



ISSN 2949-1185

Российская Академия Наук

ТРУДЫ

Кольского научного центра РАН

3/2026(5)

**СЕРИЯ: ЕСТЕСТВЕННЫЕ
И ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ**

0+

Российская Академия Наук
ТРУДЫ

3/2026(5)

Научно-информационный журнал
Основан в 2010 году
Выходит 4 раза в год

Кольского научного центра. Серия: Естественные и гуманитарные науки

Главный редактор — председатель
редакционного совета,
акад. РАН, д. г.-м. н. С. В. Кривовичев

Заместитель главного редактора
к. б. н. Е. А. Боровичев

Редакционный совет:
акад. РАН, д. г. н. Г. Г. Матишов,
акад. РАН, д. х. н. И. Г. Тананаев,
чл.-корр. РАН, д. б. н. В. К. Жиров,
чл.-корр. РАН, д. т. н. С. В. Лукичев,
чл.-корр. РАН, д. т. н. А. И. Николаев,
к. э. н. В. В. Дядик,
к. т. н. А. С. Карпов,
к. и. н. К. С. Казакова (отв. секретарь)

Редколлегия серии:
акад. РАН, д. г. н. Г. Г. Матишов,
чл.-корр. РАН, д. б. н. В. К. Жиров,
д. г.-м. н. В. В. Балаганский,
д. г.-м. н. Т. Б. Баянова,
д. и. н. С. Г. Веригин,
д. и. н. И. Ю. Винокурова,
д. б. н. Д. А. Давыдов,
д. г. н. В. А. Даувальтер,
д. и. н. В. В. Ефимова,
д. и. н. И. Л. Жеребцов,
д. ф.-м. н. Б. В. Козелов,
д. г.-м. н. Н. Е. Козлов,
д. б. н. Н. А. Константинова,
д. б. н. П. Р. Макаревич,
д. т. н. Д. В. Макаров,
д. и. н. Е. П. Мартынова,
д. т. н. В. А. Маслобоев,
д. ф.-м. н. И. В. Мингалев,
д. ф.-м. н. О. В. Мингалев,
д. и. н. С. А. Никонов,
д. и. н. И. А. Разумова,
д. и. н. А. А. Селин,
д. г.-м. н. О. А. Сийдра,
д. и. н. Ю. П. Шабаетов,
д. б. н. Н. Ю. Шмакова,
к. ф.-м. н. В. Б. Белаховский,
к. б. н. Е. А. Боровичев,
к. б. н. Д. Б. Денисов,
к. б. н. И. В. Зенкова,
к. и. н. К. С. Казакова,
к. б. н. М. Н. Кожин,
к. г. н. Д. В. Моисеев,
к. г.-м. н. С. В. Мудрук,
к. ф.-м. н. К. Г. Орлов,
к. и. н. Е. А. Пивнева,
к. ф.-м. н. Ю. В. Федоренко

Учредитель — Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Федеральный исследовательский центр
«Кольский научный центр РАН» (ФИЦ КНЦ РАН)

Реестровая запись ПИ № ФС77-83506 от 24 июня 2022 г.
выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций.

Научное издание

Технический редактор В. Ю. Жиганов
Редактор и корректор С.А. Шарам

Подписано к печати 29.09.2026.
Дата выхода в свет 06.10.2026.
Формат бумаги 60×84 1/8.
Усл. печ. л. 21,4. Заказ № 58. Тираж 300 экз.
Свободная цена.

Адрес учредителя, издателя, редакции и типографии:
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр
«Кольский научный центр РАН» (ФИЦ КНЦ РАН)
184209, г. Апатиты, Мурманская область, ул. Ферсмана, 14
Тел.: 8 (81555) 7-53-50; 7-95-95, факс: 8 (81555) 7-64-25
Электронная почта: ksc@ksc.ru
Сайт: www.ksc.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Науки о Земле		
Маслобоев В. А., Жиров Д. В., Козлов Н. Е., Сорохтин Н. О.	Промышленно-экономический потенциал Кейвской структуры.....	5
Скороходов А. А., Ганнибал А. Е., Короткова Т. Г., Колобов В. В., Ивонин В. В.	Изучение аномалии электропроводности в северо-восточной части профиля SVEKA методами ЧЗ и МТЗ (эксперимент «Карелия-2023»).....	28
Биологические науки		
Митяев М. В., Герасимова М. В., Дружкова Е. И., Ишкулова Т. Г.,	Биогенные элементы в выпадающих твердых атмосферных осадках на севере Кольского полуострова (Субарктика).....	40
Кожин М. Н., Панарина Н. Г.	Дополнение к флоре мхов острова Ряжков (Кандалакшский залив, Белое море).....	58
Булавина А. С., Водопьянова В. В., Пастухов И. А.	Влияние положения границы сезонных льдов на весеннее развитие первичных продуцентов в Баренцевом море	66
Румянцева З. Ю., Нехаев И. О.	Батиметрическое распределение раковинных <i>Gastropoda</i> у берегов Новой Земли	81
Гудимов А. В.	Скорость изменения популяций <i>Semibalanus balanoides</i> (L.) в двух типах ландшафта губы Териберская в период потепления климата.....	90
Дикаева Д. Р.	Структура таксоценов полихет в заливе Грён-фьорд (Западный Шпицберген)...	101
Исторические науки		
Лобанова Н. В., Герман К. Э., Шелехова Т. С.	Междисциплинарные исследования обитания человека неолита — раннего металла на Карельском берегу Белого моря.....	116
Дубровская Е. Ю.	Самодетельная русская поэзия на границе воюющей империи (из истории русской печати в Финляндии в годы Первой мировой войны).....	126
Сулейманова О. А.	Этнотуристический комплекс «Олений двор» как форма репрезентации культуры кольских саамов.....	143
Междисциплинарные исследования		
Боровичев Е. А., Давыдов Д. А., Петров В. Н., Петрова О. В.	О зонировании особо охраняемой природной территории Полярно-альпийского ботанического сада-института для охраны экосистем и развития туризма.....	154
Давыдова А. С.	Полярно-альпийский ботанический сад-институт в оценках туристов.....	171

3/2026(5)

Scientific journal
Published since 2010
Publication frequency — four times a year

Russian Academy of Sciences
TRANSACTIONS

Kola Science Centre. Series: Natural Sciences and Humanities

Editor-in-Chief, Editorial Council Chairman
S. V. Krivovichev, Academician of RAS,
DSc (Geology & Mineralogy)

Deputy Editor-in-Chief
E. A. Borovichev, PhD (Biology)

Editorial Council:
G. G. Matishov, Academician of RAS, DSc (Geography),
I. G. Tananaev, Academician of RAS, DSc (Chemistry),
V. K. Zhiron, Cor. Member of RAS, DSc (Biology),
S. V. Lukichev, Cor. Member of RAS, DSc (Engineering),
A. I. Nikolaev, Cor. Member of RAS, DSc (Engineering),
V. V. Dyadik, PhD (Economics),
A. S. Karpov, PhD (Engineering),
K. S. Kazakova, PhD (History), Executive Secretary

Editorial Board:
G. G. Matishov, Academician of RAS, DSc (Geography),
V. K. Zhiron, Cor. Member of RAS, DSc (Biology),
V. V. Balagansky, DSc (Geology & Mineralogy),
T. B. Bayanova, DSc (Geology & Mineralogy),
S. G. Verigin, DSc (History),
I. Yu. Vinokurova, DSc (History),
D. A. Davidov, DSc (Biology),
V. A. Dauvalter, Dr. Sc. (Geography),
V. V. Efimova, DSc (History),
I. L. Zherebcov, DSc (History),
B. V. Kozelov, DSc (Physics & Mathematics),
N. E. Kozlov, DSc. (Geology & Mineralogy),
N. A. Konstantinova, DSc (Biology),
P. R. Makarevich, DSc (Biology),
D. V. Makarov, DSc (Engineering),
E. P. Martynova, DSc (History),
V. A. Masloboev, DSc (Engineering),
I. V. Mingalev, DSc (Physics & Mathematics),
O. V. Mingalev, DSc (Physics & Mathematics),
S. A. Nikonov, DSc (History),
I. A. Razumova, DSc (History),
A. A. Selin, DSc (History),
O. A. Sijdra, DSc. (Geology & Mineralogy),
Yu. P. Shabaev, DSc (History),
N. Yu. Shmakova, DSc (Biology),
V. B. Belakhovskiy, PhD (Physics & Mathematics),
E. A. Borovichev, PhD (Biology),
D. B. Denisov, PhD (Biology),
I. V. Zenkova, PhD (Biology),
K. S. Kazakova, PhD (History),
D. V. Moiseev, PhD (Geography),
S. V. Mudruk, PhD (Geology & Mineralogy),
K. G. Orlov, PhD (Physics & Mathematics),
E. A. Pivneva, PhD (History),
Yu. V. Fedorenko, PhD (Physics & Mathematics)

Founder — Federal State Budget Institution of Science
Federal Research Centre "Kola Science Centre
of the Russian Academy of Sciences"

Registration entry **ПИ № ФС77-83506 от 24 июня 2022 г.**,
issued by the Federal Service for Supervision
of Communications, Information Technology
and Mass Communications.

Scientific publication

Technical Editor V. Yu. Zhiganov
Editor S.A. Sharam

14, Fersman str., Apatity, Murmansk region, 184209, Russia
Tel.: 8 (81555) 7-93-80. Fax: 8 (81555) 7-64-25
E-mail: ksc@ksc.ru, www.ksc.ru

CONTENTS

Earth Sciences

Masloboev V. A., Zhiron D. V., Kozlov N. E., Sorokhtin Ni. O.	Industrial and economic potential of the Keivy structure (the Kola Peninsula).....	5
Skorokhodov A. A., Hannibal A. E., Korotkova T. G., Kolobov V. V., Ivonin V. V.	The "Karelia-2023" experiment of deep electromagnetic sounding of the Central part of the Karelian Region of the Fennoscandian Shield.....	28

Biological Sciences

Mityaev M. V., Gerasimova M. V., Druzhkova E. I., Ishkulova T. G.	Biogenic elements in solid precipitation in the north of the Kola Peninsula (Subarctic).....	40
Kozhin M. N., Panarina N. G.	An addition to moss flora of Ryazhkov Island, the Kandalaksha Gulf, the White Sea....	58
Bulavina A. S., Vodopyanova V. V., Pastukhov I. A.	Influence of the position of the seasonal ice boundary on the spring development of primary producers in the Barents Sea	66
Rumyantseva Z. Yu., Nekhaev I. O.	Bathymetric distribution of shell-bearing Gastropoda off the coast of Novaya Zemlya.....	81
Gudimov A. V.	Rates of changes in the population of <i>Semibalanus balanoides</i> (L.) for two types of landscape of Teriberskaya Bay during climate warming.....	90
Dikaeva D. R.	Structure of Polychaete taxocenes in the Grønfjord Bay (Western Svalbard).....	101

Historical Sciences

Lobanova N. V., German K. E., Shelekhova T. S.	Interdisciplinary studies of the human habitat of the Neolithic — early metal on the Karelian coast of the White Sea.....	116
Dubrovskaya E. Yu.	Amateur Russian poetry on the border of the warring Empire (from the history of the Russian press in Finland during the World War I).....	126
Suleymanova O. A.	The ethnotouristic complex "Reindeer yard" as a form of representation of the culture of the Kola Sami.....	143

Interdisciplinary research

Borovich E. A., Davydov D. A., Petrov V. N., Petrova O. V.	On the zoning of the specially protected natural territory of the Polar-alpine botanical garden-institute for ecosystem protection and tourism development.....	154
Davydova A. S.	The Polar-Alpine Botanical Garden-Institute in Tourist Assessments.....	171

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Научная статья
УДК 338.45:551.72 (470.21)
doi:10.37614/2949-1185.2026.5.3.001

ПРОМЫШЛЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ КЕЙВСКОЙ СТРУКТУРЫ (КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)

**Владимир Алексеевич Маслобоев¹, Дмитрий Вадимович Жиров²,
Николай Евгеньевич Козлов², Николай Олегович Сорохтин^{2,3}**

¹Федеральный исследовательский центр «Кольский научный центр Российской академии наук»,
(КНЦ РАН), Апатиты, Россия

²Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты, Россия

³Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия

¹v.masloboev@ksc.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1536-921X>

²zhirovdv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5433-5760>

²n.kozlov@ksc.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3766-7127>

^{2,3}nsorokhtin@ocean.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2057-3693>

Аннотация

Дана оценка промышленно-экономического потенциала Кейвской группы кианитовых месторождений — суперкрупного источника алюминиевого и алюмосиликатного сырья. Рассмотрены объемы потребления продукции из кианитового и ставролитового сырья по основным отраслям промышленности. Намечены пути освоения этого уникального природного объекта как с технологических позиций, так и с точки зрения географо-экономических преимуществ и барьеров для каждого из вариантов. Выполнен сравнительный анализ основных транспортных путей, по которым возможно освоение Кейв. Для каждого предложенного варианта рассмотрены географические и социально-экономические преимущества и барьеры. Оценка промышленно-экономического потенциала Кейвской структуры выполнена с учетом возможности попутного освоения месторождений редких металлов, редкоземельных, железных и титаномагнетитовых руд с попутным ванадием, граната, платиноидов, золота и многих других видов полезных ископаемых. Комплексно обоснован вывод о том, что Кейвы являются крайне перспективной площадью, промышленное освоение которой позволит значительно укрепить экономический потенциал региона и страны в целом.

Ключевые слова:

кианит, ставролит, силумин, алюминий, месторождение, Кейвская структура, экономический и промышленный потенциал

Благодарности

Исследование выполнено в рамках программ НИР: FMEZ-0226-2019-0053, FMEZ-2024-0006, FMWE-2024-0018.

Для цитирования:

Промышленно-экономический потенциал Кейвской структуры / В. А. Маслобоев [и др.] // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Естественные и гуманитарные науки. 2026. Т. 5, № 3. С. 5–27. doi:10.37614/2949-1185.2026.5.3.001

EARTH SCIENCES

Original article

INDUSTRIAL AND ECONOMIC POTENTIAL OF THE KEIVY STRUCTURE (THE KOLA PENINSULA)

Vladimir A. Masloboev¹, Dmitry V. Zhirov², Nikolay E. Kozlov², Nikolay O. Sorokhtin^{2,3}

¹Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences, Apatity, Russia

²Geological Institute of Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences, Apatity, Russia

³Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

¹v.masloboev@ksc.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1536-921X>

²zhirovdv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5433-5760>

²n.kozlov@ksc.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3766-7127>

^{2,3}nsorokhtin@ocean.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2057-3693>

Abstract

The assessment of industrial and economic potential of kyanite deposits of the Keivy Group, a super-large source of aluminum and aluminosilicate raw materials, has been carried out. The consumption volumes of products obtained from kyanite and staurolite concentrate across major industrial sectors are considered. The ways of developing this unique natural object have been outlined both from the technological point of view and in terms of geographic and economic advantages and barriers for each variant. A comparative analysis of the main transport routes for developing the Keivy region has been performed. Geographical, socio-economic advantages and potential barriers are considered for each proposed option. The assessment of the industrial and economic potential of the Keivy structure has been carried out taking into account the possibility of parallel exploration of rare metal deposits, rare earth, iron and titanomagnetite ores with associated vanadium as well as deposits of garnet, platinum group metals, gold and other minerals. A conclusion that the Keivy region is a very promising area, industrial development of which will significantly strengthen economic potential of the region and the entire country, is comprehensively substantiated.

Keywords:

kyanite, staurolite, silumin, aluminum, ore deposit, Keivy structure, economic, industrial, potential potential

Acknowledgements

The study was carried out the framework of scientific research programs FMEZ-0226-2019-0053, FMEZ-2024-0006, FMWE-2024-0018.

For citation

Industrial and economic potential of the Keivy structure (the Kola Peninsula) / V. A. Masloboev [et al.] // Transactions of the Kola Science Centre of RAS. Series: Natural Sciences and Humanities. 2026. Vol. 5, No. 3. P. 5–27. doi:10.37614/2949-1185.2026.5.3.001

Введение

Кейвская структура, которая в свое время была определена как древнейший срединный массив [Козлов и др., 2020; Сорохтин и др., 2024; Геология Кейв..., 2026], расположена в северо-восточной части Балтийского щита, на востоке и западе граничит с Кольско-Норвежским доменом, на севере — с Мурманским. С юга структура ограничена раннепротерозойскими образованиями Печенго-Имандра-Варзуга-Устьпонойского зеленокаменного пояса (рис. 1). Традиционно в пределы Кейвского срединного массива включают пограничную область развития архейских магматических континентально-коровых образований в юго-западной его части, которая по всем признакам относится к Беломорскому подвижному поясу. Речь идет о Верхнепонойской структуре, которая была тектонически отчленена от беломорид в раннем протерозое при формировании Имандра-Варзугского сегмента зеленокаменного пояса.

Относящийся к структурам обрамления Кейвского срединного массива Верхнепонойский выступ разделен на сегменты, среди которых следует отметить Ефимозерский, Верхне-Понойский, а также Пурначский [Белолипецкий и др., 1980; Радченко, Радченко, 1984]. Породы этих структур представлены биотитовыми и амфиболовыми гнейсами, двупироксеновыми кристаллосланцами и гранат-биотитовыми гнейсами. Пурначский выступ ограничен разломами, на севере контролирующими размещение интрузий габбро-анортозитов, калиевых и щелочных гранитов. Ядерная часть его сложена мигматит-гранитами, краевые части — плагиогранитами и гнейсами. Верхнепонойский выступ ограничен краевыми разломами, контролирующими размещение габбро-анортозитов и щелочных гранитов. В центральной части выступ сложен плагиогранитами, в краевых — биотитовыми и амфиболовыми гнейсами.

