЯ ПТИЦ

Н. В. Лебедева

Мурманский морской биологический институт РАН, г. Мурманск, Россия
lebedeva@mmbi.info

Развитие поселений в арктической зоне усиливает вмешательство человека в функционирование природных экосистем. Многие виды птиц проникают в трансформированный ландшафт и приспосабливаются к новым условиям. Важнейшими факторами для адаптации птиц, осваивающих антропогенные ландшафты, является возможность устраивать гнезда на подходящих структурных элементах и доступность кормовых ресурсов.

Баренцбург, появившийся на берегу Грён-фьорда около 100 лет назад, имеет развитую инфраструктуру, которая создавалась в советский период. К 2010 году изменилась хозяйственная деятельность, многим зданиям и коммуникациям потребовался ремонт, в связи с чем началась последовательная реконструкция поселка. Некоторые тенденции в сообществе гнездящихся птиц стали активно проявляться после начала реконструкции поселка: изменились состав, численность, пространственное распределение, особенности использования структурных элементов ландшафта.

На архипелаге Шпицберген гнездование достоверно подтверждено для 45 видов птиц, из них 30 гнездятся регулярно (www.svalbardbirds.com). В пос. Баренцбург и его окрестностях отмечены 14 видов гнездящихся птиц (Головкин, 1991; Зырянов, Марасаев, 2002; Марасаев, 2003; Иваненко, 2006, 2009; Гаврило, 2007; Лебедева, 2020, 2026). В селитебном и индустриальном ландшафте Баренцбурга в настоящее время гнездятся 8 видов птиц: галстучник *Charadrius hiaticula*, бургомистр *Larus hyperboreus*, моевка *Rissa tridactyla*, полярная крачка *Sterna paradisaea*, обыкновенный чистик *Cepphus grille* и пуночка *Plectrophenax nivalis*. Во время реконструкции поселка была снесена часть ветхих строений и сооружений, выполнена обшивка панелями и сайдингом кирпичных зданий, в которых были закрыты вентиляционные ниши, ликвидировано подсобное хозяйство, свалка, организовано хранение и переработка бытовых отходов и другое, что повлияло на распределение пуночки, бургомистра и моевки. Численность пуночки на гнездовании в поселке уменьшилась на треть, мелкие гнездовые поселения моевки на части зданий после реконструкции исчезли, сформировалась одна крупная колония на здании ТЭЦ. Идет обмен особей с другими колониями на Шпицбергене. Численность бургомистра на гнездовании в Баренцбурге остается стабильной,

несмотря на реконструкцию заданий: птицы успешно гнездятся на крышах зданий разной этажности. В последнее десятилетие в селитебный ландшафт вселился обыкновенный чистик, который полностью вытеснил пуночку на одном из зданий и сформировал гнездовую колонию. Вероятно, это произошло за счет притока особей из ближайшей к поселку колонии на скале, где численность чистика уменьшилась. Колония полярной крачки в районе вертолетной площадки сменила локацию и полностью переместилась на крыши зданий, увеличив свою численность. Однако вселение обыкновенного чистика и переселение полярной крачки на крыши зданий связано, вероятнее всего, с увеличением численности песца в поселке и его окрестностях. Динамика численности и изменения в пространственном распределении гнездящихся видов свидетельствуют о степени их пластичности к меняющейся среде обитания не только в естественных местообитаниях, но также антропогенно измененных ландшафтах высокоширотной Арктики. Дальнейшее изучение направленности изменений в структуре селитебных орнитокомплексов на архипелаге Шпицберген позволит глубже понять их экологические механизмы.

Список литературы

Гаврило М. В. Наблюдения за птицами и млекопитающими в районе архипелага Шпицберген летом 2003 года // Рус. орнитол. журн. 2007. Вып. 16, экспресс-выпуск 385. С. 1459–1476.

Головкин А. Н. Гнездование моевок на зданиях Баренцбурга (Западный Шпицберген) // Изучение морских колониальных птиц в СССР: Информ. матер. / Ин-т биол. проблем Севера ДВО АН СССР. Магадан: СВКНИИ, 1991. С. 18–20.

Зырянов С. В., Марасаев С. Ф. Орнитологические исследования в прибрежной зоне Ис-фьорда (Западный Шпицберген) летом 2001 г. // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 2. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2002. С. 151–158.

Иваненко Н. Ю. Наблюдения за птицами в окрестностях Баренцбурга, Пирамиды и Лонгйира на Западном Шпицбергене летом 2005 г. // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 6. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2006. С. 305–321.

Иваненко Н. Ю. Гнездовая орнитофауна Грён-фьорда (Западный Шпицберген) // Проблемы морской палеоэкологии и биогеографии в эпоху глобальных изменений: Матер. VIII Всерос. школы по морской биологии и IX Междунар. науч. конф. «Комплексные исследования архипелага Шпицберген» (Мурманск, 12–14 ноября 2009 г.). М.: ГЕОС, 2009. С. 272–283.

Лебедева Н. В. Птицы в антропогенном ландшафте на Шпицбергене // Комплексные исследования природы Шпицбергена и прилегающего шельфа: Тез докл. XV Всерос. науч. конф. (г. Мурманск, 28–30 октября 2020 г.). Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2020. С. 58–60.

Лебедева Н. В. Динамика пространственного размещения гнездящихся птиц на фоне реконструкции российского поселка Баренцбург (Шпицберген) // Проблемы Арктики и Антарктики. 2026. Т. 72, № 1. С. 140–152.

Марасаев С. Ф. Орнитологические исследования в прибрежной зоне Ис-фьорда (Западный Шпицберген) летом 2002 г. // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 3. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2003. С. 166–173.

НЕБОЛЬШОЕ ЛЕДНИКОВО-ПОДПРУДНОЕ ОЗЕРО НА ЛЕДНИКЕ ФРИТЬОФ, ШПИЦБЕРГЕН

Б. Р. Мавлюдов

Институт географии РАН, г. Москва, Россия
bulatrm@ bk.ru

На территории архипелага Шпицберген выделено некоторое количество современных и древних крупных ледниково-подпрудных озер (Ромашова, Чернов, 2023; Post-little …, 2023; Демидов,

Терехов, 2024). Однако имеются и более мелкие озера этого типа. На леднике Фритьоф находится небольшое озеро, которое не вошло в данные работы (Post-little …, 2023). Озеро расположено между двух ветвей ледника, разделенных скальной грядой, дренируется сквозь ледник. Нам удалось наблюдать это озеро в течение нескольких летних сезонов. Формирование озера, видимо, связано с подвижкой ледника в 1996 г., после чего движение ледника ослабилось, и, вероятно, с прогреванием южного склона гряды, способствующего таянию льда у края ледника. Сток воды в озеро происходит с обеих ветвей ледника. Однако оценить водосбор озера затруднительно, поскольку его территория все время изменяется с эволюцией поверхности ледника. Площадь зеркала озера непостоянна.

Мы проводили наблюдения озерной котловины в 2004–2010, 2013–2014, 2016–2021, 2022 гг. В эти годы ситуация в озерной котловине складывалась по-разному. В отдельные годы озеро было заполнено водой, а в другие – его котловина была свободна от воды. В одних случаях можно было наблюдать котловину, из которой вода только что ушла, и ее дно было покрыто жидким илом, передвигаться по которому было затруднительно. В других случаях дно озера было сухим, что позволяло без затруднений обследовать на дне озера каналы, через которые уходит вода из него.

Кратко опишем эволюцию озера в разные годы:

28.07.2008 г. – во время облета видно, что вокруг озера лежит снег, оно частично дренировалось;

24.08.2009 г. – озеро 50х60 м, уровень на высоте 301 м н.у.м;

09.09.2009 г. – максимальный уровень на высоте 318 м н.у.м, глубина пустой котловины около 40 м. В пещере стоит вода;

30.08.2010 г. – вода из котловины ушла несколько дней назад. Образовалась поперечная трещина ниже котловины озера. В пещере стоит вода. Появился колодец у края котловины;

10.09.2013 г. – вода из котловины только ушла. В пещере вода уходит в непроходимые щели. Площадь озера и его глубина стали меньше;

22.09.2014 г. – дно озера 301 м н.у.м, край – 316 м н.у.м. Вода ушла несколько дней назад. В конце пещеры непроходимая щель;

04.09.2016 г. – дно котловины 280 м н.у.м, край озера 302 м н.у.м. В пещере пройдено около 80 м горизонтальных и вертикальных каналов поперек и вдоль входного канала в пещеру;

07.09.2017 г. – уровень на высоте 302 м н.у.м. Озеро ушло несколько дней назад. По терраскам на каменном склоне видно ежегодное понижение уровня воды в озере. В пещере много воды;

11.09.2018 г. – уровень воды в озере на высоте 285 м н.у.м;

11.09.2019 г. – максимальный уровень на высоте 317 м н.у.м, стояние воды на 10–15 м ниже;

08.09.2021 г. – котловина без воды, припудрена снегом. Пещера по поперечной трещине около 60 м запад–восток, непроходима с двух сторон из-за низости свода. С провалом в 10 м не соединяется;

10.09.2022 г. – котловина пуста. На дне бывшей пещеры небольшое озеро с перетоком в соседнюю котловину, которая расширила озерную котловину. Видна залеченная наклонная трещина, по которой первично заложилась пещера.

В целом в течение периода наблюдений котловина озера расширялась, а отдельные колодцы на его краю увеличивали свой диаметр, что совместно с понижением поверхности льда привело к формированию отдельных небольших котловин. Эти вторичные котловины во льду сначала были обособленными, но впоследствии объединились, способствуя увеличению объема озерной котловины.

Механизм опорожнения озера достоверно не известен, поскольку за ним не проводились непрерывные наблюдения. Однако наличие подледных и внутриледных каналов сброса воды из озера дает основание для предположения, что в какой-то определенный момент открывается путь из озера во внутреннюю дренажную систему ледника. Возможны два варианта. Первый – всплывание ледяной плотины. Это событие маловероятное, так как размеры озера и его глубина не соразмерны с шириной ледника, которая в этом месте достигает 5 км. Этот вариант возможен, если всплывает лишь небольшой блок ледника. Визуально такой блок на леднике не выделяется. Второй – соединение

озерной котловины с системой внутреннего дренажа через трещины, возникающие во льду при его движении. В районе озера мы наблюдали как вертикальные, так и наклонные трещины. Возможно, что именно наклонные трещины могли служить этому, однако подтверждения нет.

В весеннее время с началом снеготаяния озеро заполняется водой. Это говорит о том, что каналы дренажа из озера закрываются в зимнее время. Вероятно, имеется цикличность заполнения озера водой. Похоже, что опорожнение озера случается несколько раз в течение летнего сезона, поскольку таяние на леднике достаточно интенсивное, чтобы иметь возможность заполнить озерную котловину несколько раз за летний сезон. Но это только предположение, так как нет прямых наблюдений. По крайней мере один раз опорожнение озера наблюдалось 28 июля 2008 г.

Использование космических снимков также не очень помогает, поскольку они могут дать информацию только в ясную погоду, которая бывает на архипелаге Шпицберген не очень часто.

Наблюдения на ледниково-подпрудном озере на леднике Фритьоф показали, что даже такие небольшие озера могут получать регулярную связь с внутренней дренажной сетью ледника.

Полевая часть работы была выполнена в рамках госзадания ИГ РАН FMGE-2025-0002, а обработка материалов – в рамках госзадания ИГ РАН FMGE-2024-0004.

Список литературы

Демидов В. Э., Терехов А. В. Распространение подпрудных ледниковых озер и внутриледниковых оазисов на архипелаге Шпицберген в эпоху деградации вислинского ледникового покрова // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. Вып. 11. 2024. С. 87–94. doi: 10.24412/2687-1092-2024-11-87-94

Ромашова К. В., Чернов Р. А. Методика инвентаризации приледниковых озер архипелага Шпицберген // Проблемы Арктики и Антарктики. 2023. Т. 69, № 2. С. 157–170. doi: 10.30758/0555-2648-2023-69-2-157-170

Post-little ice age glacial lake evolution in Svalbard: inventory of lake changes and lake types / I. Wieczorek, M. C. Strzelecki, Ł. Stachnik, J. C. Yde, J. Małecki // J. Glaciology. 2023. Vol. 69(277). P. 1449–1465. doi: 10.1017/jog.2023.34

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДЕВОНСКИХ ПАЛЕОПОЧВ ДОЛИНЫ ТОРДАЛЕН (АРХИПЕЛАГ ШПИЦБЕРГЕН)

В. В. Малышев✉, А. О. Алексеев, Т. В. Алексеева

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения им. В.А. Ковды РАН,
г. Пущино, Московская область, Россия
vladmalyscheff@yandex.ru

Девонский период (419–359 млн лет назад) характеризовался существенными преобразованиями континентальных экосистем, связанными с развитием наземной растительности, усилением химического выветривания, снижением концентрации CO_2 в атмосфере и возрастанием роли почвообразования в преобразовании осадочного материала (Retallack, 1997; Investigating …, 2015). Архипелаг Шпицберген представляет особый интерес для изучения девонских палеопочв благодаря полноте континентальных разрезов и обилию палеоботанических находок. Палеопочвы девона являются важным источником информации о взаимодействии климата, растительности и процессов выветривания этого времени (Алексеева, 2020), а исследование их геохимических свойств позволяет оценить степень педогенного преобразования исходного осадочного материала и особенности условий древнего почвообразования. Целью данного исследования являлась геохимическая характеристика девонских палеопочв формации Тордален.

В ходе экспедиций 2025–2026 гг. в центральной части Шпицбергена, в долине р. Торэльва, исследовано пять разрезов формации Тордален, содержащих горизонты, интерпретируемые как палеопочвенные. Четыре разреза (Top-1, Top-4, Top-5 и Top-10) приурочены к пачке Фискеклефта, один разрез (Top-2) – к пачке Эстериахаугена. Изученные отложения относятся к позднему живету среднего девона и представлены преимущественно чередованием песчаников и алевролитов, сформировавшихся в континентальных условиях (Piepjohn, Dallmann, 2014). Отдельные горизонты различаются окраской, плотностью и степенью постседиментационного преобразования, в них также отмечаются растительные остатки и отпечатки.

Для геохимической характеристики образцов изучали валовый химический состав методом рентгенофлуоресцентного анализа (спектрометр Bruker S6 JAGUAR). Гранулометрический состав определяли методом Качинского. На отдельных образцах с использованием портативного рентгенофлуоресцентного анализатора (МетЭксперт) проводили локальное геохимическое картографирование химических элементов минерализованных растительных остатков и окружающей их минеральной матрицы. Для оценки степени химического выветривания и преобразования минеральной матрицы рассчитывали индексы CIA, MIA-O, MIA-R, IOL, гидролизатный модуль, геохимические отношения Rb/K и Ba/Sr, а также отношение Ti/Zr, использованное для оценки литологической неоднородности исходного материала.

Гранулометрический состав палеопочв различается между исследованными разрезами и в целом соответствует литологии осадочных отложений. Top-1 характеризуется преобладанием песчаной фракции (до 60 %) и относится к опесчаненным суглинкам, что согласуется с формированием на песчаниках. В Top-2 и Top-4 преобладает пылеватая фракция (40–70 %), тогда как Top-5 отличается повышенным содержанием ила (до 20 %). По классификации Фере, палеопочвы Top-2, Top-4 и Top-5 относятся преимущественно к суглинкам и пылеватым суглинкам, что соответствует их формированию на алевролитах с различной примесью песчаного материала.

Валовое содержание основных компонентов исследованных палеопочв варьирует в широких пределах: SiO_2 – 54–93 %, Al_2O_3 – 3–22 %, Fe_2O_3 – 1–15 %, K_2O – 0.2–3.8 %, MgO – 0.1–1.2 %. Наиболее обособленное геохимическое положение занимает разрез Top-1, характеризующийся повышенным содержанием SiO_2 и Zr и пониженным содержанием Al_2O_3 и Fe_2O_3, что согласуется с его формированием на более песчаном субстрате. Палеопочвы Top-2, Top-4, Top-5 и Top-10 имеют более близкий химический состав. При этом Top-2 и Top-10 характеризуются повышенным содержанием TiO_2, Fe_2O_3 и Sr, тогда как для Top-4 отмечено повышенное содержание MnO, CaO и P_2O_5. Картографирование химического состава участка образца Top-4 размером 20×30 мм, включающего выраженное темное пятно размером около 15×10 мм, предположительно биогенного происхождения, показало его относительное обогащение CaO и P_2O_5 по сравнению с окружающей минеральной матрицей, характеризующейся повышенным содержанием SiO_2, Al_2O_3 и Fe_2O_3. Совместное обогащение Ca и P может быть связано с образованием фторапатита в результате фосфатизации и последующей минерализации органического остатка.

Профильное распределение отношения Ti/Zr в Top-1, Top-5 и Top-10 характеризуется относительно небольшими вариациями, что может свидетельствовать о литологической однородности исходного материала в пределах этих разрезов. В Top-2, напротив, отмечается закономерное изменение Ti/Zr: его значения снижаются в песчаниках и возрастают в палеопочвенных горизонтах. Это указывает на выраженную литологическую неоднородность профиля, что согласуется с его циклитным строением и чередованием различающихся по составу осадочных слоев.

Значения CIA в исследованных профилях варьируют от 77 до 83, что свидетельствует о значительной степени химического преобразования исходного материала. Положение образцов на диаграммах A–CN–K и MIA указывает на существенное разрушение первичных силикатов и относительное обогащение Al- и Fe-содержащими компонентами. Сходные закономерности отражаются в значениях IOL, демонстрирующих геохимическую дифференциацию палеопочв и почвообразующих пород, наиболее выраженную в профилях Top-2 и Top-10. Для Top-10 отмечается наиболее выраженный тренд в сторону латеритного преобразования, проявляющийся в

относительном обогащении Al_2O_3 и Fe_2O_3 и снижении доли SiO_2. Таким образом, геохимический состав палеопочв отражает сочетание унаследованного сигнала предварительно выветрелого осадочного материала и последующего педогенного преобразования, интенсивность которого могла различаться между исследованными профилями.

Список литературы

Алексеева Т. В. Почвообразование и почвы в девоне и карбоне на территории Северной Евразии: строение, типы, биота, палеоклиматические архивы и стратиграфическая значимость: Автореф. дис. … докт. геол.-мин. наук (25.00.02 – палеонтология и стратиграфия). М., 2020. 45 с.

Investigating Devonian trees as geo-engineers of past climates: Linking palaeosols to palaeobotany and experimental geobiology / J. L. Morris, J. R. Leake, W. E. Stein, Ch. M. Berry, J. E. A. Marshall, Ch. H. Wellman, J. A. Milton, S. Hillier, F. Mannolini, J. Quirk, D. J. Beerling // Palaeontology. 2015. Vol. 58. Part 5. P. 787–801.

Piepjohn K., Dallmann W. K. Stratigraphy of the uppermost Old Red Sandstone of Svalbard (Mimerdalen Subgroup) // Polar Res. 2014. Vol. 33, Iss. 1. Article 19998.

Retallack G. J. Early forest soils and their role in Devonian global change // Science. 1997. Vol. 276, Iss. 5312. P. 583–585.

ГЛЯЦИОМОРСКАЯ СЕДИМЕНТАЦИЯ НА АРХИПЕЛАГЕ ШПИЦБЕРГЕН: ОТ МАЛОГО ЛЕДНИКОВОГО ПЕРИОДА К СОВРЕМЕННОСТИ

Н. И. Мещеряков[1]✉, И. С. Усягина[1], О. В. Кокин[1,2], Е. А. Сухих[1,2], Н. С. Иванова[1], А. А. Намятов[1], И. В. Рыжов[3], А. Л. Никулина[3]

[1]Мурманский морской биологический институт РАН, г. Мурманск, Россия
[2]Геологический институт РАН, г. Москва, Россия
[3]Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, г. Санкт-Петербург, Россия
mescheriakov@mmbi.info

Гляциоморская седиментация обычно рассматривается как процесс, где ледниковые фронты выступают главными поставщиками терригенного материала. Такое представление сложилось в основном по данным, полученным во второй половине XX–начале XXI века, когда темпы седиментации у фронтов выводных ледников Шпицбергена достигали первых сантиметров в год, а объемы поступающего материала на порядок превышали фоновые значения открытого шельфа (Elverhøi et al., 1983; The physical …, 2002). Однако вопрос о том, было ли это характерно для всего позднего голоцена, включая Малый ледниковый период, до недавнего времени оставался открытым. Новые высокоразрешающие геохронологические и литологические данные по заливу Билле-фьорд (Szczuciński et al., 2009; Meshcheriakov, 2025) показывают, что современная лавинная седиментация у ледниковых фронтов – это относительно недавнее явление, которое характеризуется непостоянством и приурочено в первую очередь к климату. При этом в Малом ледниковом периоде эти же обстановки характеризовались фоновыми темпами седиментации, сопоставимыми с открытым шельфом.

Подобные утверждения четко демонстрирует высокоразрешающая стратиграфия колонок донных отложений, полученных из проксимальной (бухта Адольфа) и дистальной зоны ледника Норденшельда (залив Билле-фьорд). Датирование осадочных слоев по избыточному ^{210}Pb с верификацией по техногенному ^{137}Cs (Sanchez-Cabeza, Ruiz-Fernández, 2012) позволило восстановить хронологию осадконакопления за последние 100–150 лет с дискретностью 1–2 см. В Малый ледниковый период, до рубежа XIX–XX веков, значения линейной скорости седиментации в проксимальной зоне составляли около 0.07 см/год, а массовой скорости аккумуляции – около 0.1 г/см^2/год. В дистальной зоне скорости были еще ниже – около 0.02 см/год. Эти значения сопоставимы с показателями, установленными для центральной части Ис-фьорда (Forwick, Vorren,

2009), удаленной от фронта ледника примерно на 50 км, и открытых участков шельфа в районе желоба Франц-Виктории (Северная …, 2025). В этот период времени он в основном аккумулировал осадочный материал, являясь «криогенным буфером» (пассивным накопителем), консервирующим осадочный материал в своей толще.