К Кейвской структуре приурочена группа кианитовых месторождений, не имеющая аналогов в мире среди объектов силлиманитовой группы (высокоглиноземистых силикатов) ни по масштабам запасов, ни по качеству руд. Бортвые содержания оцененных и разведанных объектов (не менее 15 % кианита) зачастую превышают средние и даже максимальные содержания в кианитовых проявлениях и месторождениях других провинций. К 1975 г. были окуптурены и в различной степени подготовлены к промышленному освоению 28 месторождений с запасами (категории В+С₁ и С₂) около 2,6 млрд т руды (примерно 0,97 млрд т кианита) для условий открытой отработки до глубин 100–240 м [Пожиленко и др., 2002]. При этом все исследователи Кейв подчеркивали, что возможен многократный прирост запасов за счет разведки новых участков, а также на глубину и по флангам уже известных объектов. Прогнозные ресурсы категории Р1 до глубины 300 м только лишь по разведанным

месторождениям и предварительно оцененным проявлениям составляют 5 млрд т и могут также значительно увеличены. Для сравнения: запасы кианита в других отечественных месторождениях (Карелия, Урал, Якутия) в сумме не превышают 1,25 млн т с содержанием кианита от 5–8 до 15–20 % [Мультимедийный..., 2000]. Ближайшим аналогом по масштабам запасов в мире была группа бокситовых месторождений Боке (Гвинея), но к настоящему времени наиболее привлекательные и богатые участки уже отработаны.

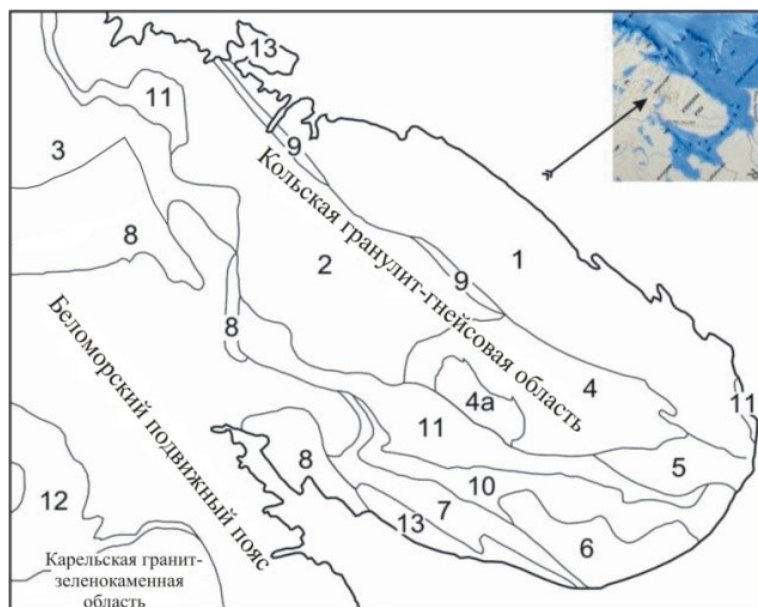


Рис. 1. Схема районирования раннедокембрийских геоструктурных элементов земной коры северо-восточной части Балтийского щита, по [Козлов и др., 2006] с дополнениями. *Домены коры:* 1 — Мурманский, 2 — Кольско-Норвежский, 3 — Лоттинский, 4 — Кейвский, 4а — Верхнепонойский, 5 — Восточно-Кольский, 6 — Чапомский, 7 — Терский. *Зеленокаменные и гранулитовые пояса:* 8–10 — архейские: 8 — Лапландско-Колвицкий; 9 — Титовско-Колмозерский (Колмозеро-Воронья); 10 — Сергозерско-Стрельнинский; 11, 12 — неопротерозойские: 11 — Печенга-Имандра-Варзуга-Устьпонойский; 12 — Северо-Карельский. 13 — рифтогенные и окраинно-континентальные отложения рифейского возраста

Fig. 1. Schematic zoning of the Early Precambrian geostuctural elements of the Earth's crust in the North-Eastern Baltic Shield, after [Kozlov et al., 2006] with additions. *Crust domains:* 1 — Murmansk, 2 — Kola-Norwegian, 3 — Lotta, 4 — Keivy, 4a — Verkhneponoysky, 5 — Eastern Kola, 6 — Chapoma, 7 — Tersky.

Greenstone and granulite belts: 8–10 — Archean: 8 — Lapland-Kolvitsa; 9 — Titovka-Kolmozero (Kolmozero-Voronya); 10 — Sergozersko-Strel'ninsky; 11, 12 — Neoproterozoic: 11 — Pechenga-Imandra-Varzuga-Ust'ponoy; 12 — North-Karelian. 13 — Riphean rift and continental marginal sediments

Вопросы, касающиеся различных аспектов геологии Кейв, детально рассмотрены во множестве статей сотрудников Геологического института КНЦ РАН и других геологических подразделений России, среди которых в первую очередь необходимо упомянуть монографию И. В. Белькова [1963]. Наиболее полно на сегодняшний день эти материалы обобщены в готовящейся к печати монографии [Козлов и др., 2026]. В настоящей статье мы коснемся некоторых вопросов, связанных с проблемой промышленного освоения данного района. Авторы не претендуют на полный обзор этой проблемы, который потребовал бы намного большего объема, чем позволяет научная статья, и остановятся лишь на некоторых ее аспектах.

Основные сведения о полезных ископаемых Кейвской структуры и ее окружения

Когда мы говорим про Кейвы, в первую очередь, конечно же, вспоминаются кианит-ставролитовые руды. Напомним, что наличие кианитовых сланцев на Кейвах впервые установлено

в 1928 г. Кольской экспедицией АН СССР под руководством А. А. Григорьева. Начиная с 1930-х гг. в районе были развернуты широкомасштабные поисковые и разведочные работы. К 1940 г. были выяснены общие черты геологии и стратиграфии, установлен уникальный характер Кейвского кианитового бассейна, осуществлена разведка Червуртского и Манюкского месторождения. Намеченному на начало-середину 1940-х гг. промышленному освоению Кейвского района помешала война. С 1946 г. работы по данной теме возобновились. Наибольшая активность исследований и практических работ наблюдалась в период 1950–1958 гг. Далее в основном с подачи АН СССР и, если более конкретно, прежде всего, И. В. Белькова проблема кианитов неоднократно поднималась на самом высоком уровне, примерно до второй половины 1970-х гг. В работах в целом было задействовано два-три министерства, несколько ведомств, более пятнадцати институтов.

Из начала-середины XX в. унаследован распространенный миф: из кианита карботермическим методом (восстановлением при высоких температурах углеродом) можно получить ценный сплав алюминия с кремнием — силумин. Да, можно, но для того чтобы содержание кремния в силумине варьировалось в нужных пределах, как правило 12–13 %, в шихту необходимо добавлять до 30 % глинозема Al_2O_3 из бокситов. С другой стороны, получение силумина из кианита позволит (после решения проблемных технологических вопросов) экономить в сравнении с синтетическим методом до 0,89 т электролитического алюминия, 0,12 т металлического кремния и 0,163 т древесного угля. Итоговой сравнительной экономической оценки технологий получения силумина для текущих условий хозяйствования не проводилось.

Силумин относится к литейным алюминиевым сплавам с существенной добавкой кремния (от 5 до 25 %). Такая комбинация делает его идеальным для отливки сложных форм — от поршней двигателей до корпусов электроприборов. Существует минимум пять отраслей, где силумин незаменим:

1. Автомобильная промышленность (головки блоков цилиндров, коробки передач).
2. Авиастроение (картеры редукторов, элементы шасси).
3. Энергетика (корпуса турбин, теплообменники).
4. Бытовая техника (компрессоры холодильников, подшипниковые узлы).
5. Судостроение (детали винтовых механизмов).

Особенно востребованы марки АЛ4 и АЛ9. Первая применяется для ответственных узлов с высокой нагрузкой, вторая — там, где важна коррозионная стойкость.

Главный секрет силумина — в процентном соотношении кремния (чем его больше, тем выше):

- текучесть расплава (детали сложной геометрии отливаются без напоров);
- износостойкость (поршни выдерживают высокие нагрузки);
- антикоррозионные свойства (важно для морского оборудования).

Вместе с тем перебор с кремнием снижает пластичность. Оптимальный баланс — 12–13 % Si. Такой состав дает низкую усадку при охлаждении, что критично для прецизионных деталей.

Сравним ключевые параметры силумина и чистого алюминия:

Показатель	Силумин (АЛ4)	Чистый алюминий
Температура плавления, °C	570–590	660
Предел прочности, МПа	190	90
Твердость (НВ)	75	25

Разница очевидна: при сопоставимом весе силумин вдвое прочнее. Для производства это прямая экономия на материале и энергозатратах.

Силумин из кианита. Минералы группы силлиманита (андалузит, силлиманит, кианит) имеют общую формулу Al_2SiO_5 (мас. %: Al_2O_3 — 62,9, SiO_2 — 37,1).

Карботермическим восстановлением кианита из него возможно получение силумина только из шихты кианит + глинозем для корректировки содержания кремния в силумине 12–13 %. Исходя из фазовой диаграммы Al-Si (см. рис. 2) это составы вблизи точки эвтектики.

Мировой рынок силумина в среднем колеблется в пределах 4–4,5 млрд долл. США в год (примерно 10–12 млн т в натуральном исчислении), а потребности российской промышленности

косвенно можно оценить из объема производимого в стране металлического кремния (60 тыс. т/год), следовательно, емкость внутреннего рынка не менее 600–700 тыс. т/год (без учета импорта) в текущем ценовом уровне или в пересчете на кианит — около 1 млн т/год, что соответствует ежегодной добыче кианитовой руды около 3 млн т. При снижении себестоимости производства (например, в случае разработки эффективной технологии получения силумина непосредственно из кианита) весьма вероятно, отпускные цены снизятся не только на внутреннем, но и на мировом рынках, что может привести к кратному росту объемов потребления, в том числе для изготовления крупнотоннажных конструкций.

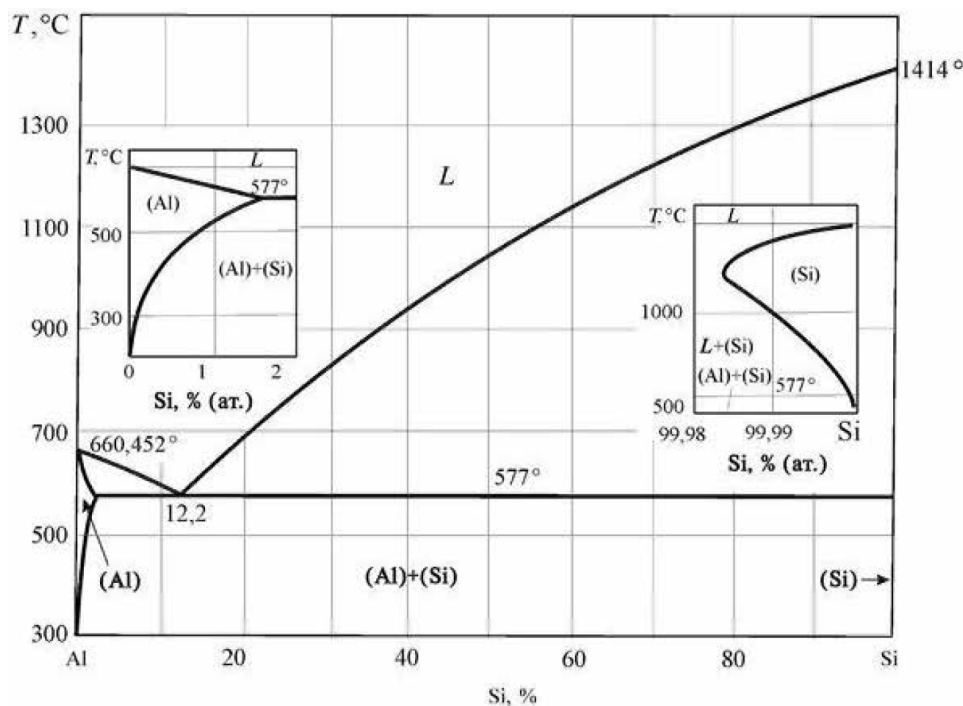


Рис. 2. Диаграмма состояния системы Al-Si
Fig. 2. Diagram of the Al-Si system state

Производство высокоглиноземистых огнеупоров из кианитового концентрата

В связи с переходом металлургической промышленности России на ресурсоэнергосберегающие технологии и прогрессивные методы выплавки металла повышаются требования к качеству огнеупоров. Высокоглиноземистые огнеупоры (ВГО) занимают ведущее положение в прогрессивной металлургической технологии, по составу подразделяются на муллитокремнеземистые, муллитовые и муллитокорундовые с огнеупорностью 1750–1850, 1800–1900 и 1850–1950 $^{\circ}\text{C}$ соответственно. ВГО получают из минералов группы силлиманита (МГС) и корунда (глинозема). На предприятиях США, Западной Европы и Японии их применяют в конвертерном, электродуговом производстве и при непрерывной разливке стали в виде блоков для кладки стен, крупноблочных конструкций, волокнистых материалов, песчано-цементных и пластичных масс. Из ВГО изготавливают плиты для шиберных затворов сталеразливочных ковшей, футеровку ковшей, погружаемые стаканы и др.

Андалузит и силлиманит имеют низкое тепловое расширение, поэтому из этих минералов сразу можно создавать требуемые формы, в то время как кианит с тепловым расширением 16–18 % необходимо предварительно обжигать, то есть муллитизировать. Обжиг производится обычно при температуре выше 1500°C . Муллитизацией называется реакция превращения кианита $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ в муллит $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ с выделением кварца, поэтому для связывания кварца SiO_2 в шихту также требуется добавлять глинозем. Теоретический состав муллита, мас. %: Al_2O_3 — 71,79, SiO_2 — 28,21.

По данным Г. Г. Лепезина [2016], потребности в концентратах МГС только по огнеупорной отрасли России составляют 400–450 тыс. т/год.

Месторождения минералов группы силлиманита распределены по всей территории России, некоторые из них разведаны: Кейвская группа (Кольский полуостров), Хизовара (Карелия), Абрамовское (Урал), Китойское (Иркутская обл.), Кяхтинское (Бурятия), Тымбинское (Читинская обл.) и др. На базе ресурсов МГС можно создать ряд крупных промышленных производств концентратов, закрыть потребности в данном виде сырья огнеупорной, алюминиевой и других отраслей народного хозяйства и полностью отказаться от его импорта. Следует констатировать, что с точки зрения освоения и последующей эксплуатации на данном этапе наиболее выгодное положение занимают месторождения и рудопроявления МГС Урала. Они находятся в регионе с развитой инфраструктурой, вблизи от железных дорог и недалеко от потенциальных потребителей концентратов (Магнитогорский, Челябинский, Нижнетагильский металлургические комбинаты, Богдановичский, Сухоложский, Первоуральский огнеупорные, а также Богословский и Уральский алюминиевые заводы).

Ставролитовые сланцы, наряду с кианитовыми, широко развиты в центральной части Кольского полуострова. Кроме того, ставролит является отходом при электромагнитной сепарации кианитовых руд [Алексеев, 1974, 1976], поскольку относится к нежелательным примесям (высокое содержание железа). Использование этого сырья увеличивает значение Кейвских месторождений кианита как источника комплексных руд [Белогурова, Гришин, 2012, 2013; Белогурова и др., 2017].

Усредненный минеральный состав ставролитсодержащего сланца, %: кварц — 41, мусковит — 9, плагиоклаз — 28, ставролит — 18, кианит — 3, рутил — 2, ильменит — 2. Может присутствовать небольшое количество биотита, хлорита, пирротина, пирита, халькопирита, пентландита, молибденита, графита, ортита, циркона, апатита, эпидота.

Химический состав ставролитового сланца, мас. %: SiO_2 — 62,92, TiO_2 — 1,94, Al_2O_3 — 23,36, Fe_2O_3 — 1,84, FeO — 1,84, MgO — 0,56, CaO — 0,78, Na_2O — 2,13, K_2O — 1,8, H_2O — 2,21, (MnO , S, CO_2 , Ni, Cu, Co, Zn, Pb, P_2O_5) < 0,1.

Химический состав ставролита (определен при помощи рентгеноспектрального микроанализа), мас. %: SiO_2 — 27,69–28,71, Al_2O_3 — 52,73–53,65, FeO — 12,76–13,31, MgO — 2,04–2,26, ZnO — 0,07–0,13, MnO — 0,09–0,13, сумма — 96,58–97,25.

Флюсы — важнейший вид нерудного природного сырья, используемого черной металлургией для выплавки железа. В настоящее время при производстве стали для ускорения процессов шлакообразования и десульфурации металла в качестве разжижающих добавок широко применяются боксит и плавиковый шпат, при этом последний является остродефицитным сырьем. Ставролит — альтернативный источник традиционно применяемых разжижителей (бокситов и плавикового шпата), относится к высокоглиноземистому виду минерального сырья с содержанием 54–56 % Al_2O_3 , 27–28 % SiO_2 , 13–15 % $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$, до 2–4 % MgO .

Ставролитовый концентрат, по сравнению с бокситом и плавиковым шпатом, обладает рядом преимуществ: он не содержит в своем составе соединений, представляющих при плавке металла опасность с точки зрения токсичных выделений или взрыва; имеет ровный гранулометрический состав; не гигроскопичен; содержит не более 0,5 % влаги [Кривонос и др., 1987]. Присадка ставролитового концентрата в печь в жидкие периоды плавки значительно безопаснее, если сравнивать с бокситом, который в условиях отрицательных температур осенне-зимних периодов из-за высокого содержания влаги смерзается в глыбы. Помимо этого, для выплавки 1 т стали используется 2–8 кг ставролитового концентрата, то есть примерно в 1,5 раза меньше, чем боксита. В СССР ставролитовый концентрат получали только на Верхнеднепровском ГМК (УССР) в количестве 40 тыс. т/год в качестве отхода при обогащении цирконовых руд, что покрывало всего 10–15 % потребностей Украины в этом сырье. Поэтому прогнозная потребность ставролитового концентрата в черной металлургии России может составить 1,0–1,5 млн т/год.

Не стоит забывать и о других полезных ископаемых, месторождения и рудопроявления которых известны в пределах Кейвской структуры. Так, в 2025 г. на Международном арктическом форуме Корпорация развития Дальнего Востока и Арктики и АО «Арсенал» подписали соглашение

о сотрудничестве в рамках проекта «Кульйок — редкие земли», который будет реализован на территории опережающего развития «Столица Арктики». В планы инвесторов входит разработка месторождения циркон-бритолитовых руд «Кульйокская площадь» и строительство обогатительной фабрики в Ловозерском районе Мурманской области. Оценочные запасы составляют свыше 20 млн т руды. Необходимо обратить внимание на тот факт, что реализация данного проекта включает в себя и строительство дороги на Западные Кейвы, а это существенно упрощает освоение и иных полезных ископаемых этого уникального района.

Редкометалльные и редкоземельные руды Кейв

Сахарйокский массив находится в центральной части Ловозерского района в 90 км от Ловозерского ГОКа (пос. Ревда). И. Д. Батиевой и И. В. Бельковым [1958, 1984] показано, что в нефелиновых сиенитах, слагающих основную фазу массива, содержание циркона и бритолита в среднем близко к 0,5 %, а в меланкратовых участках оно достигает 2,5 % [Виноградов и др., 2000]. По прогнозным запасам рядовых руд, пригодных для открытой разработки, Сахарйокское рудопроявление можно отнести к типу крупных месторождений, потенциал которого способен обеспечить годовую потребность страны в среднетяжелых РЗЭ и иттрии на длительную перспективу [Маслобоев, Лебедев, 1991].

Циркон-бритолитовые руды Ровозерского и Юмперуайвского массивов находятся в том же районе, что и Сахарйокский массив, и могут отрабатываться одним рудником. По оценке Геологического института КНЦ РАН [Пожиленко и др., 2002], среднее содержание циркона в этих рудопроявлениях составляет 0,8–1,4 %, бритолита — 0,3–0,5 %, запасы только до глубины 20 м исчисляются в 10^4 т.

Рудопроявления Кейв (Сахарйок, Ровозеро, Юмперуайв) сходны по строению и минеральному типу с месторождениями Катугинского массива в Восточной Сибири, но их географическое положение и горно-геологические условия более благоприятны.

Руды Сахарйокского массива образовались в результате постмагматических процессов, связанных с флюидным (гидротермальным) переносом редких элементов высокотемпературными растворами щелочей и галогенидов. По данным термобарогеохимического исследования включений минералообразующих сред в кварце [Бельков и др., 1988], как наиболее информативном и сквозном минерале для щелочногранитной системы, термобариметрические условия образования массива в целом и бритолита в частности оценивались как $T = 300\text{--}400\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $P = 2\text{--}2,5$ кбар.

Проведенное нами изучение кристаллизации силикатов РЗЭ (на примере Nd в гидротермальных условиях в пятикомпонентных системах $(\text{Na}_2\text{O})\text{K}_2\text{O}\text{--}\text{Nd}_2\text{O}_3\text{--}\text{Al}_2\text{O}_3\text{--}\text{SiO}_2\text{--}\text{H}_2\text{O}$ при температуре 150 и 250 °C [Панасенко и др., 1977а, б, в] показало, что образование редкоземельного силиката $7\text{Nd}_2\text{O}_3\cdot 9\text{SiO}_2$ со структурой силикат-апатита (бритолита) происходит при температуре 250 °C и давлении 40–50 бар в широком интервале варьирования концентраций кремнезема, алюминия и щелочей. В качестве других фаз в натриевой системе кристаллизовался нефелин-гидрат $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8\cdot \text{H}_2\text{O}$ и анальцит $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6\cdot \text{H}_2\text{O}$.

При температуре 150 °C РЗЭ во взаимодействие с компонентами системы не вступали, а алюминий и кремний связывались в высококремнистые силикаты $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (гарронит), $\text{NaAlSi}_5\text{O}_{12}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (морденит) и анальцит. В калиевой системе при температуре 250 °C, наряду с бритолитом $7\text{Nd}_2\text{O}_3\cdot 9\text{SiO}_2$, кристаллизовались щелочные алюмосиликаты KAlSi_3O_8 (калиофилит и калисилит), калиевый филлипсит $\text{K}_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$, лейцит KAlSi_2O_6 и санидин KAlSi_3O_8 .

Таким образом, мы экспериментально подтвердили, что образование бритолита могло происходить в гидротермальных и весьма мягких условиях, а набор кристаллических фаз в модельной пятикомпонентной системе оказался весьма близок к минералогическому составу сиенитов Сахарйокского щелочного массива. Редкоземельный силикат $7\text{Ln}_2\text{O}_3\cdot 9\text{SiO}_2 = \text{Ln}_4\cdot 67(\text{SiO}_4)_3\text{O}$ является структурным аналогом апатита [Торопов и др., 1971], в твердофазных системах образуется с лантаноидами от La до Sm, в гидротермальных условиях — включая Gd. Синтетический бритолит термически устойчив до температуры плавления (разложения), за исключением соединения с церием [Маслобоев и др., 1978].

По отношению к растворам кислот нестойк: соляная, азотная, серная и иные кислоты разлагают синтетический бритолит уже при концентрации 0,1н с выделением хлопьевидной кремнекислоты

[Панасенко и др., 19776]. Поэтому, приступая к технологическому опробованию бритолита, мы уже понимали, что проблем с кислотным разложением природного бритолита Сахарйокского месторождения не будет.

Для исследований была взята средняя проба руды (Сахарйокский массив) весом 150 кг, имевшая следующий минеральный состав (мас. %): альбит — 43,27; микролин — 22,00; нефелин — 11,00; эгирин — 15,30; биотит — 3,1; флюорит — 1,10; циркон — 0,5; бритолит — 0,25; апатит — 0,05; пироксид — 0,03. Руда рассматривалась как комплексное сырье на цирконий и РЗЭ.

Для технологического опробования были использованы два образца:

- *образец 1* — кусковой рудоразборный материал коричневого цвета с включениями эгирина и слюды, которые легко удалялись магнитной сепарацией;
- *образец 2* — дробленый материал, полученный при обогащении в Горном институте Кольского научного центра РАН.

Состав концентратов был следующим, мас. %:

- *образец 1*: Ln_2O_3 — 52,2; SiO_2 — 9,2; CaO — 15,5; P_2O_5 — 3,7; F — 2,2; п.п.п. ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$) — 4,6; ThO_2 — 3,0;
- *образец 2*: Ln_2O_3 — 46,0; SiO_2 — 17,5; CaO — 15,0; P_2O_5 — 0,35; F — 2,1; п.п.п. ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$) — 2,8; ThO_2 — 1,0.

Состав суммы РЗЭ для различных образцов варьировался в достаточно широких пределах: Y_2O_3 — от 13,9 до 21,1 %, CeO_2 — от 31,8 до 38,8 %.

Как и ожидалось, природный бритолит легко разлагался кислотами. Мы исследовали извлечение суммы РЗЭ концентрированными азотной, серной и соляной кислотами в количестве, близком к стехиометрическому, с последующим выщелачиванием РЗЭ водой, чтобы избежать гелеобразования кремниевой кислоты.

Таким образом, была изучена возможность переработки иттробролита различными кислотами с переводом РЗЭ в раствор с последующим экстракционным разделением, а тория (радионуклидов) и кремнезема в осадок для последующей утилизации.

Не менее интересны и микролин-иттрофлюоритовые руды Плоскогорского месторождения, расположенного в 127 км (по зимнику) от Ловозерского ГОКа. Месторождение представлено протолитионит-альбит-амазонитовыми апогранитами и амазонитовыми пегматитами с гнездововкрапленной плумбомикролитовой (30–35 % Ta_2O_5 в минерале) и иттрофлюоритовой (4–6 % Y_2O_3 в минерале) минерализацией. Прогнозные запасы рядовых по качеству руд соответствуют параметрам промышленных месторождений. Рудные зоны вскрыты карьером по добыче амазонита. Пригодность иттрофлюорита и плумбомикролита к гидрометаллургической переработке была изучена нами на рудоразборных концентратах.

Выделение суммы РЗЭ из иттрофлюорита Плоскогорского месторождения. С целью поиска дополнительных сырьевых источников РЗЭ среднетяжелой группы и перспектив его переработки на Ловозерском ГОКе нами был исследован иттрофлюоритовый концентрат, содержащий 95 % иттрофлюорита, а также монацит, ксенотим, полевые шпаты и проч. [Маслобоев, Лебедев, 1991]. Иттрофлюоритовый концентрат был получен рудоразборкой из амазонитового месторождения горы Плоской (Западные Кейвы).

Химический состав иттрофлюоритового концентрата, мас. %: Ln_2O_3 — 12,0; CaO — 47,5; SrO — 0,4; Na_2O — 0,8; SiO_2 — 9,5; F — 30.

Его кристаллохимическая формула, пересчитанная из химического состава, — $(\text{LnOF})_{0,1} \cdot \text{CaF}_2$.

Большой интерес представляет состав редких земель иттрофлюорита с преобладанием иттрия и РЗЭ тяжелой группы (мас. % в сумме Ln_2O_3): Y_2O_3 — 34,4; La_2O_3 — 9,3; CeO_2 — 18,9; Pr_6O_{11} — 1,8; Nd_2O_3 — 3,7; Sm_2O_3 — 0,8; Eu_2O_3 — 0,1; Gd_2O_3 — 0,2; Tb_4O_7 — 0,25; Dy_2O_3 — 2,8; Ho_2O_3 — 1,5; Er_2O_3 — 4,7; Yb_2O_3 — 1,6.

Иттрофлюоритовый концентрат рассматривался как комплексное сырье на фтор и редкие земли, с переработкой в два стадии: вскрытие иттрофлюорита с отгонкой HF (или SiF_4) и получение редкоземельного концентрата. Основой служила технология переработки плавикового шпата CaF_2

[Позин, 1974]. Из многочисленных способов были опробованы пиролиз, спекание с содой, вскрытие иттрофлюорита серной кислотой [Маслобоев, Лебедев, 1991].

После удаления фтористых соединений в газовую фазу сульфатный спек РЗЭ подвергали экстракционной конверсии в нитратный раствор аммонийным мылом карбоновых кислот (СЖК C_7 – C_9), нитратный раствор РЗЭ направляли на экстракционное разделение. Фтор переходил в газовую фазу на 93–98 %, кремнезем — на 57–83 %. Сквозное извлечение РЗЭ составляло до 81 %, в том числе Y_2O_3 — до 92 %.

Общий вывод наших исследований: иттрийфлюоритовый концентрат технологичен, с хорошими показателями может перерабатываться по сернокислотной технологии с последующей экстракционной конверсией в нитраты РЗЭ и их разделением нейтральными экстрагентами (например, трибутилфосфатом ТБФ) на индивидуальные оксиды РЗЭ.

Плюмбомикролит: технология переработки. В мире наблюдается устойчивый спрос на тантало-ниобиевую продукцию, широко используемую во многих отраслях промышленности. Вовлечение в производство новых месторождений тантал-ниобиевого сырья и разработка эффективных технологий извлечения тантала и ниобия является актуальной задачей. С целью расширения сырьевой базы редких металлов интерес представляет добыча плюмбомикролитового концентрата (ПМК) попутно с разработкой амазонита (гора Плоская). ПМК этого месторождения характеризуется большим содержанием тантала (27–31,3 мас. %) и ниобия (10,9–14,2 мас. %), а также высоким содержанием свинца (47–60 мас. %) [Волошин, Пахомовский, 1986]. Кроме того, в состав ПМК входят природные радионуклиды рядов урана-238 (0,25–0,60 мас. %) и тория 232 (0,04–0,07 мас. %). В связи с отсутствием технологии получения ценных компонентов из этого уникального сырья были изучены гидрометаллургические способы разложения ПМК [Лебедев, 2006; Маслобоева и др., 2007, 2009, 2010; Маслобоева, Лебедев, 2007], позволяющие перевести тантал и ниобий в раствор, а свинец выделить в виде хорошо растворимой соли азотнокислого свинца $Pb(NO_3)_2$.

1. При переработке плюмбомикролитового концентрата, содержащего в пересчете на оксиды до 55,2 % свинца, 31,3 % тантала и 14,2 % ниобия, возникает проблема наиболее полного разложения концентрата с максимальным извлечением целевых компонентов за единичный цикл разложения. Данный вид сырья является относительно редким, в связи с чем отсутствует и опыт его технологической переработки, однако высокое содержание тантала и ниобия в концентрате позволяет рассматривать этот вид редкометалльного сырья в качестве перспективного. Известен способ переработки плюмбомикролитового концентрата [Лебедев и др., 2006], согласно которому концентрат, содержащий свинец, тантал и ниобий с крупностью частиц менее 0,06 мм, обрабатывают смесью 45 %-й фтористоводородной и 93 %-й серной кислот при массовом отношении кислот 2,14:1, взятых с избытком по отношению к стехиометрии, в течение 2,5 ч при температуре 75 °С с переводом тантала и ниобия в раствор, а сернокислой соли свинца (II) в виде $PbSO_4$, неразложившихся минералов и радионуклидов — в осадок. Раствор отделяют от осадка и направляют на экстракционное выделение тантала и ниобия и их разделение на индивидуальные элементы. Степень извлечения в раствор тантала и ниобия за единичный цикл разложения составляет 95,5 %. Недостатки данного способа — относительно невысокое извлечение тантала и ниобия в раствор и выделение свинца в виде плохо растворимой соли $PbSO_4$, что затрудняет его дальнейшую переработку.

2. Известен также способ переработки плюмбомикролитового концентрата [Маслобоева и др., 2007], включающий измельчение концентрата, содержащего свинец, тантал и ниобий, до крупности около 0,16 мм и менее, разложение концентрата смесью 92,5 % серной и 40 % фтористоводородной кислот при массовом отношении кислот 0,41:1, Т:Ж = 1:3 и температуре 90–100 °С с переводом соли свинца (II), неразложившихся минералов и радионуклидов в осадок, а тантала и ниобия — в раствор, из которого их выделяют экстракцией. По данным гамма-спектрометрического анализа установлено, что раствор, получаемый в оптимальных условиях разложения ПМК (фракция –0,07 мм, Т:V_ж = 1:3, t = 90–95 °С, расход 120 % HF и 150 % H₂SO₄ от стехиометрии, время вскрытия — 3 ч), радиационно безопасен и может быть направлен на экстракционное выделение тантала и ниобия. Осадок отделяют, промывают с рециклированием промывного раствора на стадию разложения концентрата и распульповывают водой с образованием суспензии, которую разделяют гравитационным способом.

Тяжелую фракцию, содержащую неразложившиеся минералы, направляют на стадию разложения концентрата, а легкую фракцию, содержащую в основном соли свинца (II) и остаток неразложившихся минералов и радионуклидов, подвергают конверсии, которую осуществляют раствором карбоната натрия при Т:Ж = 1:4, температуре 60–70 °С и расходе Na_2CO_3 — 120 % от стехиометрии в течение 3 ч. Образовавшийся карбонат свинца PbCO_3 промывают водой и отфильтровывают от раствора сернокислого натрия, который выводят в виде стока. Карбонат свинца растворяют в 25 %-й азотной кислоте с образованием раствора азотнокислого свинца (II) и осадка в виде остатка неразложившихся минералов и радионуклидов. Полученный осадок объединяют с тяжелой фракцией для повторного разложения. Степень извлечения тантала и ниобия в раствор за единичный цикл разложения составляет 91,4 и 92,3 % соответственно.

Этот способ характеризуется недостаточно высоким извлечением тантала и ниобия в раствор, что обуславливает возврат неразложившихся минералов и радионуклидов на стадию разложения концентрата. Для получения хорошо растворимых соединений свинца использована сложная операция химической конверсии сульфатов свинца в карбонаты с их последующим выщелачиванием азотной кислотой. При этом возрастает число операций промывки и фильтрации и образуются растворы, требующие их утилизации. Все это усложняет и удорожает переработку концентрата.

3. Наиболее оптимален способ переработки плюмбомикролитового концентрата, содержащего свинец, тантал и ниобий [Маслобоева и др., 2009], включающий измельчение концентрата, его обработку при нагревании смесью кислот, содержащую фтористоводородную кислоту, с образованием пульпы и переводом соли свинца (II), неразложившихся минералов и радионуклидов в осадок, а тантала и ниобия — в раствор, отделение свинецсодержащего осадка, его промывку, использование промывного раствора, переработку осадка с отделением неразложившихся минералов и радионуклидов и получением раствора азотнокислого свинца (II) и экстракцию тантала и ниобия из тантал-ниобийсодержащего раствора. Способ отличается тем, что обработку концентрата ведут смесью 18–35 %-й азотной и 40–45 %-й фтористоводородной кислот при массовом отношении кислот 2,7–5,3:1 с переводом в осадок азотнокислого свинца (II). Перед отделением осадка пульпу охлаждают, промывку свинецсодержащего осадка производят раствором азотной кислоты с присоединением промывного раствора к фторидно-азотнокислому раствору, переработку осадка осуществляют путем выщелачивания азотнокислого свинца (II) водой, а экстракцию тантала и ниобия ведут из объединенного фторидно-азотнокислого раствора нейтральным экстрагентом 2.