С начала XX века начинается медленный рост темпов седиментации. В проксимальной зоне значения линейной скорости седиментации (SAR) к 1930-м гг. достигают 0.1 см/год, массовой скорости седиментации (MAR) – 0.15–0.2 г/см^2/год. В дистальной зоне изменения остаются незначительными. Этот этап соответствует началу деградации ледникового фронта, но «криогенный буфер» еще сохраняет устойчивость. Середина XX века ознаменовалась скачкообразным ростом. В это время в проксимальной зоне значения SAR достигают 0.3–0.4 см/год, MAR – более 0.4 г/см^2/год. В дистальной зоне эти значения приближаются к 0.1 см/год. Именно с этого момента ледниковый фронт начинает работать как активный источник осадочного материала. К концу XX–началу XXI века в проксимальной зоне SAR составляет 0.5–1.2 см/год, MAR – 0.6–0.9 г/см/год. В дистальной зоне SAR находится в пределах 0.2–0.39 см/год, в то время как MAR достигает значений около 0.25 г/см^2/год. Таким образом, относительно Малого ледникового периода в проксимальной зоне ледника Норденшельда наблюдается более чем порядковое увеличение темпов седиментации, в дистальной – многократное.

Таким образом, гляциоморская седиментация в ее современном виде с характерными высокими темпами аккумуляции у ледниковых фронтов является относительно недавним явлением, проявившимся только к середине XX века. Современные темпы седиментации у ледниковых фронтов Шпицбергена, достигающие 1 см/год и более, не были свойственны для Малого ледникового периода и стали возможны в результате пороговой деградации криогенных буферов. Следует отметить, что деградация началась в XX веке, однако лавинные значения в проксимальных зонах стали возможны только ко второй половине XX века. В Малом ледниковом периоде криогенные буферы архипелага Шпицберген были пассивными, а их переход в активное состояние стал следствием пороговой деградации криосферы под влиянием потепления.

Авторы благодарят зимовочный состав Российской арктической экспедиции на Шпицбергене (ААНИИ) за организацию и обеспечение доставки научной группы к фронту ледника Норденшельда; особая признательность главному механику С. Н. Ваганову за ремонт снегоходной техники в любое время суток в экстремально суровых условиях Арктики. Искренняя благодарность коллегам и заместителю директора по науке к.г.н. Д. В. Моисееву Мурманского морского биологического института РАН за поддержку и помощь в проведении экспедиций на архипелаг.

Работа (анализ и новая интерпретация данных), выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда [проект № 25-27-00616, ММБИ РАН «Радиоизотопные исследования донных отложений залива Грён-фьорд (Шпицберген) как инструмент палеоклиматической реконструкции после Малого ледникового периода»].

Список литературы

Северная окраина Баренцевоморского шельфа после Малого ледникового периода: изменчивость кромки дрейфующих льдов и динамика седиментации / Г. В. Ильин, Н. И. Мещеряков, И. С. Усягина, О. В. Кокин // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2025. Т. 65, № 2. С. 295–314.

Elverhøi A., Lønne Ø., Seland R. Glaciomarine sedimentation in a modern fjord environment, Spitsbergen // Polar Res. 1983. Vol. 1. P. 127–149.

Forwick M., Vorren T. O. Late Weichselian and Holocene sedimentary environments and ice rafting in Isfjorden, Spitsbergen // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2009. Vol. 280, no. 1–2. P. 258–274.

Meshcheriakov N. I. Influence of climate change on sedimentation processes of the Spitsbergen Archipelago in the Late Holocene (by the Example of the Little Ice Age and Modern Warming) // Stratigr. Geol. Correl. 2025. Vol. 33, no. 6. P. 766–780.

Sanchez-Cabeza J. A., Ruiz-Fernández A. C. ^{210}Pb sediment radiochronology: an integrated formulation and classification of dating models // Geochim. Cosmochim. Acta. 2012. Vol. 82. P. 183–200.

Szczuciński W., Zajączkowski M., Scholten J. Sediment accumulation rates in subpolar fjords – Impact of post-Little Ice Age glaciers retreat, Billefjorden, Svalbard // Estuarine, Coastal and Shelf Sci. 2009. Vol. 85, no. 3. P. 345–356.

The physical environment of Kongsfjorden–Krossfjorden, an Arctic fjord system in Svalbard / H. Svendsen, A. Beszczynska-Møller, J. O. Hagen, B. Lefauconnier, V. Tverberg, S. Gerland, J. Børre Ørbæk, K. Bischof, C. Papucci, M. Zajaczkowski, R. Azzolini, O. Bruland, C. Wiencke // Polar Res. 2002. Vol. 21, no. 1. P. 133–166. URL: https://doi.org/10.3402/polar.v21i1.6479

ФИТОПЛАНКТОН И ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ В ИС-ФЬОРДЕ И ГРЁН-ФЬОРДЕ (ЗАПАДНЫЙ ШПИЦБЕРГЕН)

А. А. Намятов[1]✉, Н. К. Алексеева[2], Я. В. Швед[2,3], А. Л. Никулина[2], Т. Н. Еремейко[2], А. Е. Новихин[2], И. В. Токарев[4]

[1]Мурманский морской биологический институт РАН, г. Мурманск, Россия
[2]Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, г. Санкт-Петербург, Россия
[3]Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, г. Москва, Россия
[4]Горный университет императрицы Екатерины II, г. Санкт-Петербург, Россия
namyatov@mmbi.info

Согласно современным гипотезам, таяние ледников способно изменять биологическую продуктивность прилегающих морских акваторий. Архипелаг Шпицберген служит удобным полигоном для проверки этой гипотезы, поскольку более 60 % площади Западного Шпицбергена покрыто пульсирующими ледниками (van der Kamp et al., 2025). Исследования были проведены в Грён-фьорде и Ис-фьорде (Западный Шпицберген).

Тип окончания ледника определяет характер его воздействия на экосистему.

- Ледники с морским окончанием (заканчивающиеся в море) вызывают подледное таяние, которое приводит к апвеллингу, выносящему биогенные элементы в эвфотический слой и стимулирующему продуктивность фитопланктона, особенно диатомей (Shifting …, 2025).
- Ледники с наземным окончанием (заканчивающиеся на суше) связаны с прекращением апвеллинга по мере отступания ледника; в таких условиях доминируют мелкие миксотрофные жгутиконосцы – индикаторы регенерационной продукции и среды с низким содержанием биогенных элементов (Shifting …, 2025).

В Билле-фьорде (восточный рукав Ис-фьорда) после раскола ледника в 2017 г. присутствуют оба типа окончания (van der Kamp et al., 2025). В Грён-фьорд, напротив, ледников с морским окончанием нет (https://doi.org/10.5904/wgms-fog-2026-02-10).

Несмотря на многочисленные исследования ледников Шпицбергена и их отступания, до недавнего времени было мало известно о влиянии ледников с различными типами окончания на морские сообщества. Двухлетнее исследование планктона в Конгс-фьорде (Kongsfjorden, Западный Шпицберген) показало, что изменяющиеся условия среды привели к различиям в весеннем цветении: в 2019 г. (атлантические воды, малая ледовитость) доминировала *Phaeocystis pouchetii*, тогда как в 2020 г. (холодные воды, обширный ледовый покров) – диатомеи. Цветение диатомей обеспечивало более эффективный перенос трофической энергии и экспорт углерода (Seasonal …, 2023).

Цель исследования – провести изучение фитопланктона, первичной продукции в водах, прилегающих к ледникам (с различными типами окончания), а также сравнить их с водами, окружающими архипелаг Шпицберген.

Расчет первичной продукции по потреблению биогенов требует измерений в начале (до фотосинтеза) и в максимуме вегетационного сезона. Методика расчета и результаты верификации подробно описана в работах (Parameter …, 2023; Hydrochemical …, 2023; Evaluation …, 2025).

Исследование проведено в Ис-фьорде и Грён-фьорде в апреле (до начала фотосинтеза) и августе (максимум развития фотосинтеза). В апреле 2024 г. отбор проб выполнялся со льда из-за припая.

Полевые работы выполнялись в Грён-фьорде в апреле 2024–2025 гг. и августе 2022–2025 гг.; Ис-фьорде в апреле 2025 г. и августе 2023 и 2025 гг.

На каждой станции проводили CTD-зондирование (температура, соленость) и отбор проб на биогенные элементы (5–6 горизонтов). Пробы фитопланктона отбирались в августе 2024 и 2025 гг. в обоих фьордах.

Концентрации биогенных элементов и определение фитопланктона проводились в лаборатории Российского нучного центра на Шпицбергене. Изотопный параметр $\delta^{18}O$ определялся частично на Picarro L2130-i в Научном парке СПбГУ, частично – расчетным путем.

В обоих исследованных фьордах влияние близлежащих ледников проявляется через усиление стратификации вод, вызванное поступлением талых ледниковых вод в верхний слой, что вызывает следующие экологические последствия:

- Слабовыраженный (или полное отсутствие) глубинный апвеллинг биогенных элементов.
- Кремний поступает в эвфотический слой за счет ледникового стока и реминерализации (~ 40–45 %), его относительное потребление во фьордах выше (65–66 %), чем в прилегающих водах Гренландского моря (47 %).
- Фосфор демонстрирует слабый приток (~ 10 %), потребление варьирует от 47 до 70 %.
- Азот, напротив, выносится из эвфотического слоя (~ 35 %), а его потребление достигает 82–97 %, что указывает на азот как лимитирующий элемент.
- В обоих фьордах доминирование флагеллят.

Несмотря на стратифицированность вод, уровень первичной продукции не снижается по сравнению с открытым морем. Первичная продукция во фьордах, оцененная по потреблению кремния (полная продукция сообщества), составила в среднем 73±20 гС/м^2/год, что сопоставимо с величиной в прилегающих водах Гренландского моря (77.8±4.7 гС/м^2/год). «Новая» продукция (по азоту) была ниже – около 39±4 гС/м^2/год. В конце вегетационного периода экосистемы фьордов находятся в равновесии между внешним поступлением азота и его внутренней регенерацией.

В исследованных фьордах влияние близлежащих ледников реализуется через усиление стратификации вод, обусловленное поступлением пресного ледникового стока. Это приводит к ослаблению или отсутствию глубинного апвеллинга биогенов. Однако указанные процессы не снижают первичную продукцию по сравнению с открытым морем. Азот остается лимитирующим элементом, а в фитопланктоне доминируют динофлагелляты. В конце вегетационного периода экосистемы фьордов находятся в равновесии между внешним поступлением азота и его внутренним оборотом.

Список литературы

Evaluation of the Abiotic components of the nutrient balance in the Barents Sea and its influence on primary production / A. Namyatov, P. Makarevich, I. Pastukhov, V. Vodopyanova // Water. 2025. Vol. 17, Iss. 23. Article 3358. URL: https://doi.org/10.3390/w17233358

Hydrochemical basis of marine waters biological productivity, surrounding Svalbard archipelago / A. Namyatov, P. Makarevich, I. Tokarev, I. Pastuhov // Biol. Commun. 2023. Vol. 68, Iss. 1. P. 30–48. URL: https://doi.org/10.21638/spbu03.2023b.104

Parameter $\delta^{18}O$ in the marine environment ecosystem studies on the example of the Barents Sea / A. Namyatov, P. Makarevich, E. Druzhkova, I. Pastukhov // Water. 2023. Vol. 15, Iss. 328. URL: https://doi.org/10.3390/w15020328

Seasonal plankton dynamics in Kongsfjorden during two years of contrasting environmental conditions / P. Assmy, A. C. Kvernvik, H. Hop, C. J. M. Hoppe, M. Chierici, D. T. Divya, P. Duarte,

A. Fransson, L. M. García, W. Patuła, S. Kwaśniewski, M. Maturilli, O. Pavlova, A. Tatarek, J. M. Wiktor, A. Wold, K. K. E. Wolf, A. Bailey // Progr. Ocean. 2023. Vol. 213. Article 102996. URL: https://doi.org/10.1016/j.pocean.2023.102996

Shifting phytoplankton ecological strategies along a continuum of tidewater glacier retreat / P. White, E. Bertrand, J. Spence, M. Cavaco, C. Parrott, S. Waterman, E. Rowland, M. E. Roberts, T. Noah, T. Mellett, D. Hallé, A. K. Hamilton, M. Randelle, D. Didier, M. Bhatia // ISME Commun. 2025. Vol. 5, Iss. 1. Article ycaf045. URL: https://doi.org/10.1093/ismeco/ycaf045

van der Kamp A. A. W., Triginer V. G., Sen A. Billefjorden's benthic biodiversity: the impact of glacier retreat on faunal communities in a high Arctic fjord // Polar Biol. 2025. Vol. 48, no. 3. Article 71. URL: https://doi.org/10.1007/s00300-025-03390-w

СОДЕРЖАНИЕ НЕКОТОРЫХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ВОДЕ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

М. А. Новиков[1,2]✉, А. М. Лаптева[1]

[1]Полярный филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ПИНРО им. Н. М. Книповича), г. Мурманск, Россия
[2]Мурманский арктический университет, г. Мурманск, Россия
mnovik@pinro.vniro.ru

Металлы, наряду с другими микроэлементами, являются важнейшей составляющей частью химического состава морской воды и донных отложений, играющих существенную роль в метаболизме гидробионтов. Последние вносят значительный вклад в круговорот химических элементов, обогащая взвешенное вещество и донные осадки, избирательно накапливая некоторые из них. В то же время избыточное содержание ряда тяжелых металлов и такого элемента как мышьяк может оказывать токсическое воздействие на живые организмы, поэтому контроль за содержанием этих веществ является неотъемлемой задачей регулярного экологического мониторинга Баренцева моря.

Исследованная в нашей работе часть Баренцева моря заполнена, главным образом, арктической водной массой и примыкающими к ней с юга собственно баренцевоморскими водами – трансформированными водами атлантического происхождения. На границе этих водных масс формируется особая фронтальная зона, имеющая специфический химический состав (Воды …, 2016; Новиков, Драганов, 2017, 2018). Северная часть Баренцева моря характеризуется сложнорасчлененным рельефом с чередованием в долготном направлении мелководных (Шпицбергенский шельф, возвышенность Персея, Северо-Восточное плато и др.) и глубоководных участков (впадина и желоб Альбанова, желоба Короля Карла, Персея, Седова и др.). Донные осадки западной части этого района сложены преимущественно песчанистым илом, в желобах донные осадки представлены илом и глинистым илом. В восточной части района значительная часть дна также покрыта песчанистым илом с большим количеством гальки, гравия и прочего грубообломочного материала. На глубинах до 150–180 м на поверхности банок и плато преобладает илистый песок.

Материал для исследования собирался в ходе морских экспедиций Полярного филиала ВНИРО на НИС «Вильнюс» и «Профессор Бойко» в различные сезоны 2012–2025 гг. Пробы воды отбирали батометром Нискина в придонном слое, донные осадки – дночерпателем ван-Вина. Для химического анализа использовали верхний 2-сантиметровый слой осадков. Всего на содержание тяжелых металлов и общего мышьяка в указанный период обработано 53 пробы воды и 43 пробы донного осадка с условием расположения станций в пределах акватории Баренцева моря севернее 74° с. ш. Содержание микроэлементов в воде и донных осадках определяли методом атомно-абсорбционной спектрометрии в Лаборатории химико-аналитических исследований (ПИНРО) на спектрофотометре

AA-6800 (Shimadzu, Япония) в соответствии с принятыми методическими руководствами. На каждой станции при отборе проб отмечали глубину.

Диапазон глубины станций отбора проб – 78–405 м (в среднем – 218 м). Согласно результатам выполненного исследования, средняя концентрация общего As в придонном слое воды северной части Баренцева моря составила 0.235 мкг/л, Zn – 7.68, Cr – 1.836, Cu – 1.035, Ni – 0.495, Co – 0.224, Pb – 0.115, Cd – 0.042 и Hg – 0.021 мкг/л. Выявленные концентрации микроэлементов являются не высокими и укладываются в рамки предельно допустимых значений для воды рыбохозяйственных водоемов (Приказ …, 2025). Статистический анализ данных не выявил связи глубины станций отбора проб, а также значений широты с концентрацией микроэлементов в исследованной воде. Вместе с тем обнаружена значимая отрицательная корреляция (по Пирсону) концентраций Ni и Cr с изменением долготы станций отбора (R_{Ni} = –0.46, p = 0.001; R_{Cr} = –0.42, p = 0.002). Таким образом, отмечено снижение содержания Ni и Cr в воде при продвижении с запада на восток.

Среднее содержание общего As в донных осадках района исследований составило 13.54 мкг/г сухой массы, Zn – 68.49, Cr – 32.78, Cu – 16.99, Ni – 17.49, Co – 11.12, Pb – 11.13, Cd – 0.10 и Hg – 0.06 мкг/г сухой массы. Отмеченный уровень содержания Cu, Ni, Cr, Pb и Co в донных осадках был заметно ниже кларковых значений по критерию UCC (верхняя континентальная кора), Zn, Cd и Hg – примерно равно кларку, а As – более чем в 2 раза выше кларка, положительно аномальное. Важно, что приведенные величины для Co и Pb почти равны, как и кларковые. Рассчитанные значения геохимического диапазона содержания изученных микроэлементов по убыванию располагаются в ряду: Cd>Hg>Cr>As>Co>Cu>Ni>Pb>Zn. Эти данные хорошо согласуются с известными значениями, представленными в научной литературе (Касимов, Власов, 2015). Связь глубины отбора проб с содержанием микроэлементов в донных осадках не прослеживается: наибольшие коэффициенты корреляции отмечены для As (R = 0.31) и Hg (R = –0.31) при p > 0.05. Вместе с тем обнаружена значимая отрицательная корреляция содержания Ni и Cr с изменением долготы (R_{Ni} = –0.56, p = 0.000; R_{Cr} = –0.39, p = 0.021). Характерно, что такая же картина описана выше для придонного слоя воды. Это, безусловно, не случайно. Следует предположить, что в северо-западной части Баренцева моря имеется источник поступления Ni и Cr в придонные слои воды, вероятно, в виде взвеси. Это согласуется с известными данными, что взвешенное вещество поступает в Баренцево море, в частности, с севера из котловины Нансена через краевые желоба Франц-Виктория и Орла (Стурё) (Латеральные …, 2018).

В заключение следует отметить, что полученные нами результаты свидетельствуют о фоновом уровне содержания изученных микроэлементов в воде и донных осадков Баренцева моря. Присутствие микроэлементов в верхнем слое донных осадков обусловлено, главным образом, поступлением взвеси из придонного слоя воды. Содержание Cd и Hg варьирует в очень широком диапазоне, но в среднем оценивается на уровне кларка. Однако высокая токсичность этих тяжелых металлов при такой вариабельности содержания создает определенные риски для водных экосистем. Ранее авторами отмечена способность морских рыб накапливать значительное количество Cd в печени, что может быть важным источником их последующего возвращения в среду обитания (Новиков и др., 2024). Известно также, что при осаждении в морской воде фосфатов захватываются большие количества Cd (Исидоров, 2001). Высокое содержание общего As в донных осадках связано с большим вкладом органического As, фактически заменой $As_{неорг}$ горных пород на $As_{орг}$ в водной экосистеме. Это свидетельствует о большой физиологической роли этого микроэлемента в жизни гидробионтов.

Список литературы

Воды Баренцева моря: структура, циркуляция, изменчивость / В. К. Ожигин, В. А. Ившин, А. Г. Трофимов, А. Л. Карсаков, М. Ю. Анциферов. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2016. 260 с.

Исидоров В. А. Экологическая химия. СПб.: Химиздат, 2001. 304 с.

Касимов Н. С., Власов Д. В. Кларки химических элементов как эталоны сравнения в экогеохимии // Вестн. Моск. гос. ун-та. Сер. 5. География. 2015. № 2. С. 7–17.

Латеральные потоки взвешенного вещества на разрезе «Кольский меридиан» / М. В. Митяев, М. В. Герасимова, Л. Г. Павлова, Е. И. Дружкова // Тр. Кольского науч. центра РАН. 2018. Т. 4(9). Сер. Океанология. Вып. 5. С. 109–117.

Новиков М. А. Драганов Д. М. Пространственное распределение показателей загрязнения водных масс Баренцева моря // Водные ресурсы. 2017. Т. 44, № 5. С. 583–589.

Новиков М. А., Драганов Д. М. Загрязнение воды и донных отложений области Полярного фронта Баренцева моря тяжелыми металлами // Вестн. Мурм. гос. тех. ун-та. 2018. Т. 21, № 1. С. 150–159.

Новиков М. А., Горбачева Е. А., Харламова М. Н. Содержание кадмия в промысловых рыбах Баренцева моря (по многолетним данным) // Тр. ВНИРО. 2024. Т. 198. С. 87–99.

Приказ Федерального агентства по рыболовству № 296 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» от 26.05.2025 г. (Зарегистрировано в Минюсте России 2 июня 2025 г. № 82497).

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ АРКТИКИ НА БИОМАССУ ИНФАУННОГО ЗООБЕНТОСА ХОЛОДНОВОДНОГО ПРОЛИВА СТУР-ФЬОРД (ЮГО-ВОСТОЧНЫЙ ШПИЦБЕРГЕН)

Л. В. Павлова

Мурманский морской биологический институт РАН, г. Мурманск, Россия
pavlova_l@mmbi.info

Арктические регионы подвержены влиянию 60–80-летних циклических атмосферных процессов (The recent …, 2001), изменяющих среду обитания и вызывающих биологическую реакцию экосистем. Пролив Стур-фьорд на юго-востоке Шпицбергена – чувствительный к изменениям климата район, на который сильно влияет холодная и более пресная арктическая вода и меньше – теплая и соленая атлантическая. В рамках изучения устойчивости арктических прибрежных морских экосистем к естественным циклическим изменениям климата исследована изменчивость биомассы глубоководной (более 70 м) донной инфауны холодноводного бассейна пролива за почти 95-летний период. Были использованы опубликованные данные по биомассе бентоса, собранного во внутреннем бассейне пролива (от вершины до мелководного порога) в 1925 г. (Броцкая, 1930) и 2017–2019 гг. (Sublittoral …, 2025). В этот временной промежуток на экосистему Стур-фьорда повлияли два периода похолодания Арктики (1900–1929 и 1960–1988 гг.) и два периода потепления (1930–1959 гг. и с 1989 г.–по настоящее время). В задачи исследования также входил анализ изменчивости таких факторов окружающей среды как характеристики донных отложений, температура и соленость придонной воды, продолжительность ледового покрова, предполагаемая длительность цветения ледовых и фитопланктонных микроводорослей. В разные периоды исследования для сбора материала использовались дночерпатели со сходной площадью отбора проб (0.1 м^2) и промывочные сита разного размера (1.5 мм в 1925 г. и 0.5 мм в 2017–2019 гг.). Поэтому данные 2017–2019 гг. были стандартизированы для сита с размером ячеи 1.5 мм путем деления на поправочный коэффициент (1.044), рассчитанный на основе оценки селективности промывочных сит различного размера ячеи (Любин, 2016).