4. Способ, описанный выше (см. п. 1), отличается тем, что концентрат измельчают до крупности не более 0,32 мм, а обработку концентрата смесью кислот ведут при Т:Ж = 1:3–5 и температуре 90–120 °С. В качестве нейтрального экстрагента используют триизоамилфосфат или октанол-1, при этом экстракцию ведут на 2–6-й ступенях при О:В = 1,5–2,0:1 с переводом тантала в органическую фазу, а ниобия — в водную [Маслобоева и др., 2009]. Таким образом, из вышеизложенного видно, что плюмбомикролитовый концентрат Плоскогорского месторождения технологичен и может перерабатываться на чистые соединения тантала и ниобия по нескольким вариантам.

В Западных Кейвах известны также крупные месторождения абразивного граната (Макзабак, Ровозеро, Тахлитуайв и др.). Наиболее подробный их обзор сделан Ю. Л. Войтеховским [2010, 2013]. Гранат концентрируется главным образом в мусковит-гранатовых сланцах и гранатитах, образуя в плане пласты шириной десятки, реже — сотни метров и длиной до нескольких километров. Сланцы обычно содержат от 10 до 40 % граната (альмандина), который выделяется в кварц-мусковитовой массе в форме крупных кристаллов размером от 1–2 до 25 см. В гранатитах содержание граната достигает 70–80 %. Месторождения и проявления абразивного граната в Кейвском рудном районе — одни из крупнейших в мире и имеют общие запасы около 2,7 млн т.

Применение гранатов в промышленности базируется на ряде физико-механических свойств, наиболее важными из которых являются следующие:

1. Твердость, достигающая у некоторых разновидностей 7,5 и даже 8 по Моосу, она обеспечивает высокую абразивную способность граната.

2. Способность при измельчении раскалываться на частицы с остросрежущими краями, это свойство позволяет использовать гранат в качестве абразивного материала.

3. Трещиноватость — редкая сетка глубоких трещин понижает затрату энергии на измельчение крупных кристаллов. Поверхностная трещиноватость, обычно наблюдаемая в зернах гранатовой крупки, считается полезным свойством абразивного граната, она способствует регенерации осторезуемых граней в процессе шлифования, облегчая отщепление притупившихся краев и тем самым эффективно влияя на самозатачиваемость абразива.

4. Чистота — включения инородных минералов, прорастающие гранат, чрезвычайно тонко способствуют его передрабливанию и понижают абразивные свойства измельченного материала.

5. Минеральный состав — для абразивных целей пригодны преимущественно железистые гранаты, в первую очередь альмандин, обладающий наибольшей твердостью, хорошей вязкостью и обычно хорошо выраженной сеткой мелкой трещиноватости, менее пригоден для абразивных целей, но все-таки может быть использован родолит, еще менее — спессартин и андрадит.

Поскольку гранат относится к перспективным индустриальным минералам, область его использования постоянно расширяется. Потребление гранатового продукта по отраслям распределяется примерно следующим образом: 40 % — очистка поверхностей, 24 % — очистка воды, 12 % — гидроабразивная резка, 12 % — изготовление абразивов, 6 % — изготовление мягких абразивов, 4 % — нефтяная промышленность, 2 % — прочие отрасли [Потокин и др., 2017].

Конкретная область применения гранатового песка зависит от фракции. Самые высокие требования по фракционности к абразивам предъявляются для применения обработки поверхностей, гидроабразивной резки и очистки питьевой воды. Для этих целей содержание чистого граната в продукте должно быть не ниже 95 %. Для очистки технической воды содержание чистого граната в смесовых гранат-кварцевых песках может составлять от 55 до 65 %.

В Кольском научном центре РАН была разработана инновационная схема получения мономинерального абразивного гранатового продукта из гранат-слюдяных сланцев Кейвских гранатов альмандинов Кольского полуострова методом электроимпульсной дезинтеграции после его отмывки от свободных включений слюды восходящим потоком жидкости.

Геологическое строение и промышленный потенциал известных месторождений граната в Западных Кейвах сходны. Так, месторождение г. Тахлинтуайв расположено на вершине пологого холма, сложенного гранат-слюдяными сланцами. Среди других месторождений региона оно характеризуется наиболее чистыми и хорошо ограненными гранатами размером 3–6 см, до 10 см. Зона, максимально обогащенная гранатом, протягивается на 500 м при ширине 20 м. Содержание граната в породе составляет не менее 10 об. %. В. И. Влодавец оценил запасы месторождения по категории С в 150 тыс. т, позднее Л. Я. Харитонов переоценил запасы в 80 тыс. т при глубине отработки до 20 м и извлечении граната из породы 10 % [цит. по: Войтеховский, 2013].

Месторождение г. Макзапахк расположено на вершине меридионального хребта Восточный Макзапахк. Здесь к сланцевой толще близко подходят щелочные граниты. Повышенная концентрация граната приурочена к замковым частям поперечных складок. Вблизи гранитов наблюдается замещение гранатов мусковитом, биотитом, кварц-полевошпатовым материалом и хлоритоидом. Наиболее богатая гранатом зона имеет длину 500–600 м при ширине 10–15 м. Гранат размером более 3 см составляет 7–10 об. % породы, реже встречаются кристаллы до 30 см. В. И. Влодавец оценил запасы по категории С в 300 тыс. т, Л. Я. Харитонов переоценил их в 48 тыс. т при глубине отработки до 20 м и извлечении граната из породы 10 % [Войтеховский, 2013].

Две зоны обогащения гранатом приурочены к замковым частям поперечных складок. Их ширина 10–20 м при длине 500–600 м. Качество граната невысокое: он окислен и содержит много включений кварца. Размеры кристаллов 2–5 см, до 8 см. Запасы по категории С определены М. Д. Вагаповой в 120 тыс. т [Войтеховский, 2013].

Месторождение г. Березовая-II расположено в 4 км к ЮЗ от оз. Ровозеро, на обрывистом ЮЗ склоне широкого холма, имеет ширину 10 м и длину 200 м. Высокие концентрации граната приурочены к замковой части крупной поперечной складки. Вкрест простирания его количество уменьшается, в сланцах появляется микроклин. Наиболее богатая гранатом зона имеет ширину 5–6 м и длину 100 м. Гранат крупный, в среднем 3–5 см, нередко кристаллы до 15 см. Крупные гранаты образуют гнездовые

скопления. Среднее содержание граната в породе 25 об. %, но может достигать 50 об. % и более. Запасы по категории С определены М. Д. Вагаповой в 330 тыс. т, Л. Я. Харитонов переоценил их в 10 200 т при отработке самого богатого тела размером 5×15×100 м и извлечении граната из породы 10 % [Кольский..., 2006]. Месторождение г. Березовая-I располагается в 1,5 км к югу и аналогично по геологическому строению и запасам.

Все месторождения граната в Западных Кейвах локализованы на вершинах сухих пологих возвышенностей и доступны для открытой отработки. Главной проблемой является отсутствие пригодных дорог. В этом отношении наиболее доступны месторождения гг. Березовая-I и II, располагающиеся вблизи единственной грунтовой дороги, ведущей на Большие Кейвы, на чуть большем удалении от нее находится месторождение к 3 и ЮЗ от оз. Ровозеро. Месторождения г. Макзапахк и г. Тахлинтуайв находятся далеко на западе Кейвской возвышенности и в ближайшей перспективе недостижимы для промышленной отработки. Кроме того, нужны технологические испытания кейвских гранатов как потенциального абразивного сырья в соответствии с современными требованиями промышленности. Специальные исследования сходных по составу и генезису гранатовых месторождений Карелии показали возможность легкого обогащения руд и получения кондиционного концентрата [Щипцов и др., 2009].

Известны в Кейвах и месторождения и рудопроявления титаномагнетитовых руд с попутным ванадием. Они приурочены к габбро-анортозитовым массивам: Цагинское, Магазин-Мусюр, Патчерв-тундра, Ачинское и др. Руды слагают крупные линзовидные и пластовые тела с содержанием: TiO — 5–6 %, FeO — 20–32 %, ванадия — 0,25–0,6 %, кобальта — до 0,02 %. Цагинское месторождение является наиболее изученным. Выделяются руды двух основных типов: титаномагнетитовые и сульфидно-титаномагнетитовые. Содержание титаномагнетита в массивных рудах — 70–80 %, полосчатых — 45–70 %, вкрапленных — 5–40 %. Ильменит в виде самостоятельных зерен составляет не более 10–17 % рудной массы. В незначительных количествах присутствуют магнетит и сульфиды, из нерудных минералов — плагиоклаз, оливин, амфибол. Иногда мощность участков с содержанием сульфидов до 40 % достигает 5 м.

В южной части Западных Кейв находится Ельозерская группа торий-урановых проявлений в жильных щелочных гранитах и метасоматитах с циртолит-торитовой минерализацией. К перспективным типам циркон-редкоземельного оруденения можно отнести силекситы и минерализованные щелочные граниты рудопроявлений Юмперуайв, Ровозерское (Пьедестал) и Лаврентьевское. Промышленные типы плюмбомикролитовых ниобий-танталовых руд выявлены в ранд-пегматитах Плоскогорского амазонитового месторождения А. Н. Виноградовым и А. В. Волошиным. В щелочногранитных плутонах развита комплексная ниобий-циркониевая редкоземельная минерализация на участках Юмперуайв, Ровозеро, Ельозеро и Пурнач. Рудные минералы в пегматитах представлены пироксеном, фергусонитом, блонмстрандином и тантэвксенитом.

В Восточных Кейвах известно небольшое проявление вольфрама — Нусса, связанное с древними метаморфизованными корами выветривания. Рудный минерал представлен шеелитом, концентрации в рудной зоне варьируют от 0,2 до 2,2 %. Повышенные концентрации олова (до 0,3 %) и ванадия (до 0,1 %) обнаружены в некоторых рудных зонах редкометалльных месторождений Юго-Западных Кейв — Ельозерском и Лаврентьевском. Рудный минерал олова представлен касситеритом, вольфрам рассеян в ниобиевых минералах фергусоните и пироксене.

Нельзя не упомянуть и о золоте. Следует отметить, что как Большие, так и Малые Кейвы до настоящего времени неопределены на этот элемент, тем не менее данная структура может рассматриваться из общих геодинамических представлений о ее развитии как перспективная на золотонасность [Козлов и др., 2019], о чем свидетельствуют и некоторые находки этого элемента. Так, высокий фон золота (59 мг/т по 39 анализам) был установлен в снежноборской свите Малых Кейв [Гавриленко и др., 1987; Гавриленко, Басалаев, 1991]. Среднее же содержание золота в целом по всем породам Малых Кейв составило 7,1 мг/т [Гавриленко, Басалаев, 1991]. В восточной части Больших Кейв, в верхнем течении реки Восточной Лебяжьей, в зоне контакта лебяжинских биотитовых гнейсов и пород нижнечервуртской подсытки, в измененных биотитовых гнейсах установлена зона кварцевого прожилкования с эпидотом и шеелитом [Басалаев, Калинин, 1991]. В измененных породах повышено,

по сравнению с вмещающими гнейсами и сланцами, содержание золота, отмечена сульфидная минерализация с висмутом [Басалаев, Калинин, 1991]. В Больших Кейвах также известны находки золота [Шпаченко и др., 2009], более подробно этот вопрос освещается в монографии [Козлов и др., 2026].

Таким образом, Кейвы, по мнению авторов, представляют собой в экономическом плане как крайне интересный и пока еще абсолютно не освоенный объект. Экономический и промышленный потенциал любой рудной провинции может быть выражен через оценку рыночной стоимости фактической и/или проектной добычи минерального сырья и/или получаемых продуктов передела. Кроме того, управляющим параметром особенно для новых и нетрадиционных видов служит конъюнктура на рассматриваемое сырье в разрезе «средние оптовые цены — потенциальные объемы продаж» по основным направлениям потребления и/или вытесняемым таковым.

Исторический опыт показывает, что при активной эксплуатации уникальных по масштабам месторождений общемировые и национальные цены диктуются исключительно ими. По мере истощения запасов в этих сырьевых объектах начинают осваиваться многочисленные менее крупные источники, что постепенно настраивает рыночные механизмы регулирования отрасли в классической интерпретации (модель «спрос-предложение»). Таким образом, для реалистической оценки промышленного и экономического потенциала необходимо учитывать следующие факторы:

- потенциальные рынки сбыта (области применения) в классическом и нетрадиционном на данный момент времени виде;
- примерный объем потребления каждого направления сбыта и среднесрочный прогноз его развития;
- цены на руды и продукты передела и их динамика в среднесрочной ретроспективе.

За исключением редких примеров маломасштабной добычи кианитовых руд в США, Индии и некоторых других странах кейвские кианиты можно считать новым нетрадиционным видом минерального сырья, для которого еще не сформирован рынок спроса-предложения. Поэтому в настоящий момент времени нецелесообразно ориентироваться на средние текущие цены или принимать их в качестве оценочно-проектных. Несомненно, что после начала освоения столь масштабного сырьевого источника мировые цены ожидаемо снизятся и стабилизируются на более низкой позиции.

Касааясь перспектив освоения Кейв, обратимся к семантике понятия «пути освоения». Как правило, она имеет несколько значений: во-первых, это собственно географический аспект — маршрут/местность, по которой проложена дорога; во-вторых, часто подразумевается комплекс либо варианты комплексов инженерно-технических и технологических решений, позволяющих освоить (территорию, месторождение и т. п.) наиболее экономически эффективным способом; в-третьих, отождествляется с социально-экономическим эффектом от принятого пути освоения. В отношении Кейв актуальны все значения, особенно в контексте того, что от выбранных решений напрямую зависит будущее этой уникальной провинции.

Таким образом, при планировании освоения какого-либо сырьевого объекта необходимо учитывать:

- расстояния и естественные преграды;
- существующую и проектируемую транспортную, энергетическую и технологическую инфраструктуру;
- наличие в районе проложения трассы стратегических и попутных полезных ископаемых;
- ограничения социально-экономического, военно-политического и этнографического характера.

Важным для обсуждения всех возможных вариантов освоения Кейв является наличие на контакте с Кейвами крайне интересной в плане наличия там разнообразных полезных ископаемых зоны Колмозеро-Воронья, заметим, на определенных этапах своего развития связанной с Кейвскими образованиями [Козлов и др., 2026]. Авторы понимают, что перспективы освоения колмозеро-вороньинской площади являются предметом специальных обсуждений, но все же вкратце коснутся этого вопроса, что позволит более полно оценить предложения по освоению кейвской площади. Более детально эти вопросы описаны в работе [Жиров и др., 2008].

В зоне Колмозеро-Воронья известны крупные и уникальные месторождения и проявления редких металлов, золота, молибдена, меди. Еще в 1950-х гг. здесь разведано несколько месторождений,

связанных с редкометалльными пегматитами. Наиболее крупные из них (с запада на восток): Охмыльк, хр. Олений, Васин-Мыльк, Полмос, Колмозерское.

Колмозерское месторождение лития представлено двенадцатью сподумен-альбитовыми пегматитовыми жилами в габбро-анортозитах, вскрытых до глубины 260 м. Кроме сподумена, основного носителя лития, присутствуют берилл и колумбит-танталит.

Месторождение лития Полмос состоит из пяти субпараллельных жил переменной мощности от 8 до 30 м при протяженности от 500 до 1000 м. На глубину жилы вскрыты до 470 м. По составу они существенно кварц-альбит-сподуменовые, полезные компоненты — литий, бериллий, тантал и ниобий.

Литий-цезиевое месторождение Васин-Мыльк представлено тремя субпараллельными жилами протяженностью от 70 до 220 м при мощности в среднем 5 м. Продуктивная ассоциация — лепидолит-альбит-микроклин-сподумен-поллуцитовая. В поллуците сосредоточена основная масса цезия. Полезными компонентами являются также литий, бериллий, тантал и ниобий. Цезиевое месторождение Васин-Мыльк не имеет аналогов в России и уступает лишь крупнейшему канадскому месторождению Берник-Лейк.

Литиевое сырье Кейв. «Литий — это новая нефть». Такая метафора стала уже общим девизом. Действительно, этот металл активно отбирает у углеводородов звание вещества, без которого немыслима современная энергетика. Литий-ионные аккумуляторы имеют большую емкость и очень долговечны. На них «бегает» электромобили, работают бытовая техника, медицинское оборудование и практически все окружающие человека гаджеты. До середины прошлого века в Советском Союзе литий добывали, но сейчас весь этот металл в стране — импортный. Госкорпорация «Росатом» планирует в ближайшем будущем открыть в Калининградской области гигафабрику по производству литий-ионных аккумуляторов. Откуда же появится сырье для нее?!

В апреле 2023 г. директор департамента металлургии Минпромторга Владислав Васильев сообщал, что к 2030 г. планируется полностью обеспечить российскую промышленность отечественным литием. Стратегия развития металлургической промышленности РФ до 2030 г. предполагает, что потребности России в литии должны быть обеспечены за счет добычи на Колмозерском, Полмостундровском, Ковыктинском, Ярактинском и Завитинском месторождениях. Колмозерское и Полмостундровское месторождения литийсодержащего минерала сподумена расположены недалеко друг от друга — в Ловозерском районе Мурманской области.

19 июля 2024 г. в ходе рабочего визита в Мурманскую область первый вице-премьер России Денис Мантуров обсудил несколько важных вопросов с Андреем Чибисом. Как затем сообщил в своем телеграм-канале губернатор, Денис Мантуров поддержал идею производства активных катодных материалов для литий-ионных батарей на территории Мончегорска. «С учетом того, что добыча лития будет производиться на территории Мурманской области, мы крайне заинтересованы в полном цикле», — подчеркнул Андрей Чибис.

Лицензию на освоение Колмозерского сподуменового месторождения получило ООО «Полярный литий» — совместное предприятие «Норникеля» и горнорудного дивизиона госкорпорации «Росатом». Лицензия действует с 21 февраля 2023 г. по 20 февраля 2043 г. Это месторождение считается крупнейшим в России (оно содержит 18,9 % отечественных запасов, 75 млн т руды) и наиболее перспективным. Прогнозные ресурсы оксида лития по категории Р₁ составляют 152,6 тыс. т, пентоксида тантала — 1 215 т, пентоксида ниобия — 1 485 т.

Проект разработки Колмозерского месторождения предполагает выпуск карбоната и гидроксида лития в объеме 45 тыс. т/год. Выход на проектную мощность запланирован к 2030 г. Будет логично локализовать гидрометаллургическую переработку сподуменового концентрата Колмозерского месторождения в районе Мончегорска и при этом использовать в качестве вскрывающего реагента (после преципитации — перевода сподумена в кислоторастворимую форму нагреванием до 700–1000 °С) серную кислоту Кольской ГМК по традиционной, но вполне экономически эффективной схеме.

Лицензию на Полмостундровское сподуменовое месторождение (действует с 17 февраля 2023 г. по 17 февраля 2043 г.) получило ООО «Арктический литий». На этом месторождении подтвержденный объем оксида лития составляет 350 тыс. т. Проект разработки месторождения предполагает строительство дробильно-сортировочного комплекса мощностью 1 млн т руды в год и обогатительной фабрики

по выпуску spodumенового концентрата с содержанием оксида лития 6 %. Концентрат планируется поставлять в Тульскую обл. на ООО Halmek Lithium (входит в ООО «ТД Халмек») и в Красноярский край на ПАО «ХМЗ» (входит в ООО «Катодные литиевые материалы»). Планируется, что объем выпуска переработанного концентрата составит около 18 тыс. т LCE (Lithium carbonate equivalent, эквивалент карбонат лития).

В Halmek Lithium выбрали запатентованный финской компанией Metso Outotec процесс содового выщелачивания для производства гидроксида лития аккумуляторного качества на новом заводе в особой экономической зоне «Узловая». Metso Outotec завершила проектирование установки и заключила контракт на поставку инжиниринга и необходимого оборудования для процесса получения гидроксида лития, основой которого станет автоклавная установка Metso Outotec OKTOR®. В какой степени этот завод будет способен начать работать по заявленной схеме в условиях санкционных ограничений, остается загадкой.

В обоих проектах для их реализации требуются крупные инфраструктурные вложения в прокладку дорог и энергосетей практически в одну и ту же географическую точку Кольского полуострова. Разработка месторождений и производство соединений лития — пока дело будущего, следовало бы оценить риски проектов, главный из которых заключается в том, что литий-ионные аккумуляторы несовершенны: при отрицательных температурах эксплуатации их заряд уменьшается в разы. Не исключено, что на смену им могут прийти менее дорогие (тем более что на «литиевой волне» цены на этот металл в прошлом году выросли более чем в пять раз) и более устойчивые к холоду натрий-ионные аккумуляторы. Препятствием для широкого внедрения безлитиевой технологии является меньшая, нежели у литий-ионных аккумуляторов, емкость. Однако недавно ученые Сколтеха и МГУ разработали альтернативный материал — порошок фторидофосфата натрия-ванадия с особой кристаллической решеткой.

В Колмозеро-Вороньинском рудном районе известны также три золоторудных объекта: Оленинское, Няльм-1 и Няльм-2. Все они пространственно приурочены к интенсивно переработанным метасоматическими процессами габбро-диабазам хр. Оленьего. Минеральный состав Оленинского рудопоявления: арсенопирит, пирротин, халькопирит, галенит, сфалерит, самородное золото, электрум, самородное серебро. В рудопоявлении Няльм-1 преобладают пирротин, арсенопирит, халькопирит. Самородное золото мелкое. Главные рудные минералы рудопоявления Няльм-2: пирротин, арсенопирит, пирит, халькопирит, самородное золото.

Перспективным объектом является молибден-медное проявление Пеллапахк в районе одноименной горы на северо-западе района. Основную массу в оруденении составляет пирит (90 %). Присутствуют халькопирит, галенит, молибденит, сфалерит, борнит, тетраэдрит, фрейбергит. Рудопоявление Пеллапахк содержит значительные запасы не только меди и молибдена, но также золота и серебра.

Повышенные фоновые концентрации золота (0,05 г/т) и серебра (0,35 г/т) выявлены в гранодиоритах Поросозерского массива. В секущих их пегматитах с вкрапленной халькопирит-борнит-магнетитовой минерализацией отмечено 20 г/т серебра и свыше 1000 г/т висмута.

Все эти сведения, как и данные о Кейвской группе месторождений, приведены на рис. 3, что позволит лучше понять и оценить варианты освоения целевой площади. Следует также напомнить, что Кейвская структура расположена в центре восточной части Кольского полуострова и является ее водоразделом (к северу бассейн реки Йоканьга, к югу — бассейн реки Поной). Территориальное подчинение — Ловозерский район Мурманской обл. Месторождения расположены в 120–150 км к востоку-юго-востоку от пос. Ловозеро и в 200 км к востоку от г. Кировска. Транспортные условия плохие. От Кировска на восток: до пос. Октябрьский (40 км) шоссе, до 56–82 км грунтовая дорога в удовлетворительном состоянии, после 82-го км на протяжении 15–20 км труднопроходимые участки, от ответвления (~ 100–102 км) тракторная дорога с труднопроходимыми участками. Дорога проходит через несколько притоков, рек и крупных ручьев. Наиболее благоприятное время эксплуатации дороги — зима. В 1950–1953 гг. сооружалась железнодорожная ветка Титан — Йоканьга протяженностью 325 км. В 1953 г. строительство было законсервировано. До места расположения основных месторождений кианита оставался недостроенный участок железной дороги длиной 130 км [Нифонтов и др., 1971], впоследствии железнодорожное полотно разобрали вплоть до ответвления на Ловозеро.

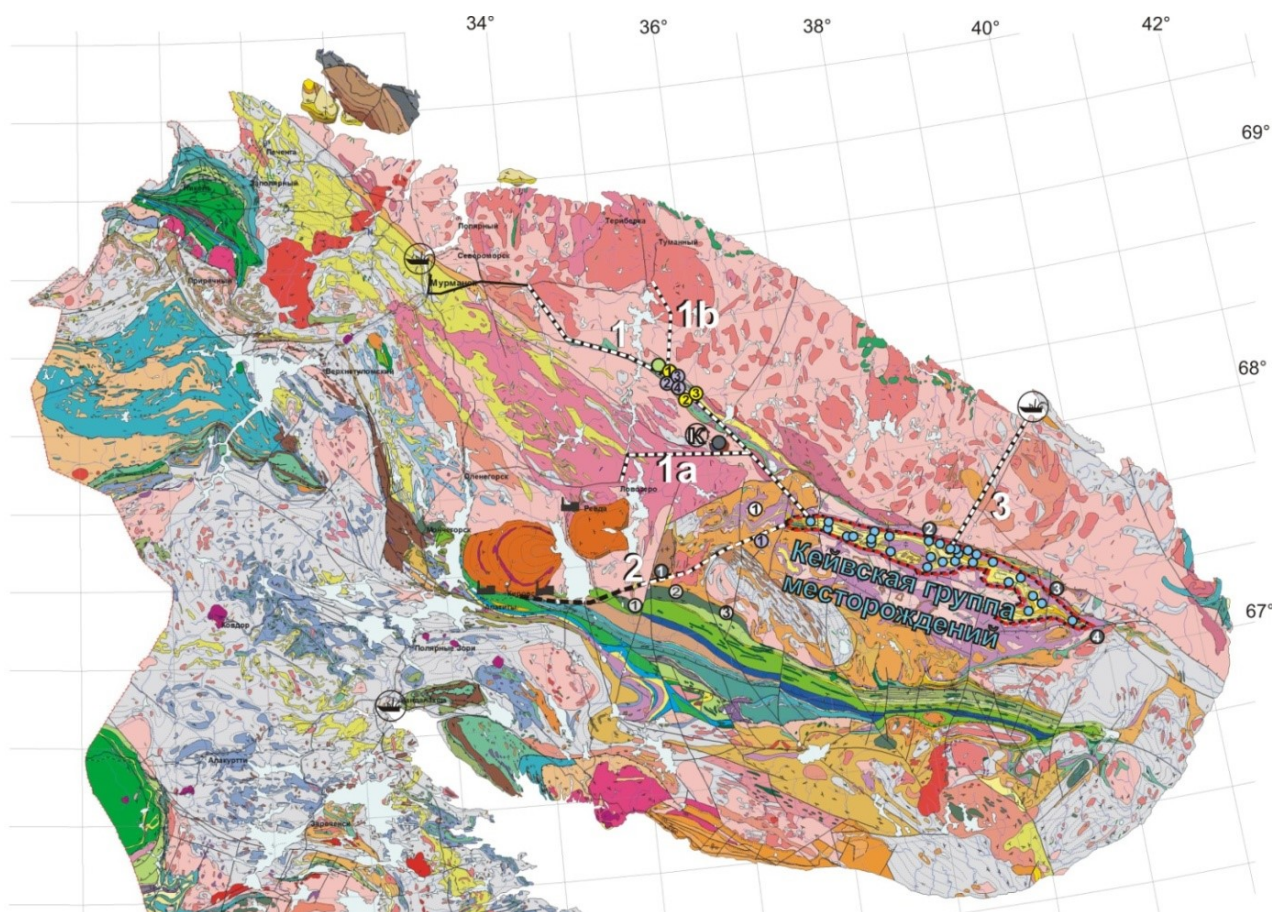


Рис. 3. Карта-схема Мурманской области на геологической основе [Мультимедийный..., 2001]

с вариантами путей освоения Кейвской группы месторождений: ● — месторождения кyanита; ● — месторождение платиноидов (1 — Федоровотундровское, 2 — Западно-Панское (Малая Пана), 3 — Восточно-Панское); ● — месторождение/проявление золота (1 — Оленинское, 2 — Няльм I, 3 — Няльм II), ● — проявление меди и молибдена Пеллапахк; ● — проявление редких металлов (1 — Сахарйок, 2 — Охмыльк, 3 — Олений хребет, 4 — Вороньтундровское (Васин-Мыльк)); ● — проявление/месторождение железных руд (К — Контозерское, 1 — Цагинское, 2 — Куроптевское, 3 — Ачерйокское, 4 — Патчервтундровское); — действующие ГОКи; — порты; — варианты проектируемой трассы (1 — Кола — Зап. Кейвы, 1a — Ловозеро (Ревда) — Зап. Кейвы, 1b — пос. Туманный — Зап. Кейвы, 2 — Апатиты(Кировск) — Зап. Кейвы, 3 — Гремиха — Центр. Кейвы)

Fig. 3. Geology-based map of the Murmansk Region [Multi-media..., 2001] with options of Keivy deposit group development: ● — kyanite deposits; ● — platinoid deposit (1 — Fedorovo-Tundra, 2 — Western Pana (Malaya Pana), 3 — Eastern Pana); ● — Au deposit/occurrence (1 — Oleninskoye, 2 — Nyal'm I, 3 — Nyal'm II), ● — Pellapakhk Cu-Mo occurrence; ● — rare-metal occurrence (1 — Sakharjok, 2 — Okhmyl'k, 3 — Oleny Khrebet, 4 — Voronyetundrovskoye (Vasin-Myl'k)); ● — Fe ore occurrence/deposit (K — Kontozerskoye, 1 — Tsaginskoye, 2 — Kuroptevskoye, 3 — Acherjokskoye; 4 — Patchervtundrovskoye); — currently operating mining and processing complexes; — ports; — proposed route variants (1 — Kola — Western Keivy, 1a — Lovozero (Revda) — Western Keivy, 1b — Tumanny settlement — Western Keivy, 2 — Apatity (Kirovsk) — Western Keivy, 3 — Gremikha — Central Keivy)

С географо-экономической точки зрения существует несколько вариантов заложения собственно транспортных путей: «Северный»-1, 1a и 1b, «Южный»-2 и «Баренцевоморский»-3 (см. рис. 3).

«Северный»-1. Проложение автомобильного путепровода целесообразно реализовать в виде ответвления с дороги 47Л-050 «Мурманск — пос. Туманный», начиная примерно с 50–53-го километра,

далее в ЮВ направлении до пересечения геологических образований зеленокаменного пояса Колмозеро-Воронья (ЗКВ). Затем маршрут будет следовать вдоль этого пояса, с севера огибая Контозерскую структуру (кальдеру), до западной части Кейвской группы месторождений (КГМ). Далее по мере освоения кианитовых месторождений транспортная инфраструктура должна развиваться и постепенно смещаться на восток. С небольшими отклонениями рекомендуется примерно такой же маршрут и для строительства железной дороги. Общая протяженность от Колы составляет примерно 135–140 км без учета локальных извилистости маршрута. С точки зрения экономической географии этот путь дает доступ к целой серии месторождений, проявлений и к перспективным площадям для обнаружения новых сырьевых объектов золоторудной (проявления Оленинское, Няльм-I, Няльм-II), редкометалльной (проявления Охмыльк, хребет Олений, Васин-Мыльк/Вороньетундровское, Полмостундровское, Колмозерское, с незначительным ответвлением от трассы — проявление Сахарйокское и др.) и других типов специализаций (проявления абразивного сырья / граната, облицовочного камня, железных руд и др.). Из явных минусов этот вариант влечет за собой пересечение многочисленных водоохранных объектов Мурманского и Центрально-Кольского блоков.

Существенно может минимизировать негативное воздействие на водоохранные объекты **вариант 1b**, который максимально использует инфраструктуру дороги 47Л-050 и начинается от дороги на пос. Туманный с северной части Серебрянского водохранилища, далее огибает его и простирается в направлении практически на юг. Здесь также существует множество ручьев, малых озер, заболоченных территорий и др., однако этот маршрут не пересекает крупные водоохранные объекты. Протяженность дороги увеличивается до 155–165+ км, при этом доступ к основным сырьевым объектам центральной и восточной части ЗКВ сохраняется. **Вариант 1a** имеет значительное преимущество в отношении протяженности проектируемой трассы: начинается в пос. Ловозеро, далее простирается на Север, пересекает русло реки Воронья в удобном для строительства моста месте (выбор на стадии проектирования) и протягивается до Западных Кейв мимо Контозерского месторождения/проявления. Доступ к потенциальным сырьевым объектам центральной и восточной части ЗКВ сохраняется, а в отношении западной необходимо ответвление в трассы в несколько десятков километров.

«Южный»-2. Трассу целесообразно провести по недостроенной насыпи времен Сталина. В 1940-х — начале 1950-х здесь шло строительство № 509 ГУЛЖДС МВД СССР дороги на Кейвы и Поной с ответвлением в бухту Йоканьга (в будущем база ВМФ Гремиха — ЗАТО Островной). После 1953 г. уложенные рельсы были разобраны, а насыпь стала использоваться в качестве грунтовой автодороги в восточные районы Кольского полуострова. Реанимация этого варианта маршрута даст доступ помимо КГМ и объектов западной части Кейв (Сахарйок, Цагинское месторождение титаномагнетита, комплексная Nb-Zr-редкоземельная минерализация щелочных гранитных плутонов) к платино-палладиевым месторождениям Федорово-Панского массива (более 2000 т запасов и ресурсов высоких категорий в палладиевом эквиваленте) [Мультимедийный..., 2001], а также в перспективе — к сырьевым объектам (золото, медь, полиметаллы и др.) пояса Имандра-Варзуга.

Из географо-экономических недостатков необходимо упомянуть пересечение Марйокских болот (примерно 12–15 км, начиная с 54-го километра трассы). Преимущества этого маршрута заключаются в выходе на развитую горнопромышленную агломерацию Кировск — Апатиты с высоким научным потенциалом КНЦ РАН. Агломерация равноудалена от портов городов Мурманска и Кандалакша и связана с ними железнодорожными и автомобильными магистралями. В «Южном» варианте проложения трассы остаются недоступными сырьевые объекты западной части ЗКВ.

Дорога из центральной части Кейв в ЗАТО Островной (см. вариант 3, рис. 3) была бы самым экономичным с точки зрения протяженности трассы вариантом, однако данная территория и, особенно, глубоководная бухта Йоканьга по настоящее время находятся в ведении Минобороны РФ, что резко ограничивает перспективы их гражданского использования.

Сравнительные характеристики всех перечисленных выше вариантов приведены в таблице. Для всех вариантов будут актуальны барьеры экологического и этнографического характера: район Кейв является традиционным местом свободного выпаса оленей саамов (лопарей), здесь также находятся многочисленные природоохранные объекты. Для решения этих проблем необходимо опираться

на аналогичный опыт реализации крупных горнопромышленных проектов в сопредельных зарубежных территориях (в Финляндии и Норвегии), однако это потребует значительных усилий — материальных и организационных.

Сопоставление преимуществ/недостатков путей освоения КГМ
Comparison of the advantages and disadvantages of the development paths
of the Keivy group of deposits (KGD)

Параметры	Варианты освоения				
	1	1a	1b	2	3
Длина маршрута	---	-	--	--	+
Естественные орогидрафические преграды	---	--	+-	--	+
Наличие производственной инфраструктуры и квалифицированных кадров	-	+	--	+++	---
Наличие в «шаговой доступности» высоколиквидных сырьевых объектов другой (некианитовой) специализации	+++	++	++	+++	--?
Наличие социально-экономических, этнографических и других барьеров	--	--	--	--	---

Примечания. Потенциал/преимущество: +++ — высокий; ++ — средний; + — низкий.