Среди проанализированных факторов окружающей среды наиболее заметные, статистически значимые, изменения в разные климатические периоды наблюдались в продолжительности ледового покрова и тесно связанной с ней предполагаемой длительностью цветения ледовых водорослей и фитопланктона, а также в характеристиках осадка, таких как цвет, который зависит, в том числе, от объема и/или вида терригенного стока (Тарасов, 2013). Термохалинные характеристики вод в бассейне Стур-фьорда, изолированном мелководным порогом, по-видимому, мало изменяются в разные фазы климатических колебаний.

В 1925 году (холодный период) было обнаружено, что фауна бассейна Стур-фьорда довольно однообразна по видовому составу, но внутренняя и внешняя части четко различаются по степени доминирования в биомассе двух таксономических групп – двустворчатых моллюсков и полихет. В северной внутренней части бассейна на глубине 78–130 м была описана ассоциация Bivalvia со средней биомассой 260±67 г/м^2, в южной внешней части на глубине 80–163 м – ассоциация Polychaeta со средней биомассой 126±26 г/м^2. С тех пор климатические изменения в Арктике не оказали существенного влияния на дифференциацию фауны холодных вод внутреннего бассейна Стур-фьорда на две ассоциации в сходных диапазонах глубины. В 2017–2019 годах (теплый период) наблюдалось небольшое увеличение площади, занимаемой ассоциацией многощетинковых червей, по сравнению с холодным периодом начала XX века. Также выявлено, что в теплый период контраст в биомассе между бентосными ассоциациями менее выражен (соответственно, 229±23 и 178±20 г/м^2), чем в холодный период. Такая динамика биомассы, вероятно, отражает временную изменчивость количества органического вещества различного происхождения, поступающего на дно в разных частях Стур-фьорда. Из-за противофазного изменения биомассы в ассоциациях в разные климатические периоды средние значения биомассы в бассейне изменялись незначительно (181±37 г/м^2 – 1925 г. и 200±17 г/м^2 – 2017–2019 гг.).

Структура доминирования бентоса по биомассе в ассоциациях двустворчатых моллюсков и полихет, так же, как и распространение и биомасса нескольких ключевых видов бентоса, показали ограниченную реакцию на изменения окружающей среды. В последнюю теплую фазу Арктики значимо снизился вклад в общую биомассу иглокожих в ассоциации Bivalvia (с 24 до 7 %) и увеличился вклад двустворчатых моллюсков в ассоциации Polychaeta (с 12 до 25 %). Также выявлено повсеместное снижение процентной доли группы, объединяющей сипункул и приапулид («гефереи» в работе В. А. Броцкой) – с 5–14 % в начале XX века до 1–2 % в начале XXI века. В ассоциации Bivalvia двустворчатые моллюски, преобладавшие по биомассе в 1925 г. (*Tridonta borealis*, *T. montagui*, *Ennucula tenuis* и *Nuculana pernula*) уступили доминирование моллюску *Yoldia hyperborea*, хорошо переносящему седиментологический стресс и обычно массовом на глубинах менее 50 м, а также полихете *Maldane sarsi*. В ассоциации Polychaeta виды, доминирующие по биомассе (*Ctenodiscus crispatus, Amphiura sundevalli, Ophiocten sericeum, M. sarsi*), продемонстрировали устойчивость к чередующимся климатическим фазам Арктики за последние 95 лет. Отмеченные в 2017–2019 гг. изменения могли произойти в результате комплексного влияния ряда факторов, из которых наиболее важными могут быть возросшая седиментация минеральной взвеси, скорость осаждения которой в Стур-фьорде возрастает в теплые периоды Арктики и снижается в холодные (Мещеряков и др., 2023), а также изменение продолжительности вегетации ледовых и планктонных микроводорослей. Бентос внешней части бассейна Стур-фьорда показал бóльшую устойчивость к климатических колебаниям. Немаловажную роль в этом сыграла экологическая и трофическая пластичность наиболее распространенных и массовых видов зообентоса.

Данное исследование продемонстрировало высокую устойчивость донных сообществ арктических вод к циклическим изменениям Арктики и отсутствие у них крупных структурных перестроек. Работа проводилась в рамках реализации тематического плана Мурманского морского биологического института РАН.

Список литературы

Броцкая В. А. Материалы по количественному учету донной фауны Стурфиорда (Восточный Шпицберген) // Тр. Плавучего мор. науч. ин-та. 1930. Т. 4, вып. 3. С. 47–62.

Любин П. А. Сравнительный анализ селективности методов промывки количественных проб бентоса, применявшихся в исследованиях на разрезе «Кольский меридиан» // Тр. Кольского науч. центра РАН. 2016. Т. 2(36). Сер. Океанология. Вып. 3. С. 43–64.

Мещеряков Н. И., Усягина И. С., Ильин Г. В. Хронология современного осадконакопления в проливе Стур-фьорд (архипелаг Шпицберген) // Геохимия. 2023. Т. 68(5). С. 521–532.

Тарасов Г. А. Особенности седиментологических исследований в Арктике // Тр. Кольского науч. центра РАН. 2013. Т. 1(14). Сер. Океанология. Вып. 1. С. 79–95.

Sublittoral macrobenthic communities of Storfjord (Eastern Svalbard) and Factors influencing their distribution and structure / L. V. Pavlova, A. G. Dvoretsky, A. A. Frolov, O. L. Zimina, O. Yu. Evseeva, D. R. Dikaeva, Z. Yu. Rumyantseva, N. N. Panteleeva, E. A. Garbul // Animals. 2025. Vol. 15(9). Article 1261.

The recent increase in Atlantic hurricane activity: Causes and implications / S. B. Goldenberg, C. W. Landsea, A. M. Mestas-Nunez, W. M. Gray // Science. 2001. Vol. 293. P. 474–479.

ГИДРОИДЫ И ГИДРОМЕДУЗЫ (CNIDARIA, HYDROZOA) ЗАЛИВА ГРЁН-ФЬОРД (ЗАПАДНЫЙ ШПИЦБЕРГЕН). ВОПРОСЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Н. Н. Пантелеева

Мурманский морской биологический институт РАН, г. Мурманск, Россия
panteleeva@mmbi.info

Гидроидные (Cnidaria, Hydrozoa) – преимущественно морские беспозвоночные животные, представленные в основном колониальными прикрепленными бентосными организмами. В жизненном цикле некоторых из них присутствует стадия развития в виде свободноплавающей медузы, имеющая функцию полового размножения, а также несущая функцию расселения. У большинства видов стадия медузы в разной степени редуцирована от прикрепленных медузоидов до гонофоров с половыми продуктами и созреваемыми внутри личинками. Такая редукция способствует более успешному воспроизведению и сохранению потомства, но ограничивает расселение. Колонии гидрополипов близких видов, развивающиеся в сходных условиях, схожи по внешним признакам, поэтому корректная видовая идентификация проводится в основном по фертильным колониям (находящимся в репродуктивной стадии). Корректная видовая идентификация медузообразующих видов сложнее, поскольку проводится в основном по признакам медуз, часто только взрослых. Учитывая, что во времена описательной зоологии гидроиды (гидрополипы) и гидромедузы в основном были описаны отдельно (как разные виды), сведение их в единую систему до сих пор преставляет определенные трудности. Еще есть виды гидромедуз с неустановленной полипоидной стадией и гидрополипы с неизвестной медузоидной. Однако благодаря новым современным молекулярно-генетическим методам эта проблема постепенно решается.

Район архипелага Шпицберген, находящийся на стыке теплых атлантических и холодных арктических вод и обладающий разнообразной фауной, представляет собой удобный полигон для исследований в этом направлении. Учеными Мурманского морского биологического института РАН с 1995 по 2021 гг. в ходе морских и береговых экспедиций, особенно на базе открытой в 2001 г. в Баренцбурге (Шпицберген) геобиологической станции ММБИ, собран богатый материал по исследованию фауны залива Грён-фьорд, в частности гидроидов и гидромедуз.

Так, с учетом последних изменений в систематике Hydrozoa в заливе Грён-фьорд к настоящему времени идентифицировано 30 видов гидроидных (гидроидов и гидромедуз), что составляет более 20 % сводного списка видов этой таксономической группы, зарегистрированных в прибрежных водах архипелага Шпицберген (The marine …, 2004); **Bougainvillia superciliaris* (L. Agassiz, 1849), ***Euphysa flammea* (Linko, 1904),***Catablema vesicarium* (A. Agassiz, 1862) (syn. *Catablema vesicaria*), *Perigonimus yoldia-arcticae* (Birula, 1897) (syn. *Halitholus yoldia-arcticae*), **Halitholus cirratus* Hartlaub, 1914, *Eudendrium vaginatum* Allman,1863, **Sarsia lovenii* (M. Sars, 1846) (syn. *Coryne loveni*), **Sarsia occulta* Edwards, 1978, *Sarsia tubulosa* (M. Sars, 1835), **Sarsia princeps* (Haeckel, 1879), *Campanularia volubilis* (L., 1758), *Orthopyxis integra* (McGillivray, 1842), *Gonothyraea loveni* (Allman, 1859), **Obelia geniculata* (L., 1758), **Obelia longissima* (Pallas, 1766), *Rhizocaulus verticillatus* (L., 1758), *Calycella syringa* (L., 1767), *Opercularella lacerata* (Johnston, 1847), *Ptychogena crocea* Kramp & Damas,1925 (syn. Modeeria = *Stegopoma plicatile*), *Tetrapoma quadridentata* (Hincks, 1874), *Lafoeina maxima* Levinsen,

1893, **Halopsis ocellata* A. Agassiz, 1863, *Lafoea fruticosa* (M. Sars, 1850), *Halecium muricatum* (Ellis et Solander, 1786), *Abietinaria abietina* (L., 1758), *Sertularia albimaris* Mereschkowsky, 1878, *Sertularia cupressoides* Clark, 1877, *Sertularia tenera* G. O. Sars, 1874, *Sertularella rugosa* (L., 1758), *Symplectoscyphus tricuspidatus* (Alder, 1856). Из них 11 видов имеют в своем жизненном цикле свободноплавающих медуз (отмечены одной звездочкой) либо представлены гидромедузами (отмечены двумя звездочками) с неизвестной до сих пор полипоидной стадией развития. Так недавно по данным молекулярно-генетических исследований (Odd …, 2023) выяснилось, что колонии *Lafoeina tenuis* M. Sars in G. O. Sars, 1874, зарегистрированные ранее в Грён-фьорде (Донные …, 2005; Пантелеева, 2008, 2018), являются полипоидной стадией гидромедузы *Halopsis ocellata*, также отмеченной ранее в Грён-фьорде (Пантелеева, 2008, 2011). И, по правилам Международного кодекса зоологической номенклатуры (2004), вид *L. tenuis* признан младшим синонимом вида *H. ocellata.* Также вполне вероятно, что гидроиды из Грён-фьорда, отмеченные как *Perigonimus yoldia-arcticae* (условный сборный «вид», идентифицируемый по медузоидной стадии) могут оказаться полипоидной стадией распространенных здесь медуз *Halitholus cirratus* или *Catablema vesicarium*. Ввиду отсутствия в исследуемом регионе медуз *Neoturris pileata* (Forsskal, 1775), имеющих схожую полипоидную стадию, нельзя идентифицировать этих гидроидов под данным именем. Кроме этого в заливе Грён-фьорд периодически встречаются колонии полипов, также требующие дальнейшей видовой идентификации, но условно обозначенные как *Cuspidella* sp. и *Corynidae* gen. sp. Последние похожи на *S. lovenii*, от которых отличаются густым ветвлением и изобильной фрустуляцией. Особый интерес представляет исследование отмеченного здесь и редко встречаемого в природных условиях вида *Sarsia occulta* Edwards, 1978 (Пантелеева, 2025). Есть предположение, что этот «таинственный» (судя по названию) вид – не самостоятельный, а гибридный. Его колонии с промежуточными признаками (почти не отделяющимися медузами, которые созревают на материнской колонии) периодически возникают в результате скрещивания близкородственных видов рода *Sarsia* или разных гаплотипов (медузообразующих и медузоидообразующих) *Sarsia lovenii* (Prudkovsky et al., 1919).

Исследование развития гидроидов семейства Corynidae в природных условиях Грён-фьорда (с богатым видовым составом и коротким летним периодом) посредством натурных наблюдений и сбора живого материала (для анализа ДНК) особенно перспективно для изучения вопроса направления и механизмов видообразования в текущем времени, а также адаптации живых организмов к изменяющимся условиям среды.

Список литературы

Донные биоценозы залива Грён-фьорд (Западный Шпицберген) / Е. А. Фролова, Е. А. Гарбуль, А. В. Гудимов, А. А. Фролов // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 5. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2005. С. 480–499.

Международный кодекс зоологической номенклатуры. Изд. 4-е. Принят Междунар. союзом биол. наук: Пер. с англ. и фр. 2-е исправ. изд. рус. перевода. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2004. 223 с.

Пантелеева Н.Н. Гидроидные (Cnidaria, Hydrozoa) залива Грён-фьорд (Западный Шпицберген) // Природа шельфа и архипелагов европейской Арктики: Матер. Междунар. науч. конф. (Мурманск, 9–11 ноября 2008 г.). М.:ГЕОС, 2008. С. 290–293.

Пантелеева Н. Н. К биоразнообразию экосистем: новые виды беспозвоночных в фауне залива Грён-фьорд (Западный Шпицберген) // Изучение и освоение морских и наземных экосистем в условиях арктического и аридного климата: Матер. Междунар. науч. конф. (6–10 июня 2011 г., г. Ростов-на-Дону). Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2011. С. 308–311.

Пантелеева Н. Н. Гидроиды и гидромедузы прибрежных вод архипелага Шпицберген // Комплексные исследования природы Шпицбергена и прилегающего шельфа: Тез. докл. XIV Всерос. науч. конф. с междунар. участием (г. Мурманск, 30 октября–2 ноября 2018 г.). Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2018. С. 93–95.

Пантелеева Н. Н. Sarsia occulta Edwards, 1978 из Грён-фьорда (Западный Шпицберген) – новый для фауны арктического региона вид гидроидных (Cnidaria, Hydrozoa). Проблема идентификации // Комплексные исследования природы Шпицбергена и прилегающего шельфа. Тез. докл. XVI Междунар. науч. конф., посвященной 100-летию вступления в силу договора о Шпицбергене (г. Мурманск, 23–24 октября 2025 г.). Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2025. С. 82–85.

Prudkovsky A. A., Ekimova I. A., Neretina T.V. A case of nascent speciation: unique polymorphism of gonophores within hydrozoan *Sarsia lovenii* // Sci. Rep. 2019. Vol. 9(1). Article 15567. doi: 10.1038/s41598-019-52026-7

Odd family reunion: DNA barcoding reveals unexpected relationship between three hydrozoan species / L. M. Beckmann, J. J. Soto-Angel, A. Hosia, L. Martell // PeerJ. 2023. Vol. 11. Article e15118. doi: 10.7717/peerj.15118

The marine macro-organisms in Svalbard waters / R. Palerud, B. Gulliksen, T. Brattegard, J.-A. Sneli, W. Valder // A catalogue of the terrestrial and marine animals of Svalbard / P. Prestrud, H. Strøm, H. V. Goldman (Eds.). Tromsø, Norway: Publ. by the Norwegian Polar Institute. Scr. 201. 2004. P. 5–56.

УПРОЩЕННЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ТУРБУЛЕНТНОГО ТЕПЛООБМЕНА ЛЕДНИКА С АТМОСФЕРОЙ В СЕЗОН АБЛЯЦИИ

У. В. Прохорова✉, А. В. Терехов, А. А. Шестакова, Д. Г. Чечин, И. А. Репина, Б. В. Иванов

Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, г. Санкт-Петербург, Россия
uvprokhorova@aari.ru

В исследовании рассмотрена задача оценки турбулентного теплообмена поверхности ледников архипелага Шпицберген с атмосферой в сезон абляции. Несмотря на преобладающую роль коротковолновой радиации в тепловом балансе в летний период (Topographic …, 2006; The surface …, 2014; Расчет …, 2021), турбулентный теплообмен в ряде случаев вносит значительный вклад, будучи тесно связан с экстремальными погодными явлениями (The foehn …, 2022; Heat …, 2023; Svalbard's …, 2025). Учитывая, что оборудование для оценки методом турбулентных пульсаций остается дорогостоящим, а значения в любом случае требуют экстраполяции на весь ледник, целью работы является вывод и верификация упрощенной формулы, позволяющей оценивать поток явного тепла на основе ограниченного набора метеорологических измерений.

В основе предложенного подхода лежит ряд допущений, характерных для сезона абляции: температура поверхности ледника принимается равной 0 °C, а параметры динамической и термической шероховатости – 1 и 0.1 мм соответственно. Это позволяет свести исходные зависимости, основанные на теории подобия Монина–Обухова, к функции двух переменных – температуры воздуха и скорости ветра на высоте 2 м.

Для оценки турбулентного потока явного тепла и сравнения точности различных методов использованы данные натурных измерений на ледниках о. Западный Шпицберген: Альдегонда (13.08–03.09.2022 г., 22 дня) и Западный Грёнфьорд (19.07–18.08.2025 г., 31 день). Данные включали высокочастотные измерения пульсаций скорости ветра и температуры воздуха ультразвуковыми анемометрами Gill WindMaster и AMK-04, а также данные автоматических метеостанций Onset HOBO. Для расчета турбулентных потоков по данным акустического анемометра применялся метод определения интервалов осреднения Change Point Detection (Lord-May, Radić, 2024) и трехмерная коррекция поворота осей, а также стандартные методы удаления выбросов. Расчетным методом оценки потока явного тепла являлся аэродинамический или балк метод, определение коэффициентов обмена производится на основе теории подобия Монина–Обухова (Munro, 1990).

Результаты показывают, что предложенная регрессия демонстрирует сопоставимую с аэродинамическим методом точность: коэффициент корреляции с эталонными измерениями достигает ~ 0.9, среднеквадратичная ошибка – 14–17 Вт/м^2, а систематическая – 1–3 Вт/м^2. При этом

формула выигрывает в вычислительной эффективности, не требуя итерационных процедур. Область применимости метода ограничена принятыми допущениями: он корректен для сезона абляции и ледников с относительно однородной поверхностью.

Список литературы

Расчет составляющих теплового баланса ледника Альдегонда (Западный Шпицберген) в период абляции по данным наблюдений 2019 г. / У. В. Прохорова, А. В. Терехов, Б. В. Иванов, С. Р. Веркулич // Криосфера Земли. 2021. Т. 25, № 3. С. 50–60.

Heat balance of a low-elevated Svalbard glacier during the ablation season: A case study of Aldegondabreen / U. Prokhorova, A. Terekhov, B. Ivanov, V. Demidov // Arctic, Antarctic and Alpine Res. 2023. Vol. 55(1). Article 2190057. DOI: 10.1080/15230430.2023.2190057

Lord-May C., Radić V. Improved processing methods for eddy covariance measurements in calculating sensible heat fluxes at glacier surfaces // J. Glaciol. 2024. Vol. 70. P. e84.

Munro D. S. Comparison of melt energy computations and ablatometer measurements on melting ice and snow // Arctic and Alpine Res. 1990. Vol. 22, no. 2. P. 153–162.

Svalbard's 2024 record summer: An early view of arctic glacier meltdown? / T. V. Schuler, R. E. Benestad, K. Isaksen, H. P. Kierulf, J. Kohler, G. Moholdt, L. S. Schmidt // Proc. Nati. Acad. Sci. USA. 2025. Vol. 122, no. 34. P. e2503806122.

The foehn effect during easterly flow over Svalbard / A. A. Shestakova, D. G. Chechin, C. Lüpkes, J. Hartmann, M. Maturilli // Atmos. Chem. Phys. 2022. Vol. 22, no. 2. P. 1529–1548.

The surface energy balance of Austre Lovénbreen, Svalbard, during the ablation period in 2014 / X. Zou, M. Ding, W. Sun, D. Yang, W. Liu, B. Huai, S. Jin, C. Xiao // Polar Res. 2021. Vol. 40. P. 5318.

Topographic controls on the surface energy balance of a high Arctic valley glacier / N. S. Arnold, W. G. Rees, A. J. Hodson, J. Kohler // J. Geophys. Res.: Earth Surface. 2006. Vol. 111, Iss. F2. Article 02011.

ФОРМИРОВАНИЕ РЕЛЬЕФА ДНА КОЛЬСКОГО ШЕЛЬФА БАРЕНЦЕВА МОРЯ В ПОЗДНЕМ НЕОПЛЕЙСТОЦЕНЕ

М. С. Радченко[1]✉, Д. А. Костин[2]

[1]Морская арктическая геологоразведочная экспедиция, г. Мурманск, Россия
[2]Мурманский арктический университет, г. Мурманск, Россия
radchenko.ms@mage.ru

Современный субаквальный рельеф прилегающей к Кольскому полуострову южной части шельфа Баренцева моря сформирован в результате комплексного воздействия ряда эндогенных и экзогенных процессов: вертикальных неотектонических движений, денудации и аккумуляции. При ведущей роли тектонических факторов – нисходящих блоковых смещений, и значительном вкладе эрозии и денудации, в позднем неоплейстоцене существенное рельефообразующее значение приобретают процессы аккумуляции.

В основу настоящего исследования положены данные непрерывного сейсмоакустического профилирования с цифровой регистрацией, полученные Морской арктической геологоразведочной экспедицией в 2000–2001 гг. в ходе комплексных геофизических работ на Кольско-Канинской моноклинали и в 2003–2004 гг. при изучении акватории с целью подготовки к изданию листов Государственной геологической карты третьего поколения. С тех пор новых материалов, характеризующих четвертичные образования и позволяющих определить генетические формы и возраст рельефа, в южной части шельфа получено не было, и эти данные не утратили актуальности.