Недостаток/барьер: --- — крупный, -- — среднего масштаба, - — малого масштаба; +- — нейтральный характер параметра.

? — территория геологически плохо изучена.

Выводы

Таким образом, исходя из сопоставительного анализа нет четко установившегося лидера в выборе пути освоения КГМ. В каждом варианте есть как преимущества, так недостатки и барьеры. Более предпочтительными по совокупности оценочных параметров выглядят варианты 2 и 1b. В целом же, с учетом изложенного выше Кейвы являются крайне перспективной площадью, промышленное освоение которой позволит значительно укрепить экономический потенциал региона и страны в целом.

Список источников

- Алексеев В. С. Обогащение кианитовых руд // Освоение минеральных богатств Кольского полуострова. Мурманск: Кн. изд-во, 1974. С. 191–211.
- Алексеев В. С. Теория и практика обогащения кианитовых руд. Л.: Наука, 1976. 199 с.
- Басалаев А. А., Калинин А. А. Вольфрамовое оруденение верхнеархейских супракрустальных комплексов Кейвской структуры (Кольский полуостров) // ДАН СССР. 1991. Т. 321. С. 1058–1061.
- Батиева И. Д., Бельков И. В. Сахарйокский щелочной массив // Известия Карельского и Кольского филиалов АН СССР. 1958. № 2. С. 40–46.
- Батиева И. Д., Бельков И. В. Сахарйокский щелочной массив, слагающие его породы и минералы. Апатиты: КФАН СССР, 1984. 135 с.
- Белогурова О. А., Гришин Н. Н. Карбидизированные теплоизоляционные материалы из кианитовой руды // Новые огнеупоры. 2012. № 1. С. 31–36.
- Белогурова О. А., Гришин Н. Н. Муллитокордиеритовые теплоизоляционные материалы из ставролита // Новые огнеупоры. 2013. № 2. С. 45–49.
- Белогурова О. А., Саварина М. А., Шарай Т. В. Углеродсодержащие огнеупоры из кианитовой руды // Геоэкологические проблемы переработки природного и техногенного сырья: сб. науч. тр. Апатиты: КНЦ РАН, 2017. С. 16–22.
- Белолитецкий А. П., Гаскельберг В. Г., Гаскельберг Л. А., Антонюк Е. С., Ильин Ю. И. Геология и геохимия метаморфических комплексов раннего докембрия Кольского полуострова. Л.: Наука, 1980. 240 с.
- Бельков И. В., Батиева И. Д., Виноградова Г. В. и др. Минерализация и флюидный режим контактных зон интрузий щелочных гранитов. Апатиты: КФАН СССР, 1988. 110 с.
- Бельков И. В. Кианитовые сланцы свиты Кейв. Л.-М.: Изд-во АН СССР, 1963. 321 с.

- Виноградов А. Н., Батиева И. Д., Зозуля Д. Р., Калинин В. Т., Лебедев В. Н., Маслобоев В. А., Ракаев А. И., Грицай З. Д. Комплексное редкоземельно-циркониевое оруденение Сахарйокского щелочного массива // Минеральное сырье. Вып. 7. 2000. С. 25–34.
- Войтеховский Ю. Л. Гранаты Западных Кейв как потенциальное сырье для абразивных материалов // Проблемы рационального использования природного и техногенного сырья Баренц-региона в технологии строительных и технических материалов: материалы V Всерос. науч. конф. с междунар. участием. Апатиты: КНЦ РАН, 2013. С. 41–43.
- Войтеховский Ю. Л. Месторождения алмаنديна Западных Кейв // XI Съезд Рос. минералог. общества «Современная минералогия: от теории к практике» и Федоровская сессия. 2010. URL: <http://www.minsoc.ru/2010-1-116-0> (дата обращения: 15.04.2026).
- Волошин А. В., Пахомовский Я. М. Минералы и эволюция минералообразования в амазонитовых пегматитах Кольского полуострова. Л., Наука, 1986. 168 с.,
- Гавриленко Б. В., Басалаев А. А. Минералого-геохимическая зональность в метаморфитах нижних уровней кейвского комплекса // Рудогенез в метаморфических комплексах докембрия. Апатиты: КНЦ АН СССР, 1991. С. 96–105.
- Гавриленко Б. В., Басалаев А. А., Предовский А. А., Белолипецкий А. П., Болотов В. И., Мележик В. А., Федотов Ж. А., Козлов Н. Е. Фоновая золотоносность докембрийских осадочных и вулканических формаций Кольского региона // Геохимия. 1987. № 10. С. 1378–1385.
- Жиров Д. В., Пожиленко В. И., Костина В. А., Королёва Н. Е., Вдовин И. В., Белкина О. А., Константинова Н. А., Петров В. Н., Давыдов Д. А., Мелехин А. В. Памятники природы и достопримечательности Мурманской области: в 4 кн. Кн. 2. Ловозерский район. СПб.: Ника, 2008. 144 с.
- Козлов Н. Е., Сорохтин Н. О. и др. Геология архея Балтийского щита. СПб.: Наука, 2006. 329 с.
- Козлов Н. Е., Сорохтин Н. О., Мартынов Е. В. Геодинамика и металлогеническая специализация раннего докембрия Кольского региона // Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН. 2019. № 16. С. 276–282. <https://doi.org/10.31241/FNS.2019.16.056>,
- Козлов Н. Е., Сорохтин Н. О., Мартынов Е. В., Марчук Т. С. Геодинамика и металлогения Кейвского домена (Балтийский щит) // Вестн. МГТУ. 2020. Т. 23, № 1. С. 38–45. DOI:10.21443/1560-9278-2020-23-1-38-45
- Козлов Н. Е., Сорохтин Н. О., Мудрук С. В. и др. Геология Кейв. Апатиты: Изд-во Кольского науч. центра РАН, 2026 [в печати].
- Кольский алмадин — отличный абразивный материал // Север промышленный. 2006. № 4. С. 276–282. <https://doi.org/10.31241/FNS.2019.16.056>
- Кривонос В. П., Панов Б. С., Полуновский Р. М., Чурочкин В. Н. Новая сырьевая база ставролита на Украине // Разведка и охрана недр. 1987. № 12. С. 28–32.
- Лебедев В. Н., Маслобоева С. М., Волошин А. В. и др. Разложение плумбомикролитового концентрата смесями фтороводородной кислоты с серной или хлороводородной кислотой // Химическая технология. 2006. № 11. С. 32–35.
- Лепезин Г. Г. Минералы группы силлиманита — перспективный вид сырья для импортозамещения в огнеупорной отрасли России // Новые огнеупоры. 2016. № 5. С. 6–13.
- Маслобоев В. А., Лебедев В. Н. Редкоземельное сырье Кольского полуострова и проблемы его комплексной переработки. Апатиты: КНЦ АН СССР, 1991. 153 с.
- Маслобоев В. А., Панасенко Е. Б., Склокина Н. Ф. Изучение термической устойчивости силикатов трехвалентного церия // Исслед. физ.-хим. свойств соедин. редких элементов. Л.: Наука, 1978. С. 5–7.
- Маслобоева С. М., Лебедев В. Н., Арутюнян Л. Г. Экстракционная переработка фторидно-сернокислых растворов разложения плумбомикролитового концентрата // Вестн. МГТУ. 2010. Т. 13, № 4/2. С. 902–906.
- Маслобоева С. М., Лебедев В. Н., Калинин В. Т. Способ переработки плумбомикролитового концентрата: пат. 2360985 РФ, МПК С22В 13/00, 34/24, 3/06. 2009. Бюл. № 19.
- Маслобоева С. М., Лебедев В. Н., Мельник Н. А. Изучение условий разложения плумбомикролитового концентрата смесью фтористоводородной и азотной кислот // Цветные металлы. 2007. № 8. С. 78–81.
- Маслобоева С. М., Лебедев В. Н. Фторидносернокислотная переработка плумбомикролитового концентрата // Цветная металлургия. 2007. № 6. С. 19–24.
- Мультимедийный справочник: база данных по минерально-сырьевым ресурсам и горнопромышленному комплексу Мурманской области: цифровой информационный ресурс: в 2 ч. / под ред. Ф. П. Митрофанова, А. В. Лебедева; отв. руководитель Д. В. Жиров; отв. исполн.: Калачев В. Ю., Климов С. А., Сорохтин Н. О.; соисполн.: Комитет природных ресурсов по Мурманской области, Жабин С. В., Бичук Н. И., Чапин В. А., Зайцев В. Г.; сост.: Б. В. Афанасьев, Б. В. Гавриленко, В. И. Пожиленко [и др.]. Апатиты: ГИ КНЦ РАН, 2001. Ч. 1: Геология и минерально-сырьевые ресурсы. 460 Мб. Ч. 2: Горнопромышленный комплекс. 680 Мб.

- Нифонтов Б. И., Бельков И. В., Турчанинов И. А. и др. Научно-технический доклад по промышленному освоению Кейвских ксианитовых месторождений восточной части Кольского полуострова / Отдел экономических исследований КФАН СССР. 1971ф. Инв. № 1/34/27. 129 с. (Фонды КНЦ РАН).
- Панасенко Е. Б., Бегунова Р. Г., Маслобоев В. А. и др. Твердые фазы, кристаллизующиеся в системе $\text{Na}_2\text{O}-\text{Nd}_2\text{O}_3-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ при 150 и 250 °C // Хим. и хим. технол. минер. сырья. Апатиты: КФАН СССР, 1977а. С. 69–78.
- Панасенко Е. Б., Маслобоев В. А., Бегунова Р. Г. и др. О взаимодействии редкоземельных элементов с окислами кремния и алюминия в гидротермальных условиях // Хим. и хим. технол. редких элементов. Апатиты: КФАН СССР, 1977б. С. 50–57.
- Панасенко Е. Б., Маслобоев В. А., Бегунова Р. Г. и др. Система $\text{K}_2\text{O}-\text{Nd}_2\text{O}_3-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ при 250 °C // Хим. и хим. технол. редких элементов. Апатиты: КФАН СССР, 1977в. С. 43–49.
- Позин М. Е. Технология минеральных солей. Ч. 2. Л.: Химия, 1974. 555 с.
- Потокин А. С., Степенищikov Д. Г., Усов А. Ф., Войтеховский Ю. Л. О возможности получения абразивного гранатового продукта из гранат-слюдяных сланцев методом электроимпульсной дезинтеграции // ФТПРПИ. 2017. № 3. С. 51–56.
- Радченко А. Т., Радченко М. К. Структурное районирование западной части Кейвской зоны // Геология и история формирования докембрийских структур Кольского полуострова. Апатиты: 1984, С. 15–20.
- Сорохтин Н. О., Козлов Н. Е., Глазнев В. Н., Кудряшов Н. М. Архей Балтийского щита Апатиты: Изд-во Кольского науч. центра РАН, 2024. 715 с. DOI:10.37614/978-5-91137-517-1
- Торопов И. А., Бондарь И. А., Лазарев А. Н., Смолин Ю. И. Силикаты редкоземельных элементов и их аналоги. Л.: Наука, 1971. 229 с.
- Шпаченко А. К., Войтеховский Ю. Л., Басалаев А. А., Савченко Е. Э. Минералогия золото-висмут-сурьмяной ассоциации кварцевой жилы р. Подманюк (Большие Кейвы, Кольский полуостров): первые данные // Труды Ферсмановской научной сессии. 2009. С. 157–161.
- Щипцов В. В., Бубнова Т. П., Скамницкая Л. С., Гаранжа А. В., Ручьев А. М. Гранатовые руды Карелии, Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2009. 208 с.
- Shraer S. D., Luchinin N. D., Trussov I. A., Aksyonov D. A., Morozov A. V., Ryazantsev S. V., Iarchuk A. R., Morozova P. A., Nikitina V. A., Stevenson K. J., Antipov E. V., Abakumov A. M., Fedotov S. S. Development of vanadium-based polyanion positive electrode active materials for high-voltage sodium-based batteries // Nature communications. 2022. Vol. 13, No. 1. P. 1–10. DOI:10.1038/s41467-022-31768-5

References

- Alekseev V. S. Obogashchenie ksanitovykh rud [Enrichment of kyanite ores]. *Osvoenie mineral'nykh bogatstv Kol'skogo poluostrova* [Development of mineral resources of the Kola Peninsula]. Murmansk, Murmanskoe knizhnoe izdatel'stvo, 1974, pp. 191–211.
- Alekseev V. S. Teoriya i praktika obogashcheniya ksanitovykh rud [Theory and practice of the kyanite ore enrichment]. Leningrad, Nauka, 1976, 199 p.
- Basalaev A. A., Kalinin A. A. Vol'framovoe orudnenie verkhnearkheiskikh suprakrustal'nykh kompleksov Keivskoy struktury (Kol'skiy poluostrov) [Tungsten mineralization in the Upper-Archean supracrustal complexes of the Keivy structure (Kola Peninsula)]. *Doklady AN SSSR* [Proceedings of the USSR Academy of Sciences], 1991, Vol. 321, No. 5, pp. 1058–1061. (In Russ.).
- Batieva I. D., Bel'kov I. V. Sakharjokskiy shchelochnoy massiv [Sakharjok alkaline massif]. *Izvestiya Karel'skogo i Kol'skogo filialov AN SSSR* [Proceedings of the Karelian and Kola branches of the USSR Academy of Sciences], 1958, No. 2, pp. 40–46. (In Russ.).
- Batieva I. D., Bel'kov I. V. Sakharjokskiy shchelochnoy massiv, slagayushchie ego porody i mineral [The Sakharjok alkaline massif: rocks and minerals]. Apatity, Kola branch of the USSR Academy of Sciences Publ., 1984, 135 p.
- Belogurova O. A., Grishin N. N. Karbidizirovannyye teploizolyatsionnyye materialy iz ksanitovoy rudy [Carbidized heat insulation materials from kyanite ore]. *Novyye ognepory* [New refractories], 2012, No. 1, pp. 31–36. (In Russ.).
- Belogurova O. A., Grishin N. N. Mullitokordieritovyye teploizolyatsionnyye materialy iz stavrolita [Mullite-cordierite heat-insulating materials made from staurolite]. *Novyye ognepory* [New refractories]. 2013, No. 2, pp. 45–49. (In Russ.).
- Belogurova O. A., Savarina M. A., Sharay T. V. Uglerodsoderzhashchie ognepory iz ksanitovoy rudy [Carbon-containing refractory materials from kyanite ore]. *Geoekologicheskiye problemy pererabotki prirodnogo i tekhnogennogo syr'ya: sbornik nauchnykh trudov* [Geoecological problems of processing natural and technogenic raw materials: collection of scientific papers]. Apatity, KSC RAS Publ., 2017, pp. 16–22. (In Russ.).
- Belolipetskiy A. P., Gaskel'berg V. G., Gaskel'berg L. A., Antonyuk E. S., Il'in Yu. I. *Geologiya i geokhimiya metamorficheskikh kompleksov rannego dokembriya Kol'skogo poluostrova* [Geology and geochemistry of the Early Precambrian metamorphic complexes of the Kola Peninsula]. Leningrad, Nauka, 1980, 240 p.