Сейсмоакустические профили пересекают основные орографические формы (морфоструктуры) шельфа: Кольский желоб, Рыбачинскую возвышенность, Нордкапский желоб, Мурманскую возвышенность, котловину Самойлова.

Современные глубины моря практически на всей акватории Кольского шельфа заметно превышают 150 м, и лишь узкая прибрежная полоса находится на меньших глубинах. Это означает, что на протяжении позднего неоплейстоцена в эпохи оледенений и связанных с ними регрессий моря субаэральное формирование рельефа происходило лишь на ограниченных по площади прибрежных участках.

Четвертичные отложения на акватории представлены в основном образованиями неоплейстоцена, залегающими с резко выраженным угловым несогласием на денудационной поверхности коренных пород от протерозойского до мелового возраста. В их составе выделяются три сейсмокомплекса (СК): нижне-средненеоплейстоценовый (СК-III), верхненеоплейстоценовый (СК-II), голоценовый (СК-I). По сейсмофациальным особенностям сейсмической записи СК разделяются на ряд сейсмопачек, отождествляемых с стратиграфо-генетическими комплексами (Государственная …, 2007, 2008).

Нижне-средненеоплейстоценовые образования (СК-III) либо заполняют палеоврезы (аллювиально-морские отложения мощностью до 55 м), либо площадные понижения докайнозойского субстрата (ледниково-морские, морские отложения переменной мощности от 2.5 до 24 м), частично выравнивая денудационную поверхность коренных пород и не оказывая существенного влияния на современный рельеф дна.

Верхненеоплейстоценовые образования (СК-II) широко, практически сплошным покровом, распространены на акватории, где они слагают как покровные, так и облекающие формы, а также формы выполнения и аккумулятивные гряды. Мощность их обычно составляет 10–25 м, значительно увеличиваясь в областях ледниково-морской аккумуляции. Этот комплекс характеризуется сложной внутренней структурой, отражающей изменчивость условий его формирования. В северной части акватории для комплекса характерно формирование сплошных покровов и покровно-облекающих форм со светлым тоном акустической записи и многочисленными протяженными внутренними отражениями, образующими параллельно-слоистый рисунок записи, мощностью до 25 м. Образование таких осадочных тел с подобной волновой картиной связывается с морской седиментацией в условиях многократных (разнознаковых?) колебаний уровня моря. В южной части, прилегающей к Кольскому полуострову, для СК-II характерно формирование аккумулятивных форм с «хаотичным» типом волной записи и тел заполнения и облекания с акустически «прозрачной» записью, что свидетельствует о процессах денудации и гляциального осадконакопления в течение ледниковых эпох позднего неоплейстоцена.

Значительную рельефообразующую роль на шельфе играют ледниково-морские отложения: они слагают мощную толщу (более 40 м) в границах Мурманской возвышенности, формируя ее как положительную форму рельефа, а также распространяются под покровом маломощных голоценовых осадков в прибрежной части восточнее Кольского залива. Для ледниково-морских отложений характерно формирование своеобразных «караваеобразных» тел с выпуклой кровлей и «прозрачной» сейсмозаписью. Предполагается повышенная скорость осадконакопления этой толщи вблизи фронта тающего ледника. На периферии они формируют также тела заполнения, облекания и покровы.

Локальные положительные формы рельефа на Баренцевоморском шельфе формируют ледниковые отложения осташковского горизонта, выделенные в прибрежной полосе около полуострова Рыбачий, севернее устья р. Териберка и на двух участках в границах Рыбачинской возвышенности. В акустической записи образования, отнесенные к конечным моренам, представлены толщами мощностью до 30 м, имеющими форму двояковыпуклых линз, вытянутыми в виде гряд. Им соответствует «крапчатая» волновая картина серого тона, с отдельными отражающими площадками.

На Рыбачинской возвышенности четвертичные отложения имеют незначительные мощности (< 5 м), что, вероятно, связано с превалированием процессов денудации во время последнего оледенения.

Морские отложения верхнего неоплейстоцена, в совокупности с нефелоидными образованиями формируют аккумулятивные формы рельефа, заполняя днища желобов и выстилая обширные пространства котловин. С голоценовыми отложениями отождествляется первый сейсмоакустический комплекс (СК-I). Он перекрывает все более древние образования, формируя покровные, покровно-облекающие тела и тела осадочного выполнения.

Мощности голоценовых отложений и литологические типы осадков, распространенные в тех или иных районах, служат индикаторами неотектонических движений и их направленности. Участки с аномально низкими значениями мощностей голоценовых осадков, где происходит размыв верхненеоплейстоценовых отложений, свидетельствуют о подъеме структурных форм (Южно-Мурманская возвышенность), а области больших мощностей и накопления современных осадков (Мурманская котловина) – указывают на нисходящие движения.

Проведенный анализ подтверждает, что практически все отрицательные структуры, осложняющие современный рельеф – желоба Нордкапский, Кольский, Рыбачинский; котловины Мурманская и Самойлова, были сформированы в неоплейстоцене. Направленность движений сохраняется и в настоящее время.

Список литературы

Государственная геологическая карта Российской Федерации (третье поколение). Сер. Северо-Карско-Баренцевоморская. Лист R-(35),36 (Мурманск): объяснительная записка / Отв. ред. Ю. Б. Богданов, С. И. Шкарубо; гл. ред. Б. Г. Лопатин; 1:1 000 000. СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2007. 281 с.

Государственная геологическая карта Российской Федерации (третье поколение). Сер. Северо-Карско-Баренцевоморская. Лист R-37,38 (м. Святой Нос, м. Канин Нос): объяснительная записка / Отв. ред. С. И. Шкарубо; гл. ред. Б. Г. Лопатин; 1:1 000 000. СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2008. 251 с.

ПАЛЕОЭКОЛОГИЯ И ПАЛЕООКЕАНОЛОГИЯ У ЮГО-ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ АРХИПЕЛАГА ШПИЦБЕРГЕН ПО ДАННЫМ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ БЕНТОСНЫХ ФОРАМИНИФЕР

К. М. Смирнова✉, А. Г. Матуль, Е. А. Новичкова, Н. В. Козина, С. В. Сломнюк, М. Д. Кравчишина

Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия
skm98@mail.ru

Фораминиферы являются ключевым компонентом морских планктонных и бентосных сообществ, распространенных во всех акваториях Мирового океана. Благодаря высокой численности, отличной сохранности и широкому распространению в морских осадках, раковины бентосных фораминифер служат надежным материалом для палеоокеанологических реконструкций, позволяя восстанавливать температуру, соленость придонных вод, содержание растворенного кислорода и уровень биологической продуктивности.

Материалом для исследования послужила колонка АМК-7063 (76º59.808′ с. ш., 13º6.620′ в. д., глубина моря 320 м, мощность 5.16 м), отобранная у юго-западного побережья архипелага Шпицберген во время 84-го рейса НИС «Академик Мстислав Келдыш» в 2021 г. Керн получен ударной грунтовой трубкой большого диаметра и нарезан по сантиметру. Всего изучено 103 образца с интервалом пробоотбора 5 см. Дополнительно проанализированы поверхностные слои (0–28 см) с шагом 1 см из колонок МК-3 и АМК-7063 для детальной реконструкции условий осадконакопления.

В изученных пробах выявлено 43 вида бентосных фораминифер, относящихся к 31 роду, часть из которых определена в открытой номенклатуре. Большинство форм обладают известковой раковиной, лишь 4 вида – агглютинированной. В верхних 28 см колонки (МК-3) доминируют виды: *Islandiella norcrossi*, *Melonis barleeanus*, *Nonion labradoricum*, *Buccella tenerrima*, *Cibicides lobatulus* и *Elphidium clavatum*. Видовое разнообразие колеблется от 8 до 18 видов на образец, что характерно для стабильных морских условий шельфа.

Проведенный анализ поверхностных слоев (0–28 см) колонки АМК-7063 выявил значительные колебания концентрации бентосных фораминифер от 17 до 1670 экз/г сухого осадка. Минимальные значения зафиксированы в интервале 2–5 см (17–27 экз/г), что может быть связано с повышенными скоростями седиментации или эпизодическим дефицитом кислорода в придонных водах. Максимальные концентрации отмечены на глубине 11–12 см (552 экз/г) и 23–25 см (989–1135 экз/г), что, вероятно, соответствует фазам усиления продуктивности и поступления органического вещества на дно. Аномально высокие значения на глубине 26–27 см (1670 экз/г) возможно маркируют эпизод активизации атлантической циркуляции.

Экологический анализ комплексов бентосных фораминифер верхних 28 см позволяет реконструировать обстановки осадконакопления. Постоянное доминирование *M. barleeanus*, *N. labradoricum* и *I. norcrossi* указывает на устойчивый приток трансформированных атлантических вод с достаточным содержанием кислорода и умеренным поступлением органического вещества. Присутствие вида-индикатора атлантического влияния *Cassidulina neoteretis* подтверждает проникновение вод Фрамовской ветви в исследуемый район. Вид *Cibicides lobatulus*, предпочитающий участки с повышенной гидродинамической активностью, отмечается во всех образцах, что свидетельствует об активном придонном течении. Высокая доля *E. clavatum* (до 60 экз. в отдельных образцах), характерного для стрессовых условий с пониженной соленостью и сезонным дефицитом кислорода, указывает на периодическое воздействие талых ледниковых вод.

Распределение агглютинированных форм (*Adercotryma glomeratum*, *Reophax* sp., *Recurvoides turbinatus*), доля которых незначительна в верхних слоях, отражает смену осадочных условий с увеличением содержания терригенных компонентов. Вид *Globobulimina turgida*, устойчивый к пониженному содержанию кислорода, присутствует в каждом образце (от 6 до 54 экз.). Вариации концентрации и видового состава бентосных фораминифер в верхних 28 см демонстрируют высокую чувствительность сообщества к изменениям гидрологического режима и поступления органического вещества, что согласуется с данными по другим районам Арктического шельфа.

В целом по колонке АМК-7063 зафиксированы ключевые климатические события голоцена: похолодание 8.2 тыс. лет назад, Голоценовый климатический оптимум и переход к субатлантическому похолоданию. Аномальный пик численности бентосных фораминифер (50 тыс. экз/г) в интервале 30–31 см связан с активизацией поступления атлантических вод. Четко прослежена граница плейстоцен/голоцен (интервал 171–172 см) и зафиксированы локальные потепления в период последнего ледникового максимума (МИС-2). Полученные результаты демонстрируют высокую чувствительность бентосных фораминифер к изменениям палеоокеанографических условий и подтверждают эффективность их использования для детальных палеореконструкций.

Работа выполнена при поддержке проекта Российского научного фонда (проект № 24–17–00044, руководитель А. Г. Матуль).

ЛИТОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ ЛЕДНИКОВО-МОРСКИХ УСЛОВИЙ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ НА АКВАТОРИЯХ АРХИПЕЛАГОВ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВО-КАРСКОГО ШЕЛЬФА

Е. А. Сухих[1,2]✉, Н. И. Мещеряков[2], Б. А. Сахаров[1], Н. С. Иванова[2]

[1]Геологический институт РАН, г. Москва, Россия
[2]Мурманский морской биологический институт РАН, г. Мурманск, Россия
sukhikh_ea@mail.ru

Процесс ледниково-морского осадконакопления имеет ряд характерных черт, которые могут проявляться в литолого-минералогических и геохимических особенностях строения осадочного разреза. С целью выявления и интерпретации данных особенностей был выполнен комплексный

анализ кернов осадочных колонок, отобранных на акваториях арктических архипелагов в районах, близких к зонам современного оледенения: колонки 5126 (122 см, 118 м)*, 5136 (257 см, 172 м) – фронтальные зоны ледников Розе и Шокальского, восточная и западная прибрежные зоны Северного острова, архипелаг Новая Земля (51-й рейс НИС «Академик Борис Петров», 2022 г.); колонка 2502 (378 см, 293 м) – вблизи ледника Пири, пролив Найтингейл, архипелаг Земля Франца-Иосифа (25-й рейс НИС «Академик Николай Страхов», 2007 г.); колонки БА-2 (65.5 см, 55 м), ЦБФ-1 (16 см, 90 м) – фронтальная и дистальная зоны ледника Норденшельда, залив Билле-фьорд, архипелаг Шпицберген (отобраны со льда, 2024 г.); ГРФ-3 (40 см, 95 м) – вблизи ледника Альдегонда, залив Грён-фьорд, архипелаг Шпицберген (2024 г.).

По результатам гранулометрического анализа исследованные образцы представляют собой глинисто-алевритовый и алеврито-глинистый илы (границы размерности фракций 2–0.05 мм – песок, 0.05–0.005 – алеврит, < 0.005 – глина). В большинстве образцов максимально содержание фракции 0.05–0.01 мм. Выделены группы образцов со схожим гранулометрическим распределением внутри фракции < 0.01 мм. В соответствии с положением точек на диаграмме СМ (Логвиненко, Сергеева, 1986) можно установить, что осадконакопление происходило преимущественно в условиях действия временных водных потоков, что соответствует ледниково-морским условиям.

Минеральный состав исследовался в рассматриваемых образцах с разделением фракций тонко- (0.1–0.05 мм) и мелкозернистого (0.25–0.1 мм) песка на тяжелую и легкую минеральные подфракции. По материалу осадочных колонок в Билле-фьорде и Грён-фьорде выполнен послойный минералогический анализ. Осадочные отложения, отобранные в Билле-фьорде на разном расстоянии от фронта ледника Норденшельда, имеют сходный минеральный состав: в верхней части колонки преобладают гидроокислы железа, черные рудные минералы, пироксены, тогда как ниже определенной границы значительно увеличивается количество слюды (преимущественно, биотит), несколько возрастает содержание амфиболов, а относительное содержание гидроокислов и рудных, наоборот, сокращается. В колонке БА-2 такая минералогическая граница проходит в осадочном разрезе на глубине 24–30 см, в колонке ЦБФ-1 – на глубине около 10 см, хотя и не столь ярко выраженная, как в отложениях фронтальной зоны ледника. Положение границ соответствует времени скачка скорости седиментации в отложениях Билле-фьорда во второй половине XX века. Таким образом, сокращение количества менее устойчивых к химическому выветриванию минералов (слюды, амфиболы) в верхней части рассматриваемых датированных разрезов может служить индикатором усиления таяния ледников, которое способствует интенсификации химического выветривания горных пород.

Микротекстурные особенности, связанные с зональностью гранулометрического распределения (в том числе, распределения глинистого вещества) в ледниково-морских осадках, были описаны в петрографических шлифах с использованием классификации особенностей микростроения для ледниково-морских осадков (Micromorphological …, 2009).

Изучение глинистых минералов проводилось на дифрактометре D8 Advance Bruker в лаборатории физических методов изучения породообразующих минералов Геологического института РАН. По результатам изучения фазового состава глинистых минералов в некоторых случаях выполнено моделирование рентгеновских экспериментальных дифракционных картин для определения количественного состава глинистых минералов (Determination …, 1999). На дифрактограммах ряда образцов (колонки 5126, БА-2) отмечается пик разбухающих минералов, охарактеризованных по результатам моделирования как иллит-смектит с соотношением слоев Wи:Wc = 0.55:0.45, т. е. с преобладанием иллитовых слоев в смешанослойных структурах иллит-смектитового состава. Таким образом, в разрезе периодически наблюдается замещение характерной для холодного и сухого арктического климата хлорит-иллитовой (Х-И) ассоциации глинистых минералов на хлорит-смектит-иллитовую (Х-И-С). В частности, Х-И-С состав глинистых фаз

*Здесь и далее по тексту первая цифра – длина колонки, вторая – глубина моря.

наблюдается в образцах колонки БА-2 в зоне скачка скорости седиментации и выше по разрезу, при Х-И составе глинистого вещества в нижней части колонки.

Данные геохимического анализа использовались для расчетов петрохимических модулей (Юдович, Кетрис, 2000) и индексов химического выветривания осадочных пород (Маслов, Подковыров, 2023). Для сравнения использовались литературные данные геохимического анализа донных отложений нескольких фьордов Западного Шпицбергена (History …, 2008; Choudhary et al., 2025). В исследованных образцах с акваторий архипелагов Новая Земля и Земля Франца-Иосифа рассчитанные значения гидролизатного модуля (ГМ) находятся в диапазоне 0.34–0.48, соответствуя классу нормосиаллитов и приближаясь к классу суперсиалитов. Последние представляют собой естественный переход от сиаллитов к гидролизатам (продуктам кор выветривания) (Юдович, Кетрис, 2000). Обращают на себя внимание повышенные значения железного модуля (ЖМ) в диапазоне 0.55–0.60, которые в используемой литохимической классификации также соответствуют суперсиаллитам.

Таким образом, в литолого-минералогических и геохимических характеристиках отложений районов распространения современного оледенения были выделены особенности микростроения, специфичные для ледниково-морских условий осадконакопления.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 25-27-00616, ММБИ РАН).

Список литературы

Логвиненко Н. В., Сергеева Э. И. Методы определения осадочных пород: Учеб. пособие для вузов. Л.: Недра, 1986. 240 с.

Маслов А. В., Подковыров В. Н. Индексы химического выветривания и их использование для палеоклиматических реконструкций на примере разреза венда–нижнего кембрия подольского приднестровья) // Литология и полезные ископаемые. 2023. № 3. С. 249–273.

Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Основы литохимии. СПб.: Наука, 2000. 479 с.

Choudhary S., Saalim S. M., Mohan R. Geochemistry and mineralogy of modern fjord sediments, West Spitsbergen, Svalbard: implications for provenance and weathering // Environ. Earth Sci. 2025. Vol. 84. Article 248 (24 p.).

Determination of illite-smectite structures using multispecimen X-ray diffraction profile filling / B. A. Sakharov, H. Lindgreen, A. L. Salyn, V. A. Drits // Clays and Clay Minerals. 1999. Vol. 47. P. 555–566.

History of sedimentation in Isfjord (Western Spitsbergen) / M. A. Levitan, O. V. Levchenko, I. O. Murdmaa, V. I. Peresypkin, I. A. Roshchina, A. V. Tolmacheva // Lithol. Miner. Resour. 2008. Vol. 43, no. 6. P. 520–541. doi: 10.1134/s0024490208060023

Micromorphological characteristics of glacimarine sediments: implications for distinguishing genetic processes of massive diamicts / A. A. Kilfeather, C. Ó. Cofaigh, J. A. Dowdeswell, J. J. M. van der Meer, D. J. A. Evans // Geo-Mar. Lett. 2010. Vol. 30. P. 77–97.

КЛИМАТИЧЕСКИЙ СИГНАЛ В РЯДАХ БАЛАНСА МАССЫ ЛЕДНИКОВ ШПИЦБЕРГЕНА: ВСЁ ЛИ ТАК ОДНОЗНАЧНО?

А. В. Терехов✉, И. Н. Василенко, В. Э. Демидов, С. Р. Веркулич, У. В. Прохорова

Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, г. Санкт-Петербург, Россия
avterekhov@aari.ru

Ряды баланса массы ледников имеют неоспоримую научную ценность. В отличие от геометрических характеристик ледников, которые также проявляют связь с климатом, и которые можно сравнительно легко измерить – длины и площади, баланс массы безынерционен и в большей

степени зависит от абляции и аккумуляции за конкретный год (Integrated …, 2007). Следовательно, баланс массы является надежным индикатором климата и его изменений (The concept …, 2014).

Однако, в ряде работ было показано, что продолжительные ряды баланса массы содержат не только климатический, но и «геометрический» сигнал, связанный с изменениями пространственной конфигурации ледника (Different …, 2005; Conventional …, 2012). На масштабах времени в десятилетия, гипсометрическая кривая конкретного ледника меняется: ее мода может смещаться в обе стороны, как больших абсолютных отметок, так и меньших. Это определяется соотношением двух факторов – снижения поверхности из-за таяния и движения льда вниз по долине, а также отступлением языка. В обоих случаях это вызывает обратную связь с будущим таянием: либо положительную (т. е. усиливает таяние) при смещении гипсометрической кривой вниз, либо отрицательную (уменьшает потери массы) при смещении вверх.

Примеры проявления подобной обратной связи уже были описаны для некоторых ледников (например, Fischer, 2019; Accelerating …, 2024), в том числе и нашим коллективом для района Баренцбурга (Терехов и др., 2026). Существование такой обратной связи важно учитывать при анализе результатов долговременного мониторинга: любые тренды, обнаруженные в масс-балансовых рядах, могут не целиком объясняться климатическими изменениями. Следовательно, полезным является умение оценить величину геометрического сигнала и его вклад в баланс массы изучаемого ледника.

Ранее было описано несколько способов количественной оценки геометрического сигнала (Quantifying …, 2001; Mass-budget …, 2018). В нашей работе мы предприняли попытку такой оценки для всего оледенения архипелага Шпицберген, получив тем самым истинно климатический сигнал из имеющихся рядов измерений. Мы рассмотрели изменения за почти столетний период, с первых масштабных аэрофотосъемок 1936–1938 гг. по настоящее время. Наша гипотеза состоит в том, что крупнейшие ледниковые системы, расположенные на высоких плато, испытывают в основном отрицательную обратную связь, теряя из-за таяния низкорасположенные выводные участки, и становясь тем самым выше в среднем. Небольшие же ледники на низких гипсометрических уровнях, распространенные в том числе в районе Баренцбурга, теряют высоту по всей поверхности, становясь в среднем ниже и попадая тем самым в цикл положительной обратной связи – сегодняшнее таяние усиливает таяние будущее.

Список литературы

Терехов А. В., Василенко И. Н., Демидов В. Э. Влияние изменений пространственной конфигурации ледников на баланс их массы на примере ледников Альдегонда и Западный Грёнфьорд (Шпицберген) // Проблемы Арктики и Антарктики. 2026. Т. 72, № 2. P. 221–235. URL: https://doi.org/10.30758/0555-2648-2026-72-2-221-235

Accelerating glacier volume loss on Juneau Icefield driven by hypsometry and melt-accelerating feedbacks / B. Davies, R. McNabb, J. Bendle, J. Carrivick T. Ely, T. Holt, B. Marle, C. McNeil, L. Nicholson, M. Pelto // Nat. Comm. 2024. Vol. 15, no. 1. P. 5099.