- Bel'kov I. V. *Kianitovye slantsy svity Keyv* [Kyanite schists of the Keivy Formation]. Leningrad, Moscow, AN USSR Publ., 1963, 321 p.
- Bel'kov I. V., Batiyeva I. D., Vinogradova G. V., Vinogradov A. N. *Mineralizatsiya i flyuidnyi rezhim kontaktnykh zon intruziy shchelochnykh granitov* [Mineralization and fluid regime in the contact zones of alkali granite intrusions]. Apatity, Kola branch of the USSR Academy of Sciences Publ., 1988, 110 p.
- Gavrilenko B. V., Basalaev A. A. Mineralogo-geokhimicheskaya zonal'nost' v metamorfizme nizhnikh urovney keyvskogo kompleksa [Mineralogical and geochemical zonation in metamorphic rocks of the lower levels of the Keivy complex]. *Rudogenez v metamorficheskikh kompleksakh dokembriya* [Ore genesis in Precambrian metamorphic complexes]. Apatity, KSC RAS Publ., 1991, pp. 96–105. (In Russ.).
- Gavrilenko B. V., Basalaev A. A., Predovskiy A. A., Belolipetskiy A. P., Bolotov V. I., Melezhik V. A., Fedotov Zh. A., Kozlov N. E. Fonovaya zolotonosnost' dokembriyskikh osadochnykh i vulkanicheskikh formatsiy Kol'skogo regiona [Background gold content of Precambrian sedimentary and volcanic formations of the Kola region]. *Geokhimiya* [Geochemistry], 1987, No. 10, pp. 1378–1385. (In Russ.).
- Kol'skiy al'mandin — otlichny'j abrazivny'j material [Kola almandine is an excellent abrasive material]. *Sever promy'shlennyy* [Industrial North], 2006, No. 4, pp. 276–282. <https://doi.org/10.31241/FNS.2019.16.056> (In Russ.).
- Kozlov N. E., Sorokhtin N. O., Glaznev V. N., et al. *Geologiya arkheya Baltiyskogo shchita* [Archean Geology of the Baltic Shield]. St. Petersburg, Nauka, 2006, 329 p.
- Kozlov N. E., Sorokhtin N. O., Martynov E. V. Geodinamika i metallogenicheskaya spetsializatsiya rannego dokembriya Kol'skogo regiona [Geodynamics and metallogenic specialization of the Early Precambrian of the Kola region]. *Trudy Fersmanovskoy nauchnoy sessii GI KNTs RAN* [Proceedings of the Fersman science session, Geological Institute of the Kola Science Centre of the RAS], 2019, Vol. 16, pp. 276–282. <https://doi.org/10.31241/FNS.2019.16.056> (In Russ.).
- Kozlov N. E., Sorokhtin N. O., Martynov E. V., Marchuk T. S. Geodinamika i metallogeniya Keyvskogo domena (Baltiyskiy shchit) [Geodynamics and metallogeny of the Keivy domain (Baltic Shield)]. *Vestnik MGTU* [Vestnik of MSTU], 2020, Vol. 23, No. 1, pp. 38–48. DOI:10.21443/1560-9278-2020-23-1-38-45 (In Russ.).
- Kozlov N. E., Sorokhtin N. O., Mudruk S. V., et al. *Geologiya Keyv* [Geology of the Keivy domain]. Apatity, Federal Research Centre, KSC RAS Publ., 2026. (in print).
- Krivoson V. P., Panov B. S., Polunovskiy R. M., Churochkin V. N. Novaya syr'evaya baza stavrolita na Ukraine [New raw material base of staurolite in Ukraine]. *Razvedka i okhrana neдр* [Prospect and protection of mineral resources], 1987, No. 12, pp. 28–32. (In Russ.).
- Lebedev V. N., Masloboeva S. M., Voloshin A. V., et al. Razlozhenie plyumbomikrolitovogo kontsentrata smes'yu fluorovodorodnoy kisloty s sernoy ili khlorovodorodnoy kislotoy [Decomposition of plumbomicrolite concentrate with mixtures of hydrofluoric acid with sulfuric or hydrochloric acid]. *Khimicheskaya tekhnologiya* [Chemical Engineering], 2006, No. 11, pp. 32–35. (In Russ.).
- Lepezin G. G. Mineraly gruppy sillimaita - perspektivnyi vid syr'ya dlya importozameshcheniya v ognepornoy otrasli Rossii [Sillimaite mineral family is the promising import-substitution raw material for the Russian refractory industry]. *Novye ognepory* [New refractories], 2016, No. 5, pp. 6–13. (In Russ.).
- Masloboev V. A., Lebedev V. N. *Redkozemel'noe syr'e Kol'skogo poluostrova i problemy ego kompleksnoy pererabotki* [Rare earth raw materials of the Kola Peninsula and problems of its complex processing]. Apatity, KSC USSR, 1991, 153 p.
- Masloboev V. A., Panasenko E. B., Sklokina N. F. Izuchenie termicheskoy ustoychivosti silikatov trekhvalentnogo tseriya [Study of thermal stability of trivalent cerium silicates]. *Issledovanie fiziko-khimicheskikh svoystv soedineniy redkikh elementov* [Research of physico-chemical properties of rare element compounds]. Leningrad, Nauka, 1978, pp. 5–7.
- Masloboeva S. M., Lebedev V. N., Arutyunyan L. G. Ekstraktsionnaya pererabotka ftoridno-sernokislykh rastvorov razlozheniya plyumbomikrolitovogo kontsentrata [Extractive processing of fluoride-sulfuric acid solutions from the plumbomicrolite concentrate decomposition]. *Vestnik MGTU* [Proceedings of the Murmansk State Technical University], 2010, Vol. 13, No. 4/2, pp. 902–906. (In Russ.).
- Masloboeva S. M., Lebedev V. N. Ftoridnosernokislottaya pererabotka plyumbomikrolitovogo kontsentrata [Fluoride-sulfuric acid processing of plumbomicrolite concentrate]. *Tsvetnaya metallurgiya* [Izvestiya. Non-Ferrous Metallurgy], 2007, No. 6, pp. 19–24. (In Russ.).
- Masloboeva S. M., Lebedev V. N., Kalinnikov V. T. Sposob pererabotki plyumbomikrolitovogo kontsentrata. *Patent 2360985 RF, International Patent Classification C22B 13/00, 34/24, 3/06. Byulleten' «Izobreteniya»* [Method for processing plumbomicrolite concentrate. Bulletin «Inventions»], 2009, No. 19.
- Masloboeva S. M., Lebedev V. N., Mel'nik N. A. Izuchenie usloviy razlozheniya plyumbomikrolitovogo kontsentrata smes'yu ftoristovodorodnoy i azotnoy kislot [Study of conditions of decomposition of plumbomicrolite concentrate with a mixture of hydrofluoric and nitric acids]. *Tsvetnye metally* [Non-Ferrous Metals], 2007, No. 8, pp. 78–81. (In Russ.).

- Multimedia reference book: a database on mineral resources and the mining industry of the Murmansk region: Digital information resource. Apatity. Geological institute of the Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences. 2001. Part 1: Geology and mineral resources, 460 Mb. Part 2: Mining and industrial complex. 680 Mb. (In Russ.).
- Nifontov B. I., Bel'kov I. V., Turchaninov I. A. et al. *Nauchno-tehnicheskiiy doklad po promyshlennomu osvoeniyu Keyvskikh kyanitovykh mestorozhdeniy vostochnoy chasti Kol'skogo poluostrova* [Scientific and technical report on the industrial development of the Keivy kyanite deposits in the eastern part of the Kola Peninsula]. Apatity, Kola branch of the USSR Academy of Sciences, Inventory No. 1/34/27, 1971f, 129 p. (Archive of KSC RAS).
- Panasenko Ye. B., Begunova R. G., Masloboyev V. A. et al. Tverdyye fazy, kristallizuyushchiesya v sisteme $\text{Na}_2\text{O}-\text{Nd}_2\text{O}_3-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ pri 150 и 250 °C [Solid phases crystallizing in the $\text{Na}_2\text{O}-\text{Nd}_2\text{O}_3-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ system at 150 and 250 °C]. *Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya mineral'nogo syr'ya* [Chemistry and chemical technology of mineral raw materials]. Apatity, Kola branch of the USSR Academy of Sciences, 1977, pp. 69–78.
- Panasenko Ye. B., Masloboyev V. A., Begunova R. G., et al. O vzaimodeystvii redkozemel'nykh elementov s okislami kremniya i alyuminiya v gidrotermal'nykh usloviyakh [On the interaction of rare earth elements with silicon and aluminum oxides under hydrothermal conditions]. *Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya redkikh elementov* [Chemistry and chemical technology of rare elements]. Apatity, Kola branch of the USSR Academy of Sciences, 1977, pp. 50–57. (In Russ.).
- Panasenko Ye. B., Masloboyev V. A., Begunova R. G. et al. Sistema $\text{K}_2\text{O}-\text{Nd}_2\text{O}_3-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ pri 250 °C [System $\text{K}_2\text{O}-\text{Nd}_2\text{O}_3-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ at 250 °C]. *Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya redkikh elementov* [Chemistry and chemical technology of rare elements]. Apatity, Kola branch of the USSR Academy of Sciences, 1977, pp. 43–49. (In Russ.).
- Potokin A. S., Stepenshchikov D. G., Usov A. F., Voytekhovskiy Yu. L. O vozmozhnosti polucheniya abrazivnogo granatovogo produkta iz granat-slyudyanykh slantsev metodom elektroimpul'snoy dezintegratsii [On the possibility of obtaining an abrasive garnet product from garnet-mica schists by the method of electric pulse disintegration]. *Fiziko-tehnicheskkiye problemy razrabotki poleznykh iskopayemykh (FTPRPI)* [Physical and technical problems of mineral development], 2017, No. 3, pp. 51–56. (In Russ.).
- Pozin M. E. *Tekhnologiya mineral'nykh soley. Chast' 2* [Technology of mineral salts. Part 2]. Leningrad, Khimiya Publ., 1974, 555 p.
- Radchenko A. T., Radchenko M. K. Strukturnoye rayonirovaniye zapadnoy chasti Keyvskoy zony [Structural zoning of the western part of the Keivy zone]. *Geologiya i istoriya formirovaniya dokembriyskikh struktur Kol'skogo poluostrova* [Geology and history of the formation of Precambrian structures of the Kola Peninsula]. Apatity, Kola branch of the USSR, 1984, pp. 15–20. (In Russ.).
- Shchiptsov V. V., Bubnova T. P., Skamnitskaya L. S., Garanzha A. V., Ruch'yov A. M. *Granatovyie rudy Karelii* [Garnet Ores of Karelia]. Petrozavodsk, KarRC RAS, 2009, 208 p.
- Shpachenko A. K., Voytekhovskiy Yu. L., Basalayev A. A., Savchenko E. E. Mineralogiya zoloto-vismut-sur'myanoy assotsiatsii kvartsevoy zhily r. Podmanyuk (Bol'shie Keivy, Kol'skiy poluostrov): pervyye dannyye [Mineralogy of the gold-bismuth-antimony association of the quartz vein of the Podmanyuk River (Bolshie Keivy, Kola Peninsula): first data]. *Trudy Fersmanovskoy nauchnoy sessii GI KNTs RAN* [Proceedings of the Fersman science session, Geological Institute of the Kola Science Centre of the RAS], 2009, No. 6, pp. 157–161. (In Russ.).
- Shraer S. D., Luchinin N. D., Trussov I. A., Aksyonov D. A., Morozov A. V., Ryazantsev S. V., Iarchuk A. R., Morozova P. A., Nikitina V. A., Stevenson K. J., Antipov E. V., Abakumov A. M., Fedotov S. S. Development of vanadium-based polyanion positive electrode active materials for high-voltage sodium-based batteries. *Nature communications*, 2022, Vol. 13, No. 1, pp. 1–10. DOI:10.1038/s41467-022-31768-5
- Sorokhtin N. O., Kozlov N. Ye., Glaznev V. N., Kudryashov N. M. *Arkhey Baltiyskogo shchita* [The Archean of the Baltic Shield]. Apatity, KSC RAS Publ., 2024, 715 p.
- Toropov I. A., Bondar' I. A., Lazarev A. N., Smolin Yu. I. *Silikaty redkozemel'nykh elementov i ikh analogi* [Silicates of rare earth elements and their analogues]. Leningrad, Nauka, 1971, 229 p.
- Vinogradov A. N., Batieva I. D., Zozulya D. R., Kalinnikov V. T., Lebedev V. N., Masloboev V. A., Rakaev A. I., Gritsay Z. D. Kompleksnoe redkozemel'no-tsirkonievye orudnenie Sakharyokskogo shchelochnogo massiva [Complex rare earth-zirconium mineralization of the Sakharjok alkaline massif]. *Mineral'noe syr'e* [Mineral raw materials], 2000, Iss. 7, pp. 25–34. (In Russ.).
- Voytekhovskiy Yu. L. Mestorozhdeniya al'mandina Zapadnykh Keyv [Almandine deposits in West Keivy]. *XI S'ezd Rossiyskogo mineralogicheskogo obshchestva: "Sovremennaya mineralogiya: ot teorii k praktike" i Fedorovskaya sessiya* [XI Congress of the Russian Mineralogical Society: "Modern Mineralogy from Theory to Practice" and the Fedorov Session], 2010. (In Russ.). Available at: <http://www.minsoc.ru/2010-1-116-0> (accessed 15.04.2026).

- Voitekhovskiy Yu. L. Granaty Zapadnykh Keiv kak potentsial'noe syr'e dlya abrazivnykh materialov [West Keivy's garnets as a promising source of abrasive materials]. Problemy ratsional'nogo ispol'zovaniya prirodnogo i tekhnogennogo syr'ya Barents-regiona v tekhnologii stroitel'nykh i tekhnicheskikh materialov: Materialy V Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem [Efficient use of natural and man-made resources in the Barents Region: Proc. V Russian Conference with International Participation]. Apatity, KSC RAS Publ., 2013, pp. 41–43. (In Russ.).*
- Voloshin A. V., Pakhomovskiy Ya. M. Mineraly i evolyutsiya mineraloobrazovaniya v amazonitovykh pegmatitakh Kol'skogo poluostrova [Minerals and evolution of mineral formation in amazonite pegmatites of the Kola Peninsula]. Leningrad, Nauka, 1986, 168 p.*
- Zhirov D. V., Pozhilenko V. I., Kostina V. A., Koroleva N. E., Vdovin I. V., Belkina O. A., Konstantinova N. A., Petrov V. N., Davydov D. A., Melekhin A. V. Pamyatniki prirody i dostoprimechatel'nosti Murmanskoy oblasti. Lovozerskiy rayon [Natural monuments and sights of the Murmansk region. Lovozero District]. St. Petersburg, Nika, 2008, Kn. 2, 144 p.*

Информация об авторах

В. А. Маслобоев — доктор технических наук, советник генерального директора, главный научный сотрудник;
Д. В. Жиров — научный сотрудник, начальник отдела инноваций;
Н. Е. Козлов — доктор геолого-минералогических наук, профессор, директор;
Н. О. Сорохтин — доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник.

Information about the author

V. A. Masloboev — DSc (Engineering), Advisor to the General Director, Chief Researcher;
D. V. Zhirov — Researcher, Head of the Innovation Department;
N. E. Kozlov — DSc (Geology and Mineralogy), Professor, Director;
N. O. Sorokhtin — DSc (Geology and Mineralogy), Major Research Fellow.

Статья поступила в редакцию 08.05.2026; одобрена после рецензирования 27.05.2026; принята к публикации 30.05.2026.
The article was submitted 05.02.2026; approved after reviewing 27.05.2026; accepted for publication 30.05.2026.

Научная статья
УДК 550.372
doi:10.37614/2949-1185.2026.5.3.002

ИЗУЧЕНИЕ АНОМАЛИИ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ПРОФИЛЯ SVEKA МЕТОДАМИ ЧЗ И МТЗ (ЭКСПЕРИМЕНТ «КАРЕЛИЯ-2023»)

**Алексей Андреевич Скороходов¹, Андрей Евгеньевич Ганнибал²,
Тамара Геннадьевна Короткова³, Виталий Валентинович Колобов⁴,
Виктор Владимирович Ивонин⁵**

^{1,3}Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты, Россия

^{2,4,5}Центр энергетики Севера КНЦ РАН, Апатиты, Россия

¹a.skorokhodov@ksc.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3379-8728>

²a.gannibal@ksc.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8921-8481>

³t.korotrova@ksc.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3258-8844>

⁴v.kolobov@ksc.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7541-3219>

⁵v.ivonin@ksc.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9154-5519>

Аннотация

Представлены результаты эксперимента «Карелия-2023» по частотному электромагнитному зондированию земной коры с применением естественного источника и контролируемого источника. Целью эксперимента было исследование строения литосферы Карельского региона вдоль северо-восточной части профиля SVEKA. В ходе предыдущих исследований в рамках экспериментов FENICS и BEAR на данной территории устанавливалась зона понижения поперечного сопротивления. Для более детального исследования в рамках нашего эксперимента были проведены электромагнитные зондирования по более густой сети наблюдений с шагом от 5 до 25 км и с применением новой генераторной установки. Выполнена синхронная обработка сигнала источника и компонент электромагнитного поля в каждой точке наблюдений. Построен геоэлектрический разрез по данным МТЗ и ЧЗ с применением программы MARE2DEM. Наличие региональной аномалии пониженного сопротивления не подтверждается. Проведенные исследования показали, что на территории Центральной Карелии присутствует серия неоднородностей проводимости, которые, вероятно, связаны с приповерхностными геологическими объектами небольшой вертикальной мощности.

Ключевые слова:

электропроводность, магнитотеллурические зондирования, частотные зондирования, искусственный источник, профиль SVEKA

Благодарности

Коллектив авторов выражает благодарность сотрудникам ЦЭС КНЦ РАН, принимавшим участие в создании генераторной установки и развертывании питающих линий источника, а также водителям транспортного управления КНЦ Стафоркину А. А. и Маурчеву П. А. за доставку генератора и транспорта к месту проведения работ и обратно. Работа поддержана грантом РФФИ № 22-17-00208.

Для цитирования:

Изучение аномалии электропроводности в северо-восточной части профиля SVEKA методами ЧЗ и МТЗ (эксперимент «Карелия-2023») / А. А. Скороходов [и др.] // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Естественные и гуманитарные науки. 2026. Т. 5, № 3. С. 28–39. doi:10.37614/2949-1185.2026.5.3.002

Original article

THE “KARELIA-2023” EXPERIMENT OF DEEP ELECTROMAGNETIC SOUNDING OF THE CENTRAL PART OF THE KARELIAN REGION OF THE FENNOSCANDIAN SHIELD

**Alexey A. Skorokhodov¹, Andrey E. Hannibal², Tamara G. Korotkova³,
Vitaly V. Kolobov⁴, Victor V. Ivonin⁵**

^{1,3}Geological Institute of Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences, Apatity, Russia

^{2,4,5}North Energy Problem Center of Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences, Apatity, Russia

¹a.skorokhodov@ksc.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3379-8728>

²a.gannibal@ksc.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8921-8481>

³t.korotrova@ksc.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3258-8844>

⁴v.kolobov@ksc.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7541-3219>

⁵v.ivonin@ksc.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9154-5519>

Abstract

The paper presents results of the Karelia-2023 experiment on frequency electromagnetic sounding of the Earth's crust using natural and controlled sources. The purpose of the experiment was to study the structure of the lithosphere in the Karelian region along the continuation of the SVEKA profile. Previous studies provided as part of the FENICS experiments revealed a zone of reduced lateral resistance in this area. To conduct a more detailed study, this experiment involved electromagnetic sounding using a denser network of observations with a spacing of 5 to 25 km and with the use of new controlled source generator group. The source signal and electromagnetic field components at the observation point were processed synchronously. A geoelectric section was constructed using MTS and CSAMT data with the use of the MARE2DEM program. The presence of a regional low-resistivity anomaly is not confirmed. The studies have shown that a series of electric conductivity discontinuities exist in Central Karelia, likely associated with near-surface geological features of low vertical thickness.