Conventional versus reference-surface mass balance / M. Huss, R. Hock, A. Bauder, M. Funk // J. Glaciol. 2012. Vol. 58, Iss. 208. P. 278–286. doi:10.3189/2012JoG11J216

Different mass balances for climatic and hydrologic applications / W. D. Harrison, D. H. Elsberg, L. H. Cox, R. S. March // J. Glaciol. 2005. Vol. 51, Iss. 172. P. 176–176. doi:10.3189/S0022143000215190

Fischer A. Current state, progress, and challenges of glacier monitoring in Austria // 125 years of internationally coordinated glacier monitoring: achievements and future challenges – Summary report on the IUGG General Assembly and the WGMS General Assembly of National Correspondents 2019. Zurich: World Glacier Monitoring Service, 2020. P. 7–9. URL: https://doi.org/10.5167/uzh-200589

Integrated monitoring of mountain glaciers as key indicators of global climate change: the European Alps / W. Haeberli, M. Hoelzle, F. Paul, M. Zemp // Ann. Glaciol. 2007. Vol. 46. P. 150–160. URL: https://doi.org/10.3189/172756407782871512

Mass-budget anomalies and geometry signals of three Austrian glaciers / C. Charalampidis, A. Fischer, M. Kuhn, A. Lambrecht, C. Mayer, K. Thomaidis, M. Weber // Front. Earth Sci. 2018. Vol. 6. Article 218. URL: https://doi.org/10.3389/feart.2018.00218

Quantifying the effects of climate and surface change on glacier mass balance / D. H. Elsberg, W. D. Harrison, K. A. Echelmeyer, R. M. Krimmel // J. Glaciol. 2001. Vol. 47, Iss. 159. P. 649–658. URL: https://doi.org/10.3189/172756501781831783

The concept of essential climate variables in support of climate research, applications, and policy / S. Bojinski, M. Verstraete, T. C. Peterson, C. Richter, A. Simmons, M. Zemp // Bull. Am. Meteorol. Soc. 2014. Vol. 95, no. 9. P. 1431–1443. URL: https://doi.org/ 10.1175/BAMS-D-13-00047.1

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ОСАДКОВ НА АРХИПЕЛАГЕ ШПИЦБЕРГЕН

П. А. Торопов[1]✉, А. А. Шестакова[2]

[1]Институт географии РАН, г. Москва, Россия
[2]Институт физики атмосферы им. А. М. Обухова РАН, г. Москва, Россия
tormet@inbox.ru

Горные районы и архипелаги Арктики характеризуются недостаточной обеспеченностью метеорологическими наблюдениями или их полным отсутствием. Из-за этого, а также вследствие чрезвычайной сложности мезомасштабных процессов в горах, качество моделирования орографических осадков до сих пор не вполне удовлетворительно (Roe, 2005). При этом большинство природных катастроф в горных районах (паводков, селей, лавин, оползней) прямо или косвенно связано с аномалиями осадков (Changes …, 2020). Отдельная проблема – моделирование орографических осадков на больших временных масштабах с помощью моделей земной системы, которые также отличаются большой неопределенностью.

Одним из эффективных решений этой проблемы может быть реализация модели орографических осадков промежуточной сложности. Представлен алгоритм расчета орографической составляющей осадков промежуточной сложности STOPM (Modeling …, 2023), который можно отнести к классу «моделей склона» (Bary, 2008). Это одноколоночная модель, основанная на предположении, что осадки в горах образуются за счет конденсации водяного пара в воздухе, поднимающемся вдоль наветренного склона в силу закона сохранения массы. При этом учитывается затухание вертикальной компоненты скорости с высотой, регулируемое атмосферной стратификацией и вязкостью, а также рассчитывается доля конденсата, реализующегося в виде осадков. Предложенная модель протестирована на Кавказе и применена для архипелага Шпицберген на сетке с пространственным шагом 0.25х0.25 град. В качестве начальной информации используются данные реанализа ERA5 на изобарических поверхностях. В пределах каждой ячейки выполнены расчеты по 8 азимутам, каждый из них характеризуется средним углом склона и параметром орографической формы (выпуклость/вогнутость склона), которые рассчитываются из цифровой модели рельефа. Затем происходит осреднение осадков по ячейке с учетом доли склонов по каждому из направлений.

Рассчитаны годовые, месячные и суточные суммы осадков для 1979–2025 гг., выполнено сравнение с данными метеостанции «Баренцбург», и реанализа CARA (на Шпицбергене). Результаты модели STOROP отличатся большей детальностью и реалистичностью. В частности, реанализ CARA явно завышает годовые суммы осадков: максимальные значения в горных районах архипелага достигают 1200–1300 мм, что выглядит завышено даже с учетом того, что условия увлажнения на Шпицбергене резко контрастируют с таковыми на остальной территории Арктики. Например, в работе (Evaluating …, 2006) выполнено сравнение лидарной съемки поверхности ледникового купола на Северо-Восточной Земле с данными об осадках CARA – показано, что они завышены примерно в

1.5 раза. Если принять такую поправку, то получается, что на Северо-Восточной Земле годовая сумма составляет в среднем 400 мм, а в горных районах южной части архипелага достигает 900 мм, т. е. примерно в 1.5 раза больше, чем на побережьях (в том числе в Баренцбурге, где функционирует постоянно действующая метеостанция). Такая оценка выглядит реалистичнее, и неплохо соответствует результатам моделирования STOP.

Таким образом, можно заключить, что предложенный алгоритм воспроизводит годовые и месячные суммы осадков лучше реанализов и не хуже полных мезомасштабных моделей и при этом отличается вычислительной простотой и эффективностью. Сфера применения созданной модели – физически обоснованная коррекция крупномасштабных модельных осадков в горных районах. Показано, что она может быть полезным инструментом в рамках задачи моделирования горной криосферы и гидрологических процессов. Также возможно использование этой схемы в качестве параметризации орографических осадков в моделях земной системы

Список литературы

Barry R. G. Mountain Weather and Climate. 3rd ed. Cambridge: Cambridge University Press UK, 2008. 506 p.

Changes in extreme precipitation and landslides over High Mountain Asia / D. Kirschbaum, S. B. Kapnick, T. Stanley, S. Pascale // Geophys. Res. Lett. 2020. Vol. 47, no. 4. Article e2019GL085347 (9 p.). URL: https://doi.org/10.1029/2019GI.085347

Evaluating the potential of high ‐ resolution airborne LiDAR data in glaciology / N. S. Arnold, W. G. Rees, B. J. Devereux, G. S. Amable // Int. J. Remote Sens. 2006. Vol. 27, no. 6. P. 1233–1251.

Modeling orographic precipitation using the example of Elbrus / P. A. Toropov, A. A. Shestakova, Yu. I. Yarinich, S. S. Kutuzov // Izvestiya, Atmos. Ocean. Phys. 2023. Vol. 59, Suppl. 1. P. 8–22.

Roe G. H. Orographic Precipitation // Ann. Rev. Earth Planet. Sci. 2005. Vol. 33. P. 645–671.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ПОСТУПЛЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ ^{137}Cs И ^{241}Am В ОЗЕРА ЗАПАДНОЙ ПЕРИФЕРИИ ЗЕМЛИ НОРДЕНШЕЛЬДА О. ЗАПАДНЫЙ ШПИЦБЕРГЕН С СЕРЕДИНЫ XX ПО ПЕРВУЮ ЧЕТВЕРТЬ XXI ВЕКА

И. С. Усягина[1]✉, Н. И. Мещеряков[1], А. А. Намятов[1], И. И. Василевич[2]

[1]Мурманский морской биологический институт РАН, г. Мурманск, Россия
[2]Арктический и антарктический научно-исследовательский институт,
г. Санкт-Петербург, Россия
usjagina@mmbi.info

С начала XX века на архипелаге Шпицберген наблюдается увеличение среднегодовой температуры воздуха (Climate …, 2019). Это привело к деградации ледникового покрова и рекордной потере массы ледников, в среднем около 2 м водного эквивалента в год (Mass …, 2022). Разрушение береговых геохимических барьеров в виде многолетнего льда во внутренних водоемах архипелага может способствовать мобилизации техногенных радионуклидов, накопленных в период максимальных атмосферных выпадений после испытаний ядерного оружия (1955–1962 гг.), их поступлению в донные отложения и повторному вовлечению в биогеохимические циклы экосистем. Цель работы – выполнить ретроспективный анализ загрязнения техногенными радионуклидами ^{137}Cs и ^{241}Am донных отложений озер о. Западный Шпицберген с середины XX по XXI вв. и оценить их современное поступление в водоемы.

Материалом для исследования послужили колонки донных отложений из озер Конгресс (n = 1), Линне (n = 3) и Бретъёрна (n = 3), расположенных на западной периферии Земли Норденшельд о. Западный Шпицберген, где за последние 30 лет ледники потеряли в среднем 40–70 % площади

(Chernov, Muraviev, 2018). Ретроспективный анализ загрязнения озерных отложений техногенными ^{137}Cs (T ½ = 30.2 г.) и ^{241}Am (T ½ = 432.2 г.) выполнен методом послойного датирования кернов по неравновесному ^{210}Pb (T ½ = 22.3 г.) (Sanchez-Cabeza, Ruiz-Fernández, 2012). Удельную активность ^{137}Cs, ^{210}Pb и ^{241}Am в донных отложениях измеряли на детекторе из сверхчистого германия BE5030 (Canberra, США). Годовые потоки радионуклидов рассчитывали как произведение массовой скорости осадконакопления (MAR, г/см^2) и удельной активности i-го радионуклида.

Результаты γ-спектрометрических измерений показали, что в профилях всех исследуемых колонок пик активности ^{137}Cs наблюдается в слоях, датируемых по ^{210}Pb 1963 г., что соответствует периоду максимальных глобальных выпадений (Техногенные …, 2005). Максимумы активности ^{137}Cs составляют 214 Бк/кг в оз. Конгресс (без прямого ледникового питания), 99–113 Бк/кг в оз. Линне (ледниковое питание и речной сток) и 3.2 Бк/кг в центральной части оз. Бретъёрна (прямое ледниковое питание). Радионуклид ^{241}Am обнаружен в оз. Конгресс (4.4 Бк/кг) и Линне (2.4–2.9 Бк/кг) в слоях, синхронных пикам ^{137}Cs. Рассчитанные годовые величины MAR варьируют от минимальных значений в озерах Конгресс (0.03 г/см^2) и Линне (0.03–0.06 г/см^2) к высоким в оз. Бретъёрна (0.72–2.58 г/см^2).

Максимальная плотность загрязнения ^{137}Cs характерна для центральных частей озер Конгресс (2343 Бк/м^2) и Линне (2112 Бк/м^2). Здесь осадконакопление медленное, и радионуклид концентрируется в тонком слое без разбавления. В районах влияния флювиогляциальных потоков загрязнение ^{137}Cs ниже из-за терригенного разбавления – 892–1422 Бк/м^2 (оз. Бретъёрна) и 1269 Бк/м² (приустьевая часть оз. Линне). Согласно нашим расчетам в 2000–2024 гг., в озерах Конгресс и Бретъёрна накопилась значительная часть техногенного ^{137}Cs – 16.6–19.4 % от общего запаса радионуклида. Это указывает на продолжающееся (вторичное) поступление радионуклида в водоемы. В оз. Линне современный вклад минимален – 1.3–1.6 %, следовательно, здесь основное поступление радионуклида – глобальные атмосферные выпадения.

Наибольший годовой поток ^{137}Cs, рассчитанный на 1963 г. (максимум глобальных выпадений радионуклида после испытаний ядерного оружия на полигоне Новая Земля в 1955–1962 гг.), приблизительно одинаков для центральной части трех исследованных озер и составляет 217–245 Бк/м^2. Современное (2017–2024 гг.) годовое поступление ^{137}Cs значительно снизилось: оз. Конгресс – до 17.2 Бк/м^2, оз. Линне – до 1.4–4.2 Бк/м^2, оз. Бретъёрна – до 7.9–27.9 Бк/м^2. В озере Бретъёрна в районе непосредственной близости к впадению в водоем флювиогляциальных потоков с ледника не удалось реконструировать поступление ^{137}Cs в 1963 г. (из-за недостаточности вскрытой осадочной толщи), но рассчитанный средний годовой поток за последние 20 лет оказался самым высоким – 43.8 Бк/м^2, что подчеркивает роль ледникового питания в перераспределении радионуклида в осадочной толще озерных отложений.

Техногенный ^{241}Am во всех исследуемых колонках обнаружен только в осадочных слоях, датируемых по неравновесному ^{210}Pb периодом 1950–1960-х гг. Появление ^{241}Am в донных отложениях – это результат радиоактивного распада ^{241}Pu (T ½ = 14.3 лет), который был одним из основных компонентов атмосферных выпадений 1963 г. (Техногенные …, 2005). В последующие десятилетия по мере распада выпавшего ^{241}Pu дочерний ^{241}Am постепенно накапливался в отложениях. Плотность загрязнения ^{241}Am в оз. Конгресс (1.8 Бк/м^2) выше, чем в оз. Линне (1.2 Бк/м^2). Исходный уровень материнского ^{241}Pu при условии, что весь ^{241}Am образовался из ^{241}Pu глобальных выпадений 1963 г., составляет по нашим расчетам около 550 Бк/м^2 в оз. Конгресс и 300–720 Бк/м^2 в оз. Линне. Полученные данные хорошо согласуются с литературными сведениями – среднее глобальное выпадение ^{241}Pu в Северном полушарии по оценкам UNSCEAR (1982) составляет 497 Бк/м^2.

Проведенное исследование показало, что озерные экосистемы Шпицбергена являются надежными архивами глобальных атмосферных выпадений середины XX века. Установлено, что максимальные запасы ^{137}Cs приурочены к центральным частям озер Конгресс и Линне, где низкие скорости осадконакопления способствуют концентрации радионуклида, тогда как в приледниковых озерах с высоким терригенным стоком (оз. Бретъёрна) запасы ниже из-за разбавления. Современное

поступление ^{137}Cs в озера Конгресс и Бретъёрна указывает на вторичную мобилизацию радионуклида. Атмосферный генезис загрязнения преобладает в оз. Линне. Обнаружение ^{241}Am только в слоях 1950–1960-х гг. подтверждает его образование из выпавшего ^{241}Pu, а оцененный исходный запас ^{241}Pu согласуется с глобальными оценками UNSCEAR.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания ММБИ РАН «Состояние морских и наземных экосистем архипелага Шпицберген в условиях современной климатической и антропогенной изменчивости», FMEE-2025-0003.

Список литературы

Техногенные радионуклиды в морях, омывающих Россию / Ю. В. Сивинцев, С. М. Вакуловский, А. П. Васильев, В. Л. Высоцкий, А. Т. Губин, В. А. Данилян, В. И. Кобзев, И. И. Крышев, С. А. Лавковский, В. А. Мазокин, А. И. Никитин, О. И. Петров, Б. Г. Пологих, Ю. И. Скорик. М.: ИздАТ, 2005. 624 с.

Chernov R. A., Muraviev A. Y. Contemporary changes in the area of glaciers in the western part of the Nordenskjold Land (Svalbard) // Led i Sneg. Ice and Snow. 2018. Vol. 58(4). P. 462–472.

Climate in Svalbard 2100 / I. Hanssen-Bauer, E. J. Førland, H. Hisdal, S. Mayer, A. B. Sandø, A. Sorteberg (Eds.). Oslo: Norwegian Centre for Climate Services, 2019. 208 p.

Mass balance, ice volume and flow velocity of the Vestre Grønfjordbreen (Svalbard) from 2013/14 to 2019/20 / A. Terekhov, S. Verkulich, A. Borisik, V. Demidov, U. Prokhorova, K. Romashova, M. Anisimov, O. Sidorova, G. Tarasov // Arctic, Antarctic and Alpine Res. 2022. Vol. 54(1). P. 584–602.

Sanchez-Cabeza J. A., Ruiz-Fernández A. C. ^{210}Pb sediment radiochronology: an integrated formulation and classification of dating models // Geochim. Cosmochim. Acta. 2012. Vol. 82. P. 183–200.

United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) / Ionizing Radiation: Sources and Biological Effects. UNSCEAR 1982 Report, Annex E. New York: United Nations, 1982.

РЕЗУЛЬТАТЫ МНОГОЛЕТНИХ СЕЙСМОИНФРАЗВУКОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ДЕСТРУКЦИЕЙ ЛЕДНИКОВ НА АРХИПЕЛАГЕ ШПИЦБЕРГЕН

А. В. Федоров, С. В. Баранов, В. Э. Асминг, И. С. Федоров

Кольский филиал ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН», г. Апатиты, Мурманская область, Россия

С 2010 года Кольский филиал ФИЦ ЕГС РАН проводит на архипелаге Шпицберген комплексный сейсмоинфразвуковой мониторинг. Начало работ связано с созданием на базе региональной станции «Баренцбург Б» (международный код BRBB) малоапертурной инфразвуковой группы. Первыми результатами применения комплексного сейсмоинфразвукового мониторинга стали данные об интенсивной эмиссии геофизических сигналов из районов расположения ближайших выводных ледников. Последующий ряд мониторинговых и экспериментальных работ был направлен на подтверждение данной гипотезы, развитие методов автоматического обнаружения и локации источников таких сигналов, а также методов их дискриминации от процессов иной природы. Таким образом, данный доклад посвящен описанию, полученных в результате многолетних работ, результатов применения сейсмических и инфразвуковых методов для мониторинга деструкции ледников архипелага Шпицберген. Актуальность этой задачи связана с широким распространением на Шпицбергене морских выводных ледников, их высокой чувствительностью к атмосферному и океаническому потеплению, что делает их отличным маркером для оценок скорости преобразования окружающей среды Арктики под воздействием современных климатических изменений. Также прикладная значимость этих работ заключается в отработке методов раннего обнаружения схода

айсбергов в акваторию арктических морей. Особое внимание уделено серии экспериментов Кольского филиала ФИЦ ЕГС РАН, которые сформировали методическую основу дистанционного геофизического мониторинга разрушения ледников. Рассмотрены возможности региональных сейсмических и сейсмоинфразвуковых станций и инфразвуковых микрогрупп для обнаружения и интерпретации льдотрясений. Пилотный эксперимент 2012 г. на северном побережье Ис-фьорда подтвердил принципиальную возможность дистанционного сейсмоинфразвукового мониторинга и позволил выделить события, связанные с трещинообразованием и отколом краев ледников. Эксперимент 2016 г. на леднике Норденшельда (О выделении …, 2021), основанный на синхронной сейсмической, инфразвуковой и видеорегистрации, обеспечил прямую проверку связи регистрируемых сигналов с отдельными стадиями процесса откола ледяных блоков. Показано, что айсбергообразующие события могут обладать характерными спектрально-временными признаками, связанные с падением льда в воду и последующими волновыми процессами. Эксперимент 2018 г. с тремя инфразвуковыми микрогруппами в районе пос. Пирамида продемонстрировал перспективность инфразвуковой локации источников калвинга несколькими микрогруппами. Отдельно рассмотрен кейс ледника Бломстранд, где кросскорреляционная обработка данных сейсмической станции KBS выявила рой слабых повторяющихся событий (Observations …, 2025). Сопоставление с данными Sentinel-2 показало, что эта последовательность, вероятно, была связана с подготовкой масштабной подвижки терминальной части ледника и могла отражать прерывистое скольжение ледника по ложу. Полученные результаты показывают, что совместное использование сейсмических и инфразвуковых данных повышает надежность обнаружения льдотрясений и создает основу для круглогодичного мониторинга деструкции ледников и айсберговой опасности на Шпицбергене.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (в рамках государственного задания № 075-00609-26) и с использованием данных, полученных на уникальной научной установке «Сейсмоинфразвуковой комплекс мониторинга арктической криолитозоны и комплекс непрерывного сейсмического мониторинга Российской Федерации, сопредельных территорий и мира».

Список литературы

О выделении айсбергообразующих льдотрясений по сейсмоинфразвуковым данным / Ю. А. Виноградов, А. В. Федоров, С. В. Баранов, В. Э. Асминг, И. С. Федоров // Лед и Снег. 2021. Т. 61, № 2. С. 262–270.

Observations of activation of the Blomstrand Glacier in the north of Western Spitsbergen according to data from a single seismic station / A. V. Fedorov, S. V. Baranov, V. E. Asming, I. S. Fedorov // Izvestiya, Physics of the Solid Earth. 2025. Vol. 61, Iss. 4. P. 599–608. URL: https://doi.org/10.1134/S1069351325700454

РАСТИТЕЛЬНЫЙ МИР ШПИЦБЕРГЕНА В ПОМОРСКИХ ТЕКСТАХ О ГРУМАНТЕ: ОПЫТ СОПОСТАВЛЕНИЯ ФОЛЬКЛОРНЫХ УПОМИНАНИЙ И БОТАНИЧЕСКИХ ДАННЫХ

А. В. Филимонова[1], А. Д. Данилова[2]

[1]Национальный научно-исследовательский центр «Курчатовский институт», г. Москва, Россия
[2]Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н. А. Аврорина КНЦ РАН, г. Апатиты, Мурманская область, Россия
allafil@yandex.ru

Поморский фольклор, связанный с Грумантом (Шпицбергеном), отражает многовековой опыт выживания русских промышленников в Арктике. Исследования этого материала немногочисленны (Харитонов, 1849; Власова, 2016), и до сих пор в нем не выделялся ботанический аспект –

упоминания растений, растительных материалов и связанных с ними практик. Между тем именно растительные ресурсы (пищевые, лекарственные, технические) были одним из ключевых условий выживания зимовщиков.

Задача настоящей работы – выделить растительный слой в поморских текстах о Груманте и сопоставить его с современными ботаническими данными по флоре Шпицбергена. Такой ракурс позволяет увидеть в фольклоре не только мифологию, но и эмпирическое знание, накопленное поморами.

Материалом послужили записи грумантского фольклора (Харитонов, 1849; Власова, 2016), историко-бытовые записи о зимовке группы Инкова (1743–1749), книги П.-Л. Ле Руа (1766, цит. по: Ле Руа, 1975) – первоисточник истории шестилетней зимовки и С. В. Максимова «Год на Севере» (1859) – этнографические описания поморов, а также современные ботанические работы по флоре Шпицбергена.

В поморских текстах упоминается ряд растений, произрастающих на Шпицбергене. Ложечная трава (*Cochlearia*) названа в историко-бытовых записях как средство от цинги: «собирали траву ложечную, из которой али щи варили, али так, сырой, ели» (Власова, 2016; Ле Руа, 1766, цит. по: Ле Руа, 1975). Морошка (*Rubus chamaemorus*) фигурирует как объект сбора и заготовки, вороника (*Empetrum*) – как «кислая, водянистая вороница», а ягель (*Cladonia, Cetraria*) – как «белый мох, любимая, единственная пища оленей» (Максимов, 1859). Мох использовался для конопачения изб (Власова, 2016; Максимов, 1859). Упоминаются также можжевельник (*Juniperus*) в карликовых формах, береза карликовая (*Betula nana*) – «сланка», «полушка» (Максимов, 1859), и обобщенно трава – «хиленькая травка, высотой с обычную иголку» (Власова, 2016). Отдельную группу составляют растения и материалы, отсутствующие на Шпицбергене, – они выступают маркерами «дома»: сосна, ель, малина, черника, шиповник, ячмень, рожь, капуста, картофель, лук, грибы (Максимов, 1859). Древесные материалы – дрова, смола, дёготь, пакля, вичье – были привозными (Максимов, 1859). Отсутствие деревьев подчеркивается в текстах: «Ни деревца, ни кустика, ни травинки: голый камень» (Власова, 2016).

Флора архипелага насчитывает около 180 видов сосудистых растений, 373 вида мхов и 597 видов лишайников (Rønning, 1996; Флора …, 2008). Ложечная трава (*Cochlearia groenlandica*) – обычный вид по всему Шпицбергену, в том числе вблизи птичьих базаров (Rønning, 1996). Морошка (*Rubus chamaemorus*) – редка, на северном пределе распространения, размножается вегетативно (Морфо-физиологические …, 2019). Вороника (*Empetrum hermaphroditum*) – редка, но долгоживуща (Elvebakk, Spjelkavik, 1995). Ягель представлен *Cladonia* (32 вида) и *Cetraria* (6 видов) (Флора …, 2008). Береза карликовая (*Betula nana*) – включена в список сосудистых растений (Адаптация …, 2024). Можжевельник в основных списках флоры не значится. Растения «красной зоны» (сосна, рожь, капуста) – ностальгические маркеры, подчеркивающие разрыв между домом и Грумантом.

Растительные упоминания встроены в мифологизацию природы: одушевление Груманта («Грумант-батюшка»), Грумантский Пёс – дух-«хозяин» архипелага (Харитонов, 1849; Власова, 2016), цинга как «старуха с сестрами» – «старшая дочь царя Ирода, костлявое чудовище, и что у нее 11 сестер» (Харитонов, 1849; Власова, 2016). Показательно, что главное лекарство от цинги – не растения, а движение и труд.

Поморский «растительный код» Груманта включал два уровня: общий поморский (морошка, вороника, ягель, береза, можжевельник, мхи) и специфически грумантский (ложечная трава как средство от цинги). Фольклор демонстрирует неразрывность практического и мифологического: растения использовались в быту, но природа и болезни осмыслялись как одушевленные силы. Изучение растительного слоя помогает понять роль Груманта в жизни поморов – как физическую (пропитание, материал, лекарства), так и духовную (одушевленное пространство).

В поморских текстах о Груманте выделяется слой ботанических упоминаний. Ложечная трава, морошка, вороника, ягель и мхи произрастают на Шпицбергене и могли использоваться зимовщиками. Ключевым растением, связывающим фольклорный сюжет о цинге и реальную флору

архипелага, является ложечная трава. Растительные упоминания встроены в мифологическую систему, где природа и болезни одушевляются. Изучение растительного слоя помогает понять роль Груманта – как физическую, так и духовную – и связь поморов с природой Арктики.

Список литературы

Адаптация кустарничков к условиям арктических тундр Западного Шпицбергена / Н. Ю. Шмакова, Е. Ф. Марковская, К. В. Морозова, О. В. Ермолаева // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. 2024. Т. 29(1). С. 108–120.

Власова М.Н. Русский фольклор Груманта (Шпицбергена) // Русский фольклор. СПб., 2016. Т. 35. С. 385–412.

Ле Руа П.-Л. Приключения четырех российских матросов, к острову Шпицбергену бурею принесенных. Изд. 4-е. М.: Мысль, 1975. 56 с.

Максимов С. В. Год на Севере. Т. 1. Белое море и его прибрежья. СПб.: Изд. книгопродавца Д. Е. Кожеанчикова, 1859. 638 с. URL: https://elib.rgo.ru/handle/123456789/217982

Морфо-физиологические особенности ассимиляционного аппарата листьев *Rubus chamaemorus* (Rosaceae) на Западном Шпицбергене / Е. Ф. Марковская, Н. Ю. Шмакова, К. В. Морозова, О. В. Ермолаева // Бот. журн. 2019. Т. 104, № 11–12. С. 1740–1752.

Харитонов А. В. Архангельские промышленники на Груманте // Отечественные записки. 1849. Т. 66, № 10. С. 282–298.

Флора и растительность побережья залива Грён-фьорд (архипелаг Шпицберген) / Н. Е. Королёва, Н. А. Константинова, О. А. Белкина, Д. А. Давыдов, А. Ю. Лихачев, А. Н. Савченко, И. Н. Урбанавичене. Апатиты: Изд. K&M, 2008. 132 с.

Elvebakk A., Spjelkavik S. The ecology and distribution of *Empetrum nigrum* ssp. hermaphroditum on Svalbard and Jan Mayen // Nord. J. Bot. 1995. 15. P. 541–552.

Rønning O. I. The flora of Svalbard. Oslo: Norsk Polarinst., 1996. 184 p.

СКРИНИНГ АЭРОБНЫХ БАКТЕРИЙ ИЗ МИКРОБИОМА ШПИЦБЕРГЕНСКОГО СЕВЕРНОГО ОЛЕНЯ (*RANGIFER TARANDUS PLATYRHYNCHUS*) ДЛЯ ПОИСКА ФЕРМЕНТОВ ДЕГРАДАЦИИ ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗЫ И ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

А. В. Филимонова[1]✉, З. Б. Намсараев[1], В. Ю. Рязанцев[1], В. Э. Демидов[2]

[1]Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», г. Москва, Россия
[2]Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, г. Санкт-Петербург, Россия
allafil@yandex.ru

Шпицбергенский северный олень (*Rangifer tarandus platyrhynchus*) – эндемичный подвид, обитающий в высокоарктической тундре, где снежный покров сохраняется более 8 мес. в году (Novel …, 2007). В отличие от материковых подвидов, в зимнем рационе которых лишайники играют значительную роль, на Шпицбергене их биомасса невелика, и основу питания оленей составляют мхи, злаки и сосудистые растения (Bjune, 2000). Помимо целлюлозы, растительные корма содержат фенольные соединения – компоненты лигнина и вторичные метаболиты растений. Способность микроорганизмов к их деградации представляет биотехнологический интерес для биоремедиации и переработки растительного сырья. Однако аэробные бактерии микробиома северного оленя, использующие фенолы, остаются практически неисследованными. Шпицбергенский олень интересен для такого поиска – это эндемичный подвид, колонизировавший архипелаг около 7000–8000 лет назад небольшим числом основателей и развивавшийся в условиях длительной изоляции (Adaptation …, 2023). Кроме того, в геноме доминирующего клада SRM-1 обнаружен предполагаемый ген полифенол-оксидоредуктазной лакказы (Metagenomics …, 2012) –

медьсодержащего фермента, окисляющего широкий спектр фенольных соединений, включая лигниновые мономеры. Наличие такого гена в доминирующем члене сообщества указывает на то, что способность к окислению фенолов может быть эволюционно закрепленной функцией микробиома этого подвида. Целью работы был скрининг аэробных бактерий из помета шпицбергенского северного оленя, способных расти на минимальной среде с ванилином и гваяколом как единственными источниками углерода.

Образец помета собран в сентябре 2025 г. на архипелаге Шпицберген. Для выделения бактерий использовали минимальную солевую среду с ванилином (0.5 г/л) или гваяколом (0.3 г/л) в качестве единственного источника углерода. Отобрано пять штаммов: V1, V2, V3 – с ванилином; G1, G2 – с гваяколом. Рост чистых культур оценивали в 96-луночных планшетах через 24 ч при 30 °C ($OD_{600} = 0.1$).

Все пять штаммов использовали ванилин как источник углерода: на среде с ванилином 0.5 % оптическая плотность превышала контроль в 1.3–2.6 раза. Наиболее выраженный прирост отмечен у V1, G1 и G2, умеренный – у V3. Рост на гваяколе был избирательным. Выраженный отклик зафиксирован только у V3 (превышение контроля в 1.7 раза), умеренный – у G1; остальные штаммы на гваяколе практически не росли. Максимальные значения получены на смеси ванилина и гваякола (по 0.3 %). У V3 OD_{600} достигла 0.208 – выше, чем на каждом феноле по отдельности; у V2 и G1 значения также превысили показатели на индивидуальных субстратах (0.168 и 0.169), что предполагает синергетический эффект. Полученные данные свидетельствуют о наличии в микробиоме помета шпицбергенского оленя аэробных бактерий с ферментными системами деградации фенолов. Это согласуется с гипотезой об эволюционно закрепленном потенциале микробиома к окислению фенольных соединений, косвенным подтверждением этому служит лакказный ген в геноме клада SRM-1 (Metagenomics …, 2012). В настоящее время проводится идентификация выделенных штаммов методом секвенирования гена 16S рРНК, а также генетический анализ генов потенциальных фенол-деградирующих ферментов.

Из помета северного оленя архипелага Шпицберген выделены пять аэробных бактериальных штаммов, способных расти на минимальной среде с ванилином и гваяколом. Ванилин 0.5 % стимулирует рост всех штаммов, гваякол поддерживает рост только V3 и G1, а смесь фенолов дает максимальный прирост. Результаты расширяют представления о функциональном потенциале микробиома арктических копытных и создают основу для поиска новых ферментов деградации лигнина и фенольных загрязнителей.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (№ 075-15-2025-527 от 30.05.2025 г.).

Список литературы

Adaptation to the High-Arctic island environment despite long-term reduced genetic variation in Svalbard reindeer / N. Dussex, O. K.Tørresen, T. van der Valk, M. L. Moullec, V. Veiberg, A. Tooming-Klunderud, M. Skage, B. Garmann-Aarhus, J. Wood, J. A. Rasmussen, Å. Ø. Pedersen, S. L. F. Martin, K. H. Røed, K. S. Jakobsen, L. Dalén, B. B. Hansen, M. D. Martin // iScience. 2023. Vol. 26, Iss. 10. Article 107811.

Bjune A. E. Pollen analysis of faeces as a method of demonstrating seasonal variations in the diet of Svalbard reindeer (*Rangifer tarandus platyrhynchus*) // Polar Res. 2000. Vol. 19. P. 183–192.

Metagenomics of the Svalbard reindeer rumen microbiome reveals abundance of polysaccharide utilization loci / P. B. Pope, A. K. Mackenzie, I. Gregor, W. Smith, M. A. Sundset, A. C. McHardy, M. Morrison, V. G. H. Eijsink // PLoS ONE. 2012. Vol. 7. Article e38571.

Novel rumen bacterial diversity in two geographically separated sub-species of reindeer / M. A. Sundset, K. E. Præsteng, I. K. O.Cann, S. D. Mathiesen, R. I. Mackie // Microb. Ecol. 2007. Vol. 54. P. 424–438.

ПОМОРСКАЯ МАТЕРИАЛЬНАЯ КУЛЬТУРА НА ШПИЦБЕРГЕНЕ: СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ СОХРАНЕНИЯ И ПУБЛИЧНОЙ РЕПРЕЗЕНТАЦИИ

Н. В. Чалая✉, А. С. Федоров, А.Б . Колесников

Институт археологии РАН, г. Москва, Россия
natalia.chalaya@gmail.com

Материальная культура поморов на Шпицбергене представляет собой совокупность вещественных следов освоения архипелага русскими промышленниками в XVII–первой половины XIX веков и включает остатки становищ, поклонных крестов, некрополей, конструктивные элементы судов, а также археологические находки, происходящие из культурного слоя памятников: предметы личного благочестия, орудия зверобойного промысла и ремесла, предметы быта, культуры и досуга. После ухода поморов с архипелага их наследие практически сразу оказалось под угрозой уничтожения: становые избы, построенные из дерева, разбирались на топливо или перестраивались следующими поселенцами под свои нужды, кресты срубались, комплексы некрополей подвергались мерзлотному выпучиванию и последующему разорению животными. Начавшаяся со второй половины XIX века эпоха стихийного туризма привела к частичному разрушению наиболее доступных памятников, а также изъятию и вывозу найденных туристами предметов.

Профессиональные археологические работы на Шпицбергене начались лишь в 1955 г. со шведско-норвежской экспедиции под руководством Х. Кристианссона и П. Симонсена, обследовавшей и поморское становище Руссекейла. В дальнейшем к археологическим исследованиям подключились экспедиционные группы из Польши, Нидерландов, Финляндии, в том числе совместные. Из-за отсутствия возможности хранить и экспонировать артефакты на архипелаге, находки, сделанные во время работ зарубежных экспедиций, вывозились на материк – в частности, в музей г. Тромсё (Tromsø Museum), однако большинство из них вернулись на Шпицберген после открытия музея в Лонгйире (Svalbard Museum). С 1978 года на Шпицбергене начала работать экспедиция Института археологии АН СССР под руководством В. Ф. Старкова (Старков и др., 2019). Предметы, найденные во время раскопок советской экспедиции, отправлялись на хранение в Баренцбург и впоследствии составили основу археологической экспозиции музея «Помор». Часть массового материала была передана в 2007 г. на временное хранение в музей Шпицбергена (Svalbard Museum).

В 2001 году был принят Закон об охране окружающей среды Шпицбергена (Svalbard Environmental Protection Act, https://lovdata.no/dokument/NLE/lov/2001-06-15-79), вступивший в силу в 2002 г., который автоматически защитил все следы человеческой деятельности на архипелаге по 1945 г. включительно. Для археологических исследований это предполагает запрет на любые инвазивные методы исследования памятников. Раскопки стали возможны только при выдаче специального разрешения Директората культурного наследия Норвегии, последнее такое разрешение было выдано в рамках проекта LASHIPA 5 в 2007–2008 гг. для раскопок на мысе Кокеринесет (Kokerineset). Законодательство также запрещает забирать и перемещать любые артефакты, найденные на территории памятника. В текущих требованиях полевые археологические работы сводятся преимущественно к визуальному обследованию, фотофиксации и цифровой документации без физического вмешательства в структуру памятника, что определяет специфику работ по сохранению культурного наследия.

Основными задачами Шпицбергенской экспедиции Института археологии РАН являются мониторинг уже известных памятников и археологические разведки с целью обнаружения и фиксации новых. На памятниках проводится визуальное обследование, геодезическая съемка, фотофиксация и фотограмметрия артефактов *in situ*. До 2022 года на памятниках осуществлялась аэрофотосъемка с беспилотных воздушных судов, в настоящее время из-за запрета гражданам

Российской Федерации на подобный вид деятельности применяется съемка с телескопической рейки. Построение трехмерных цифровых моделей памятников и сравнение моделей за разные годы позволяет оценить текущее состояние памятника и критические изменения его состояния. По данным норвежских ученых (Nicu et al., 2025), 55.3 % всех объектов культурного наследия Шпицбергена находятся в зоне воздействия криосферных опасностей. Поморские памятники расположены преимущественно в прибрежной зоне и подвержены береговой эрозии, росту мощности активного слоя и солифлюкции, что становится актуальной проблемой при вызванной изменениями климата активизации природных процессов. Возможная деградация многолетнемерзлых толщ с одной стороны открывает возможности для обнаружения новых артефактов, но в то же время может привести к физическому уничтожению памятников, и для ряда из них эта опасность может стать реальностью уже в течение ближайших десятилетий.

Одним из ключевых направлений работ по сохранению поморского культурного наследия является цифровая каталогизация. Норвежская база Kulturminnesøk (https://www.kulturminnesok.no/) служит официальным реестром объектов культурного наследия на территории Шпицбергена, однако информация по поморским памятникам в ней зачастую скудна и содержит неточности, что делает формирование российского аналога подобного реестра актуальной задачей. Параллельно ведется работа по публикации и цифровой репрезентации археологической коллекции. Вышедший каталог археологической коллекции музея «Помор» (Державин, Колесников, 2020) впервые систематизировал и опубликовал находки Шпицбергенской экспедиции Института археологии РАН с подробной фотодокументацией, обеспечив доступ исследователей к материалам, физически изолированным на архипелаге. Дальнейшим развитием этого направления стала оцифровка наиболее значимых артефактов методом фотограмметрии: созданные трехмерные модели воспроизводят оригинальную текстуру и цветопередачу и пригодны для демонстрации на онлайн-площадках в научных и просветительских целях. Полученный опыт использовался при полевых работах 2026 г. на некрополе Эбельтофтхамна, где методом фотограмметрии была получена трехмерная модель обнажившегося в погребении черепа, послужившая основой для реконструкции внешнего облика погребенного.

Поскольку норвежское законодательство запрещает вывоз археологических артефактов с Шпицбергена, единственным способом их физической репрезентации за пределами архипелага является создание и демонстрация точных копий. Трехмерные модели артефактов, полученные методом фотограмметрии, воспроизводятся на фотополимерном 3D-принтере с последующей ручной росписью, что позволяет добиться высокого сходства с оригиналом как по форме, так и по цвету и фактуре. Подобные копии пригодны для экспонирования взамен оригиналов, физически недоступных для вывоза, что расширяет возможности репрезентации поморского материального наследия за пределами Шпицбергена.

Список литературы

Державин В. Л., Колесников А. Б. Археологическая коллекция музея «Помор» на Шпицбергене. Исследования в Арктике Института археологии Российской академии наук. М.: Ин-т археологии РАН, 2020.160 с.

Старков В. Ф., Завьялов В. И., Державин В. Л. Сорок лет российским археологическим исследованиям на Шпицбергене // Краткие сообщения Института археологии РАН. 2019. Вып. 255. С. 221–227.

Nicu I. C., Guzman P., Stoleriu C. C. Unfreezing the past: near Pan-Svalbard assessment of cryospheric hazards to Arctic cultural heritage // Sci. Total Environ. 2025 Oct. 20. Vol. 1000. Article 180424. doi: 10.1016/j.scitotenv.2025.180424

КАЛЕНДАРЬ ЗНАМЕНАТЕЛЬНЫХ ДАТ «ИЗ ИСТОРИИ ШПИЦБЕРГЕНА» КАК ИНСТРУМЕНТ СОХРАНЕНИЯ И ПОПУЛЯРИЗАЦИИ ИСТОРИЧЕСКОЙ ПАМЯТИ НА АРХИПЕЛАГЕ ШПИЦБЕРГЕН

Р.В. Чернакова[1]✉, Д.Н. Солдатова[2]

[1]Корпорация развития Дальнего Востока и Арктики, г. Москва, Россия
[2]Военный университет им. князя Александра Невского, г. Москва, Россия
graceslick@list.ru

В докладе рассматривается календарь знаменательных дат и событий «Из истории Шпицбергена», создаваемый в рамках просветительского проекта «Шпицберген: ближе, чем кажется». Календарь охватывает историю, культуру, экономику Шпицбергена, а также рассказывает о людях, которые внесли значительный вклад в освоение, изучение и развитие архипелага.

Цель календаря состоит в систематизации и популяризации сведений о значимых датах истории архипелага, связанных с поморскими промыслами, научными экспедициями, географическими исследованиями, угледобычей, международно-правовым статусом Шпицбергена, а также с биографиями выдающихся людей, связанных с архипелагом.

Акцент сделан на деятельности советских и российских организаций, развитии поселений Баренцбург, Пирамида, Грумант, Колсбей, но не ограничивается ими – также представлена история зарубежных организаций и поселков.

Календарь «Из истории Шпицбергена» издается в электронном виде с 2024 г. и размещается в открытом доступе в социальных сетях проекта «Шпицберген: ближе, чем кажется». Календарь за 2025 год доступен на сайте электронной библиотеки «Кольский Север».

Календарь состоит из двух частей: годового хронографа, в котором представлены юбилеи событий с точной датой или точным месяцем, и исторических дат с неустановленным месяцем и числом. Информация представлена в виде короткой исторической или биографической справки с указанием источника.

В сообщении будут представлены принципы формирования календаря: отбор юбилейных дат, верификация фактического материала, соотнесение локальной истории архипелага с российским и международным историческим контекстом, сочетание событийной и персональной составляющих.

Будет представлен календарь «Из истории Шпицбергена» на 2027 год. Он включает такие важные исторические даты, как 460-летие со дня рождения голландского адмирала Якоба ван Хеемскерка, одного из первооткрывателей Шпицбергена; 190-летие первой шведской научной экспедиция на Шпицберген под руководством натуралиста-зоолога Свена Ловена; 175-летие последней русской промысловой экспедиции; 110-летие основания ныне упраздненного шведского пос. Свеагрува, 100-летие с приобретения акционерным обществом «Англо-русский Грумант» участка в районе горы Пирамида; 95-летие приобретения трестом «Арктикуголь» рудника Баренцбург.

Основные типы источников для календаря составляют научные публикации, периодическая печать, документы организаций, музейные фонды. Календарь предназначен для широкой аудитории: специалистам государственных организаций, учреждений культуры, средств массовой информации, архивов, дипломатическим работникам, преподавателям и учителям, студентам и учащимся, а также всем, кто интересуется историей Шпицбергена. Особое внимание предполагается уделить возможностям использования календаря в научно-просветительской, образовательной, музейной и библиотечной практике.

Календарь предлагается рассматривать не только как справочное издание, но и как средство формирования устойчивого интереса к истории российской деятельности на архипелаге и сохранения исторической памяти о Шпицбергене.

ВКЛАД ФЁНОВ В ТАЯНИЕ ЛЕДНИКОВ В ЗАЛИВЕ ГРЁН-ФЬОРД

А. А. Шестакова[1]✉, У. В. Прохорова[2], А. В. Терехов[2], Н. Э. Елагина[3], К. В. Ромашова[2], И. И. Василевич[2]

[1]Институт физики атмосферы им. А. М. Обухова РАН, г. Москва, Россия
[2]Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, г. Санкт-Петербург, Россия
[3]Институт географии РАН, г. Москва, Россия
shestakova@ifaran.ru

Фён – это мезомасштабная циркуляция, возникающая в результате взаимодействия крупномасштабного ветрового потока с горами, которая проявляется на подветренных склонах в виде сильного, порывистого и теплого ветра. Значительное влияние фёнов на поверхностный баланс массы ледников ранее отмечалось в различных регионах планеты, включая полярные регионы (Atmospheric …, 2020; Increasing …, 2023; Atmospheric-river-induced …, 2024).

Известно, что фёны наблюдаются и на Шпицбергене (Shestakova et al., 2020). Для систематической оценки вклада фёнов в таяние на ледниках в заливе Грён-фьорд, т. е. в районе Шпицбергена, где ледники испытывают самые высокие темпы потери массы на архипелаге, было проведено моделирование поверхностного баланса массы и тепла ледников Альдегонда, Западный Грёнфьорд и Восточный Грёнфьорд. Для этого использовалась модель IGRICE (The new …, 2025) с входными данными из реанализа CARRA1 с разрешением 2.5 км. Такой подход позволил явно воспроизвести фёновый эффект благодаря относительно высокому разрешению реанализа. Модель верифицировалась на данных измерений – метеорологических, гляциологических, гидрологических и турбулентных – собранных за последние десятилетия на трех ледниках. Моделирование проводилось для всего периода, когда доступны данные реанализа, т. е. с 1991 по 2025 гг.

С помощью кластерного анализа полей ветра было выявлено два типа фёнов (при юго-восточном и восточном натекающем потоке), которые различаются по своему влиянию на поверхностный тепловой баланс и вкладу в таяние в разные сезоны года.

При юго-восточных фёнах турбулентный поток тепла резко увеличивается и может превышать вклад коротковолнового радиационного баланса. Летом юго-восточные фёны также сопровождаются усилением потока скрытого тепла за счет адвекции влаги, что дополнительно стимулирует таяние. При восточных фёнах коротковолновый радиационный баланс преобладает в тепловом балансе, а вклад турбулентных потоков менее выражен, чем для юго-восточных фёнов. Наиболее интенсивные эпизоды таяния при восточном фёне отмечаются весной и сопровождаются положительными аномалиями температуры воздуха.

По нашим оценкам, оба типа фёнов в совокупности вносят от четверти до трети в общее таяние исследуемых ледников, несмотря на их относительно низкую повторяемость в сезон абляции. В среднем юго-восточные фёны вносят 15–17 % в суммарное таяние, восточные фёны – около 12 %. Юго-восточные фёны приводят к самым высоким темпам таяния по сравнению с другими погодными режимами в июне–июле. Суммарный вклад фёнов достигает максимума в апреле–мае и сентябре–октябре. В целом Западный Грёнфьорд и особенно Восточный Грёнфьорд более подвержены влиянию фёна, чем Альдегонда из-за их ориентации относительно натекающего потока. Это подтверждается оценками совокупного вклада фёнов как в таяние, так и в речной сток (хотя различия во вкладе между ледниками довольно малы – 4–5 %). Это подтверждает выводы (Вклад …, 2026), основанные на результатах моделирования одного случая фёна в августе 2025 г.

Список литературы

Вклад фёнового эффекта в таяние ледников залива Грёнфьорд (Шпицберген) на примере эпизода 4–5 августа 2025 года / А. А. Шестакова, А. И. Нарижная, И. А. Репина, А. Д. Пашкин, А. Ю. Артамонов, А. Е. Мамонтов, А. В. Тимажев // Лёд и Снег. 2026. Т. 66, № 1. С. 81–90. URL: https://doi.org/10.7868/S2412376526010066

Atmospheric drivers of melt on Larsen C Ice Shelf: Surface energy budget regimes and the impact of foehn / A. D. Elvidge, P. Kuipers Munneke, J. C. King, I. A. Renfrew, E. Gilbert // J. Geophys. Res. Atmos. 2020. Vol. 125, no. 17. P. e2020JD032463. URL: https://doi.org/10.1029/2020JD032463

Atmospheric-river-induced foehn events drain glaciers on Novaya Zemlya / J. Haacker, B. Wouters, X. Fettweis, I. A. Glissenaar, J. E. Box // Nat. Comm. 2024. Vol. 15, no. 1. Article 7021.

Increasing extreme melt in northeast Greenland linked to foehn winds and atmospheric rivers / K. S. Mattingly, J. V. Turton, J. D. Wille, B. Noël, X. Fettweis, Å. K. Rennermalm, T. L. Mote // Nat. Comm. 2023. Vol. 14, no. 1. Article 1743.

Shestakova A. A., Toropov P. A., Matveeva T. A. Climatology of extreme downslope windstorms in the Russian Arctic // Weather and Climate Extremes. 2020. Vol. 28. P. 100256–100272.

The new IGRICE Model as a tool for studying the mechanisms of glacier retreat / P. A. Toropov, A. A. Shestakova, A. Y. Muraviev, E. D. Drozdov, A. A. Poliukhov // Climate. 2025. Vol. 13, no. 12. P. 248–280.

НЕКОТОРЫЕ ЗАМЕТКИ О ПОЗДНЕМЕЗОЗОЙСКОМ МАГМАТИЗМЕ ОСТРОВНОГО ОБРАМЛЕНИЯ БАРЕНЦЕВОМОРСКОЙ КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ ОКРАИНЫ (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИССЛЕДОВАНИЙ НА АРХИПЕЛАГАХ ШПИЦБЕРГЕН И ЗЕМЛЯ ФРАНЦА-ИОСИФА)

Э. В. Шипилов

Полярный геофизический институт, г. Мурманск, Россия
shipilov@pgi.ru

Позднемезозойские базальтоидные образования архипелага Шпицберген, так же, как и Земли Франца-Иосифа, входят в состав обширного ареала Баренцевоморской магматической провинции, охватывающей помимо этих архипелагов и значительную часть континентальной окраины. В тектоническом отношении вмещающие комплексы пород вместе с рассматриваемыми силлами (Земля Норденшельда) слагают западную бортовую часть Центрально-Шпицбергенского (Западно-Шпицбергенского) бассейна (грабенообразного прогиба). Этот бассейн был сформирован после завершения свальбардской складчатости в результате проявления главного этапа растяжения и грабенообразования с девона по средний карбон, завершившегося в башкирское время. Унаследованное грабенообразование последовало в кайнозое с накоплением эоцен-олигоценовых отложений синхронно с развитием прогиба Форландсундет, лежащим между о. Земля Принца Карла и Западным Шпицбергеном. Перед этими событиями, в середине палеоцена (на уровне хрона 24в – 58–59 млн лет) запад Баренцевоморской континентальной окраины, испытал геодинамический импульс сжатия, связанный со стартовой фазой развития Норвежско-Гренландского и Евразийского бассейнов. Раскрытие этих бассейнов сопровождалось транспрессивным взаимодействием Гренландии и Шпицбергенского сегмента окраины, что зафиксировано сооружением Западно-Шпицбергенского и Эуреканского складчато-надвиговых поясов. Естественно, что в эти трансформации наравне с вмещающими породами были вовлечены пластовые тела интрузий. Некоторые их обнажения отличаются сильной раздробленностью, особенно в условиях изгибов слоев и в сбросовых уступах. Тогда как в моноклинальном залегании пласты базальтов представлены относительно крупноблоковыми монолитами.

Важным тектоническим событием в плане экспозиции пластовых интрузий на дневную поверхность является проявление одной из мощнейших в геологической истории Баренцевоморской окраины фазы эрозии и денудации, установленной по данным бурения и сейсмических разрезов и связанной с общим предрифтовым аплифтом региона. Только во внутренних районах шельфа величины смытого за кайнозой разреза оцениваются в 1.5–2.0 км, нарастая к его периферийным зонам, непосредственно прилегавшим в конце мела–начале палеогена к областям заложения предспрединговых межконтинентальных рифтовых ветвей и их систем, до 3.0 км и более.

Исследователями отмечается, что до половины от указанной мощности смытых отложений приходится на деятельность, связанную с гляциальными процессами.

В результате избирательной эрозии и экзарационной деятельности ледников интрузивные комплексы базальтоидов сохранились в рельефе архипелага в виде эскарпов, нередко сопровождаемых желобами выпахивания во вмещающих отложениях.

Вместе с тем широкое распространение получили положительные формы рельефа, образовавшиеся и сохранившиеся благодаря бронированию силлами, что имеет место и на архипелаге Земля Франца-Иосифа.

Помимо отмеченного, на Шпицбергене диабазовые силлы и дайки развиты и в восточной части о. Западный Шпицберген, а также на островах Северо-Восточная Земля, Баренца, Эдж и др.

В сравнительном отношении отличие архипелага Шпицберген от архипелага Земля Франца-Иосифа состоит в том, что в первом раннемеловые проявления магматизма отмечаются с подавляющим преимуществом в виде силлов. Тогда как архипелаг Земля Франца-Иосифа характеризуется наибольшим разнообразием форм проявления магматизма. Здесь многочисленные силлы, дайки, покровы зафиксированы в обнажениях и вскрыты бурением параметрических скважин, иногда встречаются и следы вулканических аппаратов. Эти различия хорошо просматриваются в структуре аномального магнитного поля архипелагов. Вместе с тем, проведенные нами исследования свидетельствуют о сходстве геохимических и возрастных параметров магматических систем раннемелового магматизма Земли Норденшельда и Земли Франца-Иосифа (Шипилов, 2016, 2023, 2025; Шипилов, Лобковский, 2016). В плане распространения, рассматриваемые базальтоидные образования являются крайней западной периферией обширного Баренцевоморского магматического ареала, включающего Шпицберген, Землю Франца-Иосифа и охватывающего, помимо архипелагов значительную часть континентальной окраины. Проведенные исследования позволяют обосновать выделение соответствующего тектономагматического этапа на уровне ~ 130 млн лет (готерив-баррем), обусловленного проявлением плюмового события.

В заключение следует подчеркнуть, что раннемеловая фаза в Арктическом регионе характеризуется мощными импульсами растяжения литосферы, связанными с формированием Канадского бассейна и сопровождаемыми максимально активной магматической деятельностью, что отчетливо получило отражение на Шпицбергене и Земля Франца-Иосифа. Это событие запечатлено на сейсмических разрезах в виде несогласия с возрастом ~ 130–136 млн лет на континентальных окраинах Канадского бассейна и обусловлено основной фазой деструкции и растяжения литосферы. Достаточно очевидно, что возраст этого несогласия совпадает с обозначенным интервалом возрастов рассматриваемых магматических образований Шпицбергена и Земли Франца-Иосифа. Вместе с тем, обращает на себя внимание и то, что помимо интрузивного магматизма, на Шпицбергене и Земле Франца-Иосифа отмечаются позднемезозойские покровные лавовые образования, т. е. имели место эпизоды прорыва магмы через разломные зоны на поверхность. По нашему мнению, это один из показателей, позволяющий судить о глубинных геодинамических условиях формирования ареала и структуры Баренцевоморской магматической провинции – с возникновением в ее составе сводово-блоковых поднятий и развитием бассейнов (Лобковский и др., 2021). В данном случае, в позднемезозойское время, имело место массированное поступление дериватов базальтового расплава из крупномасштабной подлитосферной магматической линзы, в результате которого возникли высоко стоящие структуры коры в виде островов Земли Франца-Иосифа и Шпицбергена с платобазальтовым магматизмом. Однако значительная часть базальтовых расплавов осталась под утоненной литосферой и в дальнейшем в процессе остывания и метаморфизма перешла в эклогиты, что способствовало возобновлению или дальнейшему погружению коры Восточно-Баренцевоморского и Центрально-Шпицбергенского осадочных бассейнов.

Список литературы

Лобковский Л. И., Шипилов Э. В., Сорохтин Н. О. Образование основных тектонических структур и магматических провинций Арктики в позднем мелу-кайнозое с позиций субдукционно-конвективной модели ее эволюции // Докл. РАН. Науки о Земле. 2021. Т. 501, № 1. С. 5–10.

Шипилов Э. В. Плюмовый магматизм в геодинамической эволюции Амеразийского бассейна // Комплексные исследования природы Шпицбергена и прилегающего шельфа: Матер. Всерос. науч. конф. с междунар. участием. Вып. 13. Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2016. С. 399–410.

Шипилов Э. В. К характеристике раннемелового платобазальтового магматизма Шпицбергена (Земля Норденшельда) // Тр. Кольского науч. центра РАН. Сер. Естественные и гуманитарные науки. 2023. Т. 2, № 2. С. 104–118.

Шипилов Э. В. Баренцевоморский позднемезозойский мультиплюмовый магматизм: локализация, формы и фазы проявления // Тр. Кольского науч. центра РАН. Сер. Естественные и гуманитарные науки. 2025. Т. 4, № 3. С. 99–126.

Шипилов Э. В., Лобковский Л. И. Позднемезозойский плюмовый магматизм Арктического региона: геохронология, фазы и геодинамические обстановки проявления // Арктика: экология и экономика. 2016. № 2(22). С. 72–81.

ШПИЦБЕРГЕН – УНИКАЛЬНЫЙ ПОЛИГОН ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ

Н. К. Белишева✉, В. В. Мегорский, А. А. Мартынова, Н. Л. Соловьевская

Федеральный исследовательский центр Кольский научный центр РАН, г. Апатиты, Мурманская область, Россия
natalybelisheva@mail.ru

Полярным исследованиям многие страны придают большое значение. Это обусловлено сочетанием научных, экологических, политических и экономических интересов. С точки зрения науки, полярные регионы являются ключевыми районами планеты, изучение которых способствует пониманию глобальных климатических процессов, влияющих на окружающую среду (An assessment …, 2023). В последнее время активный интерес к полярным регионам проявляют и неарктические страны (Китай, Бразилия, Турция, Сингапур и Индия). Участие Китая в изучении Арктики началось в 1925 г., когда страна присоединилась к договору о Шпицбергене (Khanna, 2025). Одним из важнейших этапов реализации арктической инициативы Китая стало создание и открытие в 2004 г. первой китайской арктической наблюдательной станции «Хуанхэ» (Yellow River Station), расположенной в поселке Ню-Олесунн на архипелаге Шпицберген, которая 9 октября 2021 г. получила официальное название «Национальная станция наблюдений и исследований системы Земля “Хуанхэ” (Арктика)». Станция «Хуанхэ» является крупнейшей в мире обсерваторией космической физики (Xu, Xu, 2022).

Почему архипелаг Шпицберген представляет научный интерес не только для арктических, но и для неарктических государств? Геофизическая особенность Шпицбергена заключается в его расположении в области каспа (Space …, 2023) – своеобразной воронки на дневной стороне магнитосферы, где напряженность магнитного поля близка к нулю, и где разомкнутые силовые линии геомагнитного поля (ГМП) соединяются с линиями межпланетного магнитного поля (ММП), что позволяет ускоренной плазме солнечного ветра (СВ) проникать в магнитосферу и ионосферу Земли (Di Matteo, Sivadas, 2022). Физические процессы, обусловленные взаимодействием СВ с магнитосферой в области каспа, затрагивают, практически, все оболочки Земли. Именно поэтому Норвегия выступила с инициативой создания Интегрированной системы наблюдений за Землей на Шпицбергене [Svalbard Integrated Earth Observing System (SIOS)] – международного проекта,

направленного на разработку и поддержание региональной системы для проведения долгосрочных наблюдений на самом архипелаге и прилегающих к нему территориях. Целью SIOS является создание и развитие многопрофильной исследовательской инфраструктуры для укрепления статуса Шпицбергена как центра передовых арктических исследований мирового уровня, а также обеспечение интеграции имеющихся разнообразных данных для анализа взаимовлияния наблюдаемых изменений и системных выводов, выходящих за рамки обсуждения отдельных параметров (SESS …, 2019). Однако, несмотря на широкий спектр исследований, проводимых в рамках программы SIOS, вопрос о влиянии космической погоды на организм человека в условиях архипелага Шпицберген, оказался за рамками научных направлений консорциума.

Вместе с тем, беспрепятственное проникновение солнечных частиц в область каспа приводит к возникновению геофизических феноменов, ассоциированных с пульсациями ГМП в очень низкочастотном диапазоне, соответствующем ритмам сердца и мозга (Связь …, 2018). Поэтому уязвимость психоэмоционального состояния полярников обусловлена не только климатогеографическими особенностями высоких широт, социальной изоляцией, сенсорной депривацией (Palinkas, Suedfeld, 2008), но также воздействием геофизических агентов (космической погоды) на организм человека (Belisheva, 2019). Анализ случаев заболеваемости в российских поселениях на Шпицбергене в зависимости от условий космической погоды выявил, что различные формы заболеваний изменялись синхронно и были связаны с колебаниями параметров космической погоды. Было установлено, что психические расстройства, а также частота травм и отравлений у жителей российских поселений на Шпицбергене коррелируют с изменчивостью солнечной активности (Belisheva, 2019).

Исследования, проведенные НИЦ МБП КНЦ РАН в 2017 и 2018 гг. в пос. Баренцбург показали, что психофизиологическое состояние человека в области полярного каспа крайне чувствительно к воздействию факторов околоземного космического пространства (Связь …, 2018; Belisheva, 2019). Было показано, что вариации геофизических агентов сопряжены с изменчивостью характеристик сердечного ритма, с динамикой ежедневных показателей свертываемости крови, психического состояния, включая тревожность, самочувствие, активность, настроение. Это означает, что космическая погода может снижать бдительность, влиять на сон, вызывать спутанность сознания. Было показано, что на архипелаге Шпицберген у 100 % испытуемых психофизиологическое состояние зависит от вариаций геокосмических агентов. Выявлены геофизические агенты, влияющие на центральную нервную систему и функции головного мозга, на функции организма, регулируемые автономной нервной системой. Установлены индикаторы воздействия космической погоды на организм человека, такие как окислительно-восстановительный потенциал воды и показатели газоразрядной визуализации (ГРВ), характеризующие физико-химические свойства кожной поверхности. Апробированы различные сочетания индикаторов психоэмоционального состояния организма для коррекции психосоматических реакций на основе реабилитационного комплекса «Реакор» для тренинга с биологической обратной связью (БОС). В результате исследований, выполненных с применением комплекса «Реакор», показано, что БОС-тренировка может существенно снизить зависимость психофизиологического состояния от внешнего воздействия, включая факторы космической погоды.

Уникальность геофизических условий в области полярного каспа и высокая к ним чувствительность организма человека позволяет рассматривать архипелаг Шпицберген как уникальный полигон для изучения медико-биологических эффектов космической погоды, с целью поиска и апробации средств для снижения рисков, обусловленных человеческим фактором в экстремальных условиях Арктики.

Список литературы

Связь параметров межпланетного магнитного поля и солнечного ветра в области полярного каспа с психофизиологическим состоянием жителей арх. Шпицберген / Н. К. Белишева, А. А. Мартынова, С. В. Пряничников, Н. Л. Соловьевская, Т. С. Завадская, В. В. Мегорский // Вестн. Кольского науч. центра РАН. 2018. Т. 4(10). С. 5–24. doi: 10.25702/KSC.2307-5228.2018.10.4.5-24

An assessment of China's participation in polar subregional organizations / Y. Y. Shan, J. F. He, P. Q. Guo, L. He // Adv. Polar Sci. 2023. Vol. 34, no. 1. P. 56–65. doi: 10.13679/j.advps.2022.0023

Belisheva N. K. The Effect of Space Weather on Human Body at the Spitsbergen Archipelago // IntechOpen. 2019. URL: http://doi.org/10.5772/intechopen.85021

Di Matteo S. Sivadas N. Solar-wind/magnetosphere coupling: Understand uncertainties in upstream conditions // Front. Astron. Space Sci. 2022. Vol. 9. Article 1060072. doi: 10.3389/fspas.2022.1060072

Khanna M. Special report. China and the Arctic: An Overview. 2025. March, no. 252. URL: https://www.orfonline.org/public/uploads/posts/pdf/20250318104526.pdf

Palinkas L.A., Suedfeld P. Psychological effects of polar expeditions // Lancet. 2008. Vol. 371. P. 153–163. doi: 10.1016/S0140- 6736(07)61056-3

SESS report 2018, Longyearbyen, Svalbard Integrated Arctic Earth Observing System / Orr et al. (Eds.). 2019. URL: www.sios-svalbard.org/SESSreport

Space and atmospheric physics on Svalbard: a case for continued incoherent scatter radar measurements under the cusp and in the polar cap boundary region / L. Baddeley, D. Lorentzen, S. Haaland, E. Heino, I. Mann, W. Miloch, K. Oksavik, N. Partamies, A. Spicher, Ju. Vierinen // Prog. Earth Planet. Sci. 2023. Vol. 10. Article 53. URL: https://doi.org/10.1186/s40645-023-00585-9

Xu Q. C., Xu Q. Y. Chinese science diplomacy in Arctic climate governance based on a survey and interviews with Chinese scientists // Adv. Polar Sci. 2022. Vol. 33(4). P. 356–367. doi: 10.13679/j.advps.2022.0013

МАССОВАЯ СКОРОСТЬ НАКОПЛЕНИЯ (MAR) В ЗАЛИВАХ АРХИПЕЛАГА ШПИЦБЕРГЕН В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

Н. С. Иванова✉, И. С. Усягина, Н. И. Мещеряков, А. А. Намятов

Мурманский морской биологический институт РАН, г. Мурманск, Россия
ivanona_ns@mmbi.info

Арктика является одним из наиболее чувствительных к современному изменению климата регионов Земли. Потепление сопровождается сокращением площади ледников и увеличением продолжительности периода абляции, что отражается на поступлении терригенного материала в морские бассейны (Процессы…, 2000). Для архипелага Шпицберген характерны одни из наиболее высоких темпов современных климатических изменений в Арктике (Long-term …, 2014). В результате изменения ледникового и речного стока меняются объем и характер поступления взвешенного вещества в морские бассейны, что отражается на интенсивности современного осадконакопления.

Одним из показателей интенсивности поступления осадочного вещества является массовая скорость накопления (MAR, Mass Accumulation Rate, г/см^2/год). В отличие от линейной скорости седиментации (SAR, см/год), MAR учитывает плотность осадка, поэтому лучше подходит для сопоставления данных, полученных для разных фьордов и участков морских бассейнов. В литературе представлены данные о MAR для отдельных районов Шпицбергена и разных временных периодов, однако их сопоставление в контексте долгосрочных изменений – от завершения Малого ледникового периода до современного потепления – остается ограниченным.

Цель работы – оценить пространственно-временную динамику MAR во фьордах западного и восточного побережья Шпицбергена от завершения Малого ледникового периода до XXI века и определить основные факторы, контролирующие изменение потоков осадочного вещества.

В работе представлены новые данные о массовой скорости накопления, полученные на основе радиоизотопного датирования донных отложений. Проведено их сопоставление и обобщение с литературными данными. Для сравнения результатов фьорды условно разделены на внутреннюю, центральную и внешнюю зоны в зависимости от удаленности от основных источников осадочного материала.

Новые данные по MAR получены для центральной части Грён-фьорда. В апреле 2024 г. в рамках экспедиции ММБИ РАН была отобрана колонка донных отложений длиной 48 см (глубина 95 м). Возраст осадков и массовую скорость накопления рассчитывали по содержанию избыточного ^{210}Pb с использованием модели постоянного потока и постоянной скорости седиментации (CFCS). Полученная хронология была верифицирована по распределению ^{137}Cs и ^{241}Am в осадочной колонке.

Полученные данные показывают выраженную пространственную и временную неоднородность MAR во фьордах Шпицбергена. Максимальные значения в большинстве бассейнов приурочены к районам поступления ледникового и речного стока, однако интенсивность накопления существенно различается даже между сопоставимыми участками. Наиболее контрастный пространственный градиент выявлен в Конгс-фьорде, где MAR в 1990 г. снижалась от 1.84 до 0.02 г/см^2/год при переходе от внутренней к внешней части бассейна (The physical …, 2002). В Хорнсунне пространственный диапазон также достигал двух порядков (Zaborska, 2017). Сравнение MAR для разных временных интервалов показывает в целом увеличение значений в период современного потепления, однако масштаб изменений различается между бассейнами и отдельными участками. В Билле-фьорде с середины XX к началу XXI века MAR увеличилась примерно в 4.5–5 раз, в Адвент-фьорде – в 1.4–1.7 раза в 1963–2001 гг. (Zajączkowski et al., 2004). В Грён-фьорде увеличение в южной части достигало 4–8 раз, тогда как в центральной части изменения были минимальными.

Таким образом, для акваторий Шпицбергена в целом характерна тенденция к увеличению MAR в период современного потепления, однако масштаб и характер этих изменений существенно различаются между бассейнами и отдельными участками. Пространственная неоднородность динамики MAR определяется сочетанием интенсивности поступления осадочного материала и условий его переноса и аккумуляции внутри бассейнов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 25-27-00616, ММБИ РАН) «Радиоизотопные исследования донных отложений залива Грён-фьорд (Шпицберген) как инструмент палеоклиматической реконструкции после Малого ледникового периода».

Список литературы

Процессы седиментации на гляциальных шельфах / Г. А. Тарасов, И. А. Погодина, В. Б. Хасанкаев, Н. А. Кукина, М. В. Митяев. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2000. 473 с.

Long-term temperature trends and variability on Spitsbergen: the extended Svalbard Airport temperature series, 1898–2012 / Ø. Nordli, R. Przybylak, A. E. J. Ogilvie, K. Isaksen // Polar Res. 2014. Vol. 33. P. 21349.

The physical environment of Kongsfjorden–Krossfjorden, an Arctic fjord system in Svalbard / H. Svendsen, A. Beszczynska-Møller, J. O. Hagen et al. // Polar Res. 2002. Vol. 21, no. 1. P. 133–166.

Zaborska A. Sources of ^{137}Cs to an Arctic fjord (Hornsund, Svalbard) // J. Environ. Radioactivity. 2017. P. 19–26.

Zajączkowski M., Szczuciński W., Bojanowski R. Recent changes in sediment accumulation rates in Adventfjorden, Svalbard // Oceanologia. 2004. Vol. 46, no. 2. P. 217–231.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

Стр.

Матишов Г. Г., Моисеев Д. В., Максимовская Т. М. Аномальное потепление Баренцева моря летом 2026 года …….. 5

Алексеева Т. В., Алексеев А. О., Демидов В. Э., Малышев В. В. Коэволюция растительного и почвенного покровов в девоне на примере о. Западный Шпицберген …….. 7

Алексеев А. О., Алексеева Т. В., Малышев В. В., Тельнова О. П., Демидов В. Э. Информационный потенциал палеопочв в восстановлении природных условий девонского периода (территория Земли Диксона, архипелаг Шпицберген) …….. 9

Белаховский В. Б., Джин Я., Ягодкина О. И., Милош В. Влияние ионосферных возмущений на сигналы глобальных навигационных спутниковых систем в области аврорального овала и полярной шапки …….. 11

Белякова Н. Ю. Русский Шпицберген: человеческий капитал территории в XXI веке 11

Борисик А. Л., Лаврентьев И. И., Кочанова О. В. Особенности внутреннего строения и динамика ледников центральной части Земли Диксона по данным радиолокационного зондирования 14

Василенко И. Н., Демидов В. Э. Динамика зарастания морен Шпицбергена по данным анализа космических снимков …… 16

Гекова А. В., Латышева И. В., Лощенко К. А., Гиниятуллин Р. А., Назаров Н. Д. Современные климатические особенности Шпицбергена (на примере метеостанции «Баренцбург») …….. 17

Гонтарь О. Б., Жиров В. К. Снижение стресса работников замкнутых пространств методами арктической ландшафтной терапии …….. 19

Гребнева Е. А., Крашенинникова С. Б., Сысоев А. А., Сысоева И. В., Лукьянова О. Н., Щука А. С. Особенности пространственного распределения фитопланктона и факторы его определяющие в водах морей европейской Арктики (Карское и Баренцево) в ноябре–декабре 2023 г. …….. 22

Гуляева Е. Н., Марковская Е. Ф., Шмакова Н. Ю., Стародубцева А. А. Адаптивные изменения пигментного состава морских прибрежных растений вдоль широтного градиента от северной тайги до арктических пустынь …… 24

Демешкин А. С., Семенов Д. А., Пядушкин С. А. Приоритетные загрязняющие вещества в почвах архипелага Шпицберген ……. 25

Демин В. И., Иванов Б. В. Оценка пространственно-временных неоднородностей изменений температуры воздуха на Шпицбергене …….. 27

Долгов А. В., Быков А. Д., Моисеева Н. Е., Сивкова В. П. Новые данные по биологии рыб архипелага Земля Франца-Иосифа в 2025 г. …….. 29

Дэспирак И. В., Любчич А. А., Клейменова Н. Г. Суббури, наблюдаемые в полярных широтах ……. 31

Ежова Н. М. Жизнь семьи в жизни поселка. 1965–1967 гг., рудник Пирамида, по дневникам моих родителей ……. 32

Зимина О. Л. Личиночные стадии донных беспозвоночных как компонент зоопланктона залива Ис-фьорд (о. Западный Шпицберген) ……... 34

Иванов Б. В., Ревина А. Д., Карандашева Т. К., Безгрешнов А. М., Алтынбаева М. А., Лондикова Н. В. Особенности ледового режима залива Грён-фьорд в условиях современных изменений климата …….. 35

Казакова Е. О., Клиндух М. П., Рыжик И. В. Динамика газообмена CO_2 *Honckenya peploides* и *Fucus vesiculosus* Баренцева моря в период белых ночей ……. 37

Казанин А. Г. Комплексные исследования МАГЭ на Арктическом шельфе в XXI веке: география, экология, минеральные ресурсы ……..... 39

Кашдан А. И., Шейнкман В. С. Моделирование формирования клиньев в зоне налегания (GZW) в Стур-фьорде (Шпицберген) в период дегляциации …….. 41
Коноpева Л. А., Чесноков С. В. Лишайники острова Земля Принца Карла (Шпицберген) ……... 42
Константинова Н. А., Савченко А. Н. Итоги работ ПАБСИ по изучению флоры печеночников архипелага Шпицберген и актуальные задачи дальнейшего изучения этой группы растений на архипелаге ……. 44
Лаппо Е. Г., Ежов А. В., Корсакова Н. Ю. Природные и синантропные колонии моевки *Rissa tridactyla* на Западном Шпицбергене в XXI веке ……... 46
Лебедева Н. В. Влияние реконструкции поселка Баренцбург на гнездящихся птиц ….. 48
Мавлюдов Б. Р. Небольшое ледниково-подпрудное озеро на леднике Фритьоф, Шпицберген …….. 49
Малышев В. В., Алексеев А. О., Алексеева Т. В. Геохимическая характеристика девонских палеопочв долины Тордален (архипелаг Шпицберген) …… 51
Мещеряков Н. И., Усягина И. С, Кокин О. В., Сухих Е. А., Иванова Н. С., Намятов А. А., Рыжов И. В., Никулина А. Л. Гляциоморская седиментация на архипелаге Шпицберген: от Малого ледникового периода к современности ……... 53
Намятов А. А., Алексеева Н. К., Швед Я. В., Никулина А. Л., Еремейко Т. Н., Новихин А. Е., Токарев И. В. Фитопланктон и первичная продукция в Ис-фьорде и Грён-фьорде (Западный Шпицберген) …… 55
Новиков М.А., Лаптева А.М. Содержание некоторых микроэлементов в воде и донных отложениях северной части Баренцева моря …….. 57
Павлова Л. В. Влияние климатических колебаний Арктики на биомассу инфаунного зообентоса холодноводного пролива Стур-фьорд (юго-восточный Шпицберген) ……... 59
Пантелеева Н. Н. Гидроиды и гидромедузы (Cnidaria, Hydrozoa) залива Грён-фьорд (Западный Шпицберген). Вопросы идентификации и перспективы исследований ……. 61
Прохорова У. В., Терехов А. В., Шестакова А. А., Чечин Д. Г., Репина И. А., Иванов Б. В. Упрощенный метод оценки турбулентного теплообмена ледника с атмосферой в сезон абляции ……... 63
Радченко М. С., Костин Д. А. Формирование рельефа дна Кольского шельфа Баренцева моря в позднем неоплейстоцене …….. 64
Смирнова К. М., Матуль А. Г., Новичкова Е. А., Козина Н. В., Сломнюк С. В., Кравчишина М. Д. Палеоэкология и палеоокеанология у юго-западного побережья архипелага Шпицберген по данным распространения четвертичных бентосных фораминифер ……... 66
Сухих Е. А., Мещеряков Н. И., Сахаров Б. А., Иванова Н. С. Литолого-минералогические и геохимические маркеры ледниково-морских условий осадконакопления на акваториях архипелагов северной части Баренцево-Карского шельфа ……. 67
Терехов А. В., Василенко И. Н., Демидов В. Э., Веркулич С. Р., Прохорова У. В. Климатический сигнал в рядах баланса массы ледников Шпицбергена: всё ли так однозначно? …….. 69
Торопов П. А., Шестакова А. А. Моделирование пространственно-временной изменчивости осадков на архипелаге Шпицберген ……. 71
Усягина И. С., Мещеряков Н. И., Намятов А. А., Василевич И. И. Реконструкция поступления техногенных радионуклидов ^{137}Cs и ^{241}Am в озера западной периферии Земли Норденшельда о. Западный Шпицберген с середины XX по первую четверть XXI века …… 72
Федоров А. В., Баранов С. В., Асминг В. Э., Федоров И. С. Результаты многолетних сейсмоинфразвуковых наблюдений за деструкцией ледников на архипелаге Шпицберген ... 74
Филимонова А. В., Данилова А. Д. Растительный мир Шпицбергена в поморских текстах о Груманте: опыт сопоставления фольклорных упоминаний и ботанических данных ……... 75

Филимонова А. В., Намсараев З. Б., Рязанцев В. Ю., Демидов В. Э. Скрининг аэробных бактерий из микробиома шпицбергенского северного оленя (*Rangifer tarandus platyrhynchus*) для поиска ферментов деградации лигноцеллюлозы и фенольных соединений ……. 77

Чалая Н. В., Федоров А. С., Колесников А. Б. Поморская материальная культура на Шпицбергене: современные методы сохранения и публичной репрезентации …… 79

Чернакова Р. В., Солдатова Д. Н. Календарь знаменательных дат «Из истории Шпицбергена» как инструмент сохранения и популяризации исторической памяти на архипелаге Шпицберген …….. 81

Шестакова А. А., Прохорова У. В., Терехов А. В., Елагина Н. Э., Ромашова К. В., Василевич И. И. Вклад фёнов в таяние ледников в заливе Грён-фьорд ……. 82

Шипилов Э. В. Некоторые заметки о позднемезозойском магматизме островного обрамления Баренцевоморской континентальной окраины (по результатам исследований на архипелагах Шпицберген и Земля Франца-Иосифа) ……... 83

Белишева Н. К., Мегорский В. В., Мартынова А. А., Соловьевская Н. Л. Шпицберген – уникальный полигон для изучения медико-биологических эффектов космической погоды 85

Иванова Н.С., Усягина И.С., Мещеряков Н.И., Намятов А.А. Массовая скорость накопления (MAR) в заливах архипелага Шпицберген в условиях климатических изменений 87

C O N T E N T S

Page

Matishov G. G., Moiseev D. V., Maksimovskaya T. M. Abnormal warming of the Barents Sea in the summer of 2026 ……. 5

Alekseeva T. V., Alekseev A. O., Demidov V. E., Malyshev V. V. Coevolution of vegetation and soil cover in the Devonian on the example of the Island of Western Spitsbergen …….. 7

Alekseev A. O., Alekseeva T. V., Malyshev V. V., Telnova O. P., Demidov V. E. The informational potential of paleosols in reconstructing the natural conditions of the Devonian period (the territory of Dixon Land, the Spitsbergen archipelago) …… 9

Belakhovsky V. B., Jin Y., Yagodkina O. I., Miloch W. The influence of ionospheric disturbances on signals from global navigation satellite systems in the auroral oval and polar cap regions …… 11

Belyakova N. Yu. Russian Spitsbergen: the human capital of the territory in the XXI century …… 11

Borisik A. L., Lavrentiev I. I., Kochanova O. V. Features of the internal structure and dynamics of glaciers in the central part of Dixon Land based on radar sounding data ……. 14

Vasilenko I. N., Demidov V. E. The dynamics of the overgrowth of glacial moraines in Spitsbergen, based on the analysis of satellite images ……... 16

Gekova A. V., Latysheva I. V., Loshchenko K. A., Giniyatullin R. A., Nazarov N. D. Modern climatic features of Spitsbergen (using the Barentsburg weather station as an example) ……. 17

Gontar O. B., Zhirov V. K. Reducing stress among workers in closed spaces using arctic landscape therapy methods …… 19

Grebneva E. A., Krasheninnikova S. B., Sysoev A. A., Sysoeva I. V., Lukyanova O. N., Shchuka A. S. Features of the spatial distribution of phytoplankton and the factors determining it in the waters of the seas of the European Arctic (the Kara and Barents seas) in November–December 2023 …….. 22

Gulyaeva E. N., Markovskaya E. F., Shmakova N. Yu., Starodubtseva A. A. Adaptive changes in the pigment composition of marine coastal plants along a latitudinal gradient from the northern taiga to arctic deserts ……... 24

Demeshkin A. S., Semenov D. A., Pyadushkin S. A. Priority pollutants in the soils of the Spitsbergen archipelago ……. 25

Demin V. I., Ivanov B. V. Assessment of spatio-temporal inhomogeneities in air temperature changes on Spitsbergen …….. 27

Dolgov A. V., Bykov A. D., Moiseeva N. E., Sivkova V. P. New data on the biology of fish in the Franz Josef Land archipelago in 2025 ……. 29

Despirak I. V., Lubchich A. A., Kleimenova N. G. Subburies observed in polar latitudes ….. 31

Ezhova N. M. The life of a family within the life of a settlement. 1965–1967, Pyramida mine, based on my parents' diaries …… 32

Zimina O. L. Larval stages of benthic invertebrates as a component of the zooplankton in Isfjorden (Western Spitsbergen) ……. 34

Ivanov B. V., Revina A. F., Karandasheva T. K., Bezgreschnov A. M., Altunbaeva M. A., Londikova N. V. Features of the ice regime of Grønfjorden in the context of modern climate change … 35

Kazakova E. O., Klandukh M. P., Ryzhik I. V. Dynamics of CO_2 gas exchange in *Honckenya peploides* and *Fucus vesiculosus* of the Barents Sea during the white nights period …. 37

Kazanin A. G. Comprehensive studies of the MAGE on the Arctic shelf in the XXI century: geography, ecology, mineral resources …… 39

Kashdan A., Sheinkman V. S. Modeling the formation of wedges in the overlying zone (GZW) in Storfjorden (Spitsbergen) during the deglaciation period ……. 41

Konoreva L. A., Chesnokov S. V. Lichens of Prince Karl Land (Spitsbergen) …… 42

Konstantinova N. A., Savchenko A. N. The results of PABSI's work on the study of liverworts of the Spitsbergen archipelago and the urgent tasks of further study of this group of plants in the archipelago …… 44

Lappo E. G., Ezhov A. V., Korsakova N. U. Natural and synanthropic colonies of the moika *Rissa tridactyla* in Western Spitsbergen in the XXIst century …… 46

Lebedeva N. V. The impact of the reconstruction of the Barentsburg settlement on nesting birds ……... 48

Mavlyudov B. R. Small glacier-dammed lake on Fridtjov glacier, Spitsbergen …….. 49

Malyshev V. V., Alekseev A. O., Alekseeva T. V. Geochemical characteristics of Devonian paleosols in the Tordalen Valley (Spitsbergen archipelago) …… 51

Meshcheryakov N. I., Usyagina I. S., Kokin O. V., Sukhikh E. A., Ivanova N. S., Namyatov A. A., Ryzhov I. V., Nikulina A. L. Glacio-marine sedimentation on the Spitsbergen archipelago: from the Little Ice Age to the present day …….. 53

Namyatov A. A., Alekseeva N. K., Shved Y. V., Nikulina A. L., Eremeiko T. N., Novikhin A. E., Tokarev I. V. Phytoplankton and primary products in Isfjorden and Grønfjorden (Western Spitsbergen) ……... 55

Novikov M. A., Lapteva A. M. The content of certain trace elements in the water and bottom sediments of the northern part of the Barents Sea …… 57

Pavlova L.V. The impact of Arctic climate fluctuations on the biomass of infaunal zoobenthos in the cold-water strait Storfjorden (southeastern Spitsbergen) …… 59

Panteleeva N. N. Hydrozoans and hydromedusae (Cnidaria, Hydrozoa) of Grønfjorden (Western Spitsbergen). Issues of identification and research prospects …… 61

Prokhorova U. V., Terekhov A. V., Shestakova A. A., Chechin D. G., Repina I. A., Ivanov B. V. A simplified method for assessing the turbulent heat exchange between a glacier and the atmosphere during the ablation season …….. 63

Radchenko M. S., Kostin D. A. Formation of the bottom relief of the Kola shelf of the Barents Sea in the Late Neogene ……... 64

Smirnova K. M., Matul A. G., Novichkova E. A., Kozina N. V., Slomnyuk S. V., Kravchishina M. D. Paleoecology and paleoceanology off the southwest coast of the Spitsbergen archipelago according to the distribution of Quaternary benthic foraminifera …….. 66

Sukhikh E. A., Meshcheriakov N. I., Sakharov B. A., Ivanova N. S. Lithological, mineralogical and geochemical markers of glacial-marine sedimentation conditions in the water areas of the archipelagos in the northern part of the Barents-Kara shelf …….. 67

Terekhov A. V., Vasilenko I. N., Demidov V. E., Verkulich S. R., Prokhorova U. V. The climate signal in the mass balance series of Spitsbergen glaciers: is everything so straightforward? ……... 69

Toropov P. A., Shestakova A. A. Modeling the spatiotemporal variability of precipitation on the Spitsbergen archipelago ……... 71

Usyagina I. S., Meshcheryakov N. I., Namyatov A. A., Vasilevich I. I. Reconstruction of the inflow of technogenic radionuclides ^{137}Cs and ^{241}Am into the lakes of the western periphery of the Nordenskiold Island of Western Spitsbergen from the middle of the XX to the first quarter of the XXI century ……... 72

Fedorov A. V., Baranov S. V., Asming V. E., Fedorov I. S. The results of long-term seismic and ultrasonic observations of glacier destruction in the Spitsbergen archipelago ……... 74

Filimonova A. V., Danilova A. D. The plant world of Spitsbergen in pomor texts about Grumant: an attempt to compare folklore references and botanical data …….. 75

Filimonova A. V., Namsaraev Z. B., Ryazantsev V. Yu., Demidov V. E. Screening of aerobic bacteria from the microbiome of the Spitsbergen reindeer (*Rangifer tarandus platyrhynchus*) to identify enzymes involved in the degradation of lignocellulose and phenolic compounds …….. 77

Chalaya N. V., Fedorov A. S., Kolesnikov A. B. Pomor material culture on Spitsbergen: modern methods of preservation and public representation …….. 79

Chernakova R. V., Soldatova D. N. The calendar of significant dates «From the history of Spitsbergen» as a tool for preserving and popularizing historical memory on the Spitsbergen archipelago ……. 81

Shestakova A. A., Prokhorova U. V., Terekhov A. V., Elagina N. E., Romashova K. V., Vasilevich I. I. The contribution of foehn winds to the melting of glaciers in the Grønfjord …… 82

Shipilov E. V. Some notes on the Late Mesozoic magmatism of the island rim of the Barents Sea continental margin (based on the results of research on the archipelagos of Spitsbergen and Franz Josef Land) …… 83

Belisheva N. K., Megorsky V. V., Martynova A. A., Solovyovskaya N. L. Spitsbergen is a unique testing ground for studying the biomedical effects of space weather 85

Ivanova N. S., Usyagina I. S., Meshcheryakov N. I., Namyatov A. A. Mass accumulation rate (MAR) in the bays of the Spitsbergen archipelago under climate change conditions 87

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
МУРМАНСКИЙ МОРСКОЙ БИОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ВЛАДИМИРСКАЯ 17, МУРМАНСК, 183038, РОССИЯ
Тел: (8152) 25 39 63; т/ф: (8152) 25 39 94
E-mail: mmbi@mmbi.info; https://www.mmbi.info



ISBN 978-5-91137-580-5