Keywords:

electrical conductivity, magnetotelluric sounding, frequency sounding, control source, SVEKA profile

Acknowledgements

The team of authors expresses gratitude to the staff of the North Energy Problem Center KSC RAS who took part in the creation of the generator and the deployment of the transmitter's power lines, as well as to the drivers of the Kola Science Center's motor depot, A. A. Staforkin and P. A. Mauricev, for delivering the generator and transports to and from the site of the work. The work was supported by grant of the Russian Science Foundation No. 22-17-00208.

For citation:

The "Karelia-2023" experiment of deep electromagnetic sounding of the Central part of the Karelian Region of the Fennoscandian Shield / A. A. Skorokhodov [et al.] // Transactions of the Kola Science Centre of RAS. Series: Natural Sciences and Humanities. 2026. Vol. 5, No. 3. P. 28–39. doi:10.37614/2949-1185.2026.5.3.002

Введение

Характеристика проведенных ранее исследований. На территории Фенноскандинавского щита было выполнено большое количество глубинных электромагнитных исследований [Ковтун и др., 2005; Hjelt et al., 2006]. Благоприятным условием для этих исследований является наличие «окон электромагнитной прозрачности» с высоким удельным сопротивлением пород кристаллического фундамента [Жамалетдинов и др., 2004; Клабуков, 2006]. По охвату исследуемой территории самыми масштабными были эксперименты BEAR (Baltic Electromagnetic Array Research) и FENICS (Fennoscandian Electrical Conductivity with Natural and Control Sources). Первый эксперимент заключался в синхронном магнитотеллурическом зондировании (МТЗ) по массиву точек, расположенных на равномерной сети 150×150 км [Hjelt et al., 2006; Петрищев, 2020]. Эксперимент FENICS представлял собой серию электромагнитных зондирований по нескольким профилям с применением линий электропередач в качестве мощного контролируемого источника [Жамалетдинов и др., 2015; Шевцов и др., 2022]. Этот метод частотного зондирования принято называть Control Source Audio-Magnetotellurics (CSAMT). Оба метода имеют преимущества и недостатки: МТЗ не требует использования дорогого и сложного источника, но хуже работает при наличии помех; CSAMT позволяет получать устойчивый сигнал в условиях достаточно высоких шумов, но подвержен влиянию дополнительных искажений, связанных с ионосферой и токами смещения [Жамалетдинов и др., 2015], и имеет ограничения из-за мощности источника.

Постановка цели и задач эксперимента. По данным этих экспериментов различными группами были получены разные модели распределения электропроводности в литосфере Фенноскандинавского щита. Для территории российской Карелии в рамках экспериментов BEAR и FENICS получены результаты электромагнитных зондирований вдоль профиля SVEKA (рис. 1). По результатам этих работ в северо-восточной части профиля установлена зона аномального поперечного сопротивления величиной менее 10^9 Ом·м² [Kotja et al., 2006; Жамалетдинов, Петрищев, 2015]. Целью эксперимента «Карелия-2023» являлось определение более точных и детальных характеристик этой аномалии.

Для достижения этой цели была поставлена задача проведения зондирований частотными методами CSAMT и МТЗ по профилю длиной 200 км с шагом от 5 до 25 км. Предполагалось также применение более эффективных методов измерения и обработки данных для повышения информативности исследований верхней части разреза. Для обеспечения этого условия планировалось использовать новые генераторную и измерительную системы.

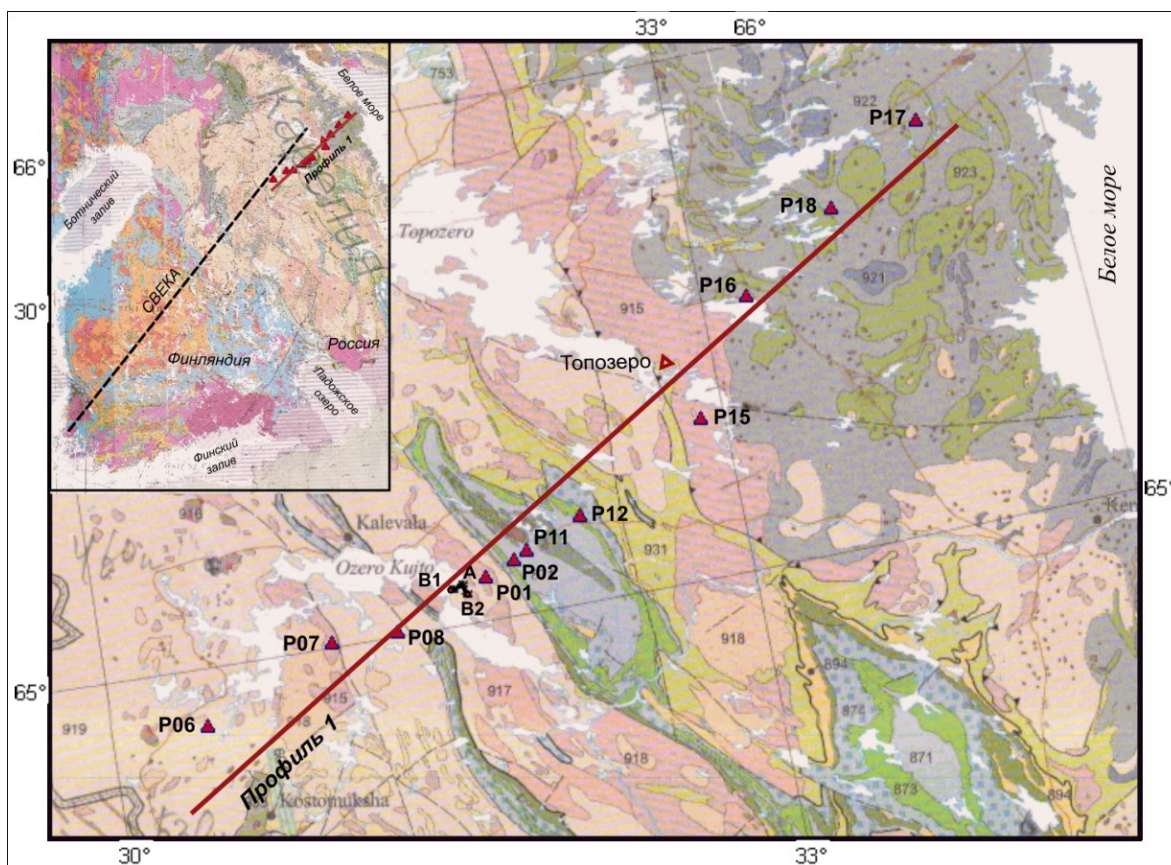


Рис. 1. Схема расположения питающих линий и точек наблюдения эксперимента «Карелия-2023» на фрагменте карты геологического строения Фенноскандинавского щита (Internet archive. URL: <https://web.archive.org/web/20150614093313/http://kaiva.fi/wp-content/uploads/2014/12/Fennoskandia.jpg>): треугольники — пункты наблюдений в эксперименте «Карелия-2023», черные линии — питающие линии, красной линией указан профиль Карелия-2023

Fig. 1. Scheme of position of the transmitter lines and observation points of the Karelia-2023 experiment on a fragment of the map of the geological structure of the Fennoscandian Shield (Internet archive. URL: <https://web.archive.org/web/20150614093313/http://kaiva.fi/wp-content/uploads/2014/12/Fennoskandia.jpg>): triangles represent the observation points in the Karelia-2023 experiment, black lines represent the transmitter lines, and the red line represents the Karelia-2023 profile

Методика проведения эксперимента

Генерирующая установка (источник) — это система, состоящая из источника питания, генератора сигналов и излучающей установки.

Источником сигнала частотного зондирования являлся генератор «Энергия-5», представляющий собой глубокую модификацию генератора «Энергия-4» [Kolobov et al., 2018], применявшегося в серии экспериментов FENICS. Частотный диапазон генерируемого сигнала в рамках эксперимента составил от 0,384 до 3832 Гц. Для геоэлектрических характеристик восточной части Фенноскандинавского щита это позволяет исследовать литосферу на глубинах от 0,5 до 50 км.

Генератор «Энергия-5» смонтирован в кунге автомобиля КамАЗ-43101, питается от дизель-генераторной установки АЗИМУТ ЭД 100-Т400-1РКМ11 (выходное напряжение — 380 В, мощность — до 100 кВт).

В качестве излучающей установки использовались две взаимно-ортогональные заземленные линии. В таком типе источника существует прямой и обратный ток. Прямой ток течет по линии от заземлителя до заземлителя, обратный — в подстилающих породах, в противоположном

направлении, так образуется закольцованная в вертикальной плоскости система движущихся зарядов, то есть горизонтальный магнитный диполь. Район работ сложен архейскими и протерозойскими породами с высоким удельным сопротивлением [Гришин, 1990]. Эти условия благоприятны для обеспечения глубокого протекания обратного тока, что увеличивает магнитный момент источника.

Для определения окончательного местоположения источника проводились рекогносцировочные работы в нескольких заранее намеченных точках расположения питающих линий. Были проведены МТЗ и измерения сопротивления грунта. В итоге была выбрана точка в районе перешейка оз. Куйто (см. рис. 1), которая характеризуется высокоомным квазиодномерным геоэлектрическим разрезом.

Ориентация питающих линий источника выбрана с учетом азимута профиля исследования: линия А-В1 длиной 2 км ориентирована вдоль профиля, линия А-В2 длиной 1,5 км ориентирована вкрест профиля (рис. 2).

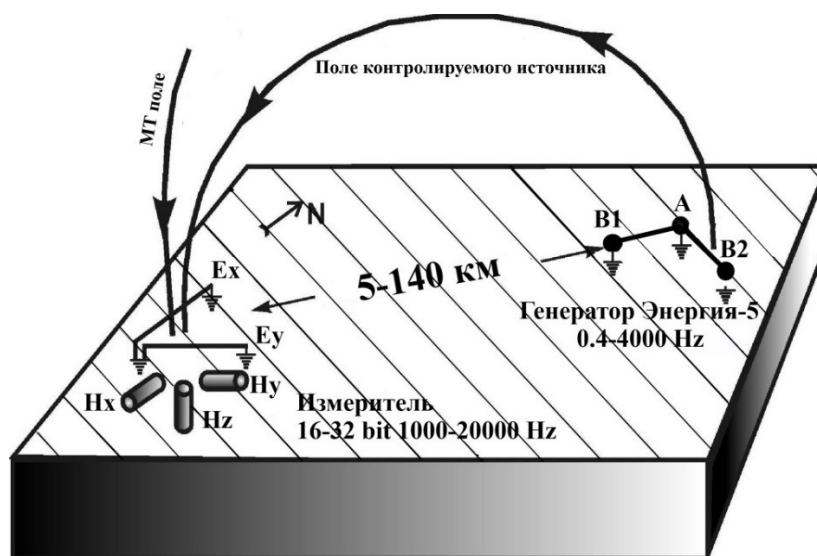


Рис. 2 Принципиальная схема измерений в эксперименте «Карелия-2023»

Fig. 2. Schematic diagram of measurements in the Karelia-2023 experiment

Аппаратура для измерений. Измерения выполнены с применением широкополосной магнитотеллурической станции VMTU-10. В районе местоположения источника магнитотеллурическое поле измерялось с помощью станции КВВН-7 [Колобов и др., 2011], которая разработана совместно с сотрудниками ЦЭС КНЦ РАН и ПГИ КНЦ РАН.

Станция VMTU-10 имеет внутренний логгер, работающий в 5-канальном режиме с частотой оцифровки до 1000 Гц и с использованием 32 разрядов при записи. Она также имеет возможность подключения внешнего логгера. В эксперименте «Карелия-2023» таким логгером послужил аналого-цифровой преобразователь (АЦП) QMBox, с помощью которого станция записывала сигнал на частоте 20 кГц при 16 разрядах записей. Оба логгера синхронизировались с помощью сигнала GPS. На станции КВВН-7 и генераторе «Энергия-5» также были применены АЦП QMBox, работавшие в том же режиме. Таким образом, диапазон исследуемых частот достиг 10 кГц, а синхронность данных — 0,00001 с.

Все измерения вариаций компонент горизонтального электрического (E_x , E_y) и полного магнитного поля (H_x , H_y , H_z) проводились в режиме МТЗ (см. рис. 2). Электрическое поле фиксировалось с помощью взаимно-ортогональных заземленных линий MN длиной 50–400 м (ориентированных вдоль и вкрест магнитного меридиана). Магнитное поле измерялось с помощью индукционных датчиков IMS 007, разработанных Восточно-европейской геофизической ассоциацией [Поляков и др., 2016].

Сеанс записи на каждой точке длился 4 ч. Первые 2 ч записывалось поле контролируемого источника — сначала от диполя АВ1, потом от диполя АВ2. Запись проводилась по всему диапазону частот сигналов генератора (0,382–3832 Гц). После этого еще 2 ч осуществлялась запись только

естественного (магнитотеллурического) поля. Все 4 ч запись велась сразу на оба логгера параллельно от одного и того же комплекта магнитных датчиков и заземленных приемных линий.

Для обработки МТЗ использовались данные внешнего и внутреннего логгеров: внешний позволял получать информацию в высокочастотной области (300–10000 Гц), внутренний служил для повышения информативности в условиях помех. При обработке CSAMT использовались записи только внешнего логгера.

Обработка данных эксперимента

Обработка данных частотных зондирований (CSAMT) состояла из трех этапов: первый — выделение сигнала по данным приемной станции, второй — оценка качества выделенного сигнала, третий — расчет кажущегося удельного сопротивления (КУЭС).

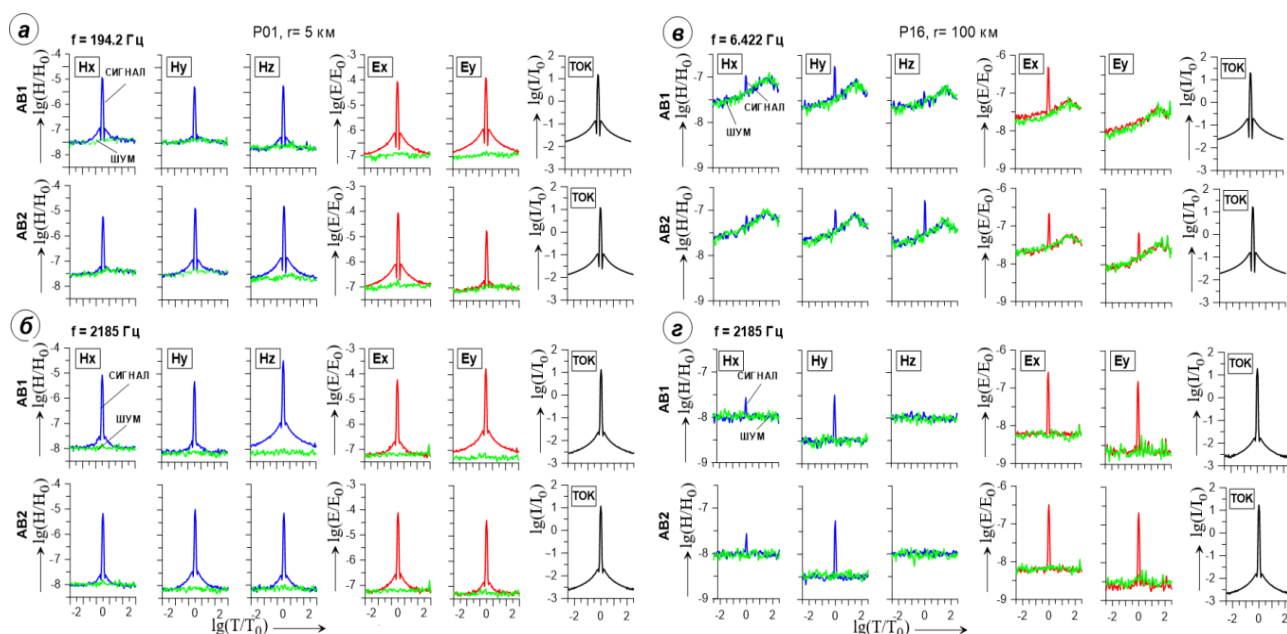


Рис. 3. Пример определения сигнала частотного зондирования CSAMT от питающих линий AB1 и AB2 (H_0 , E_0 , I_0 , T_0 — единичные значения соответствующих физических величин): *a* — на удалении 5 км от источника на частоте 194,422 Гц; *б* — на удалении 5 км от источника (на частоте 2185 Гц); *в* — на удалении 100 км от источника (на частоте 6,422 Гц); *г* — на удалении 100 км от источника (на частоте 2185 Гц).

На графиках различными цветами показаны: синий — амплитуды сигнала магнитных компонент, красный — амплитуды сигнала электрических компонент, зеленый — уровень шума для каждой компоненты, черный — амплитуда тока источника

Fig. 3. An example of determining the CSAMT frequency sounding signal from the transmitter lines AB1 and AB2 (H_0 , E_0 , I_0 , T_0 are single values of the corresponding physical quantities): *a* — at a distance of 5 km from the source at a frequency of 194.422 Hz; *б* — at a distance of 5 km from the source (at a frequency of 2185 Hz); *в* — at a distance of 100 km from the source (at a frequency of 6.422 Hz); *г* — at a distance of 100 km from the source (at a frequency of 2185 Hz).

The graphs show: in blue, the signal amplitudes of the magnetic components; in red, the signal amplitudes of the electrical components; in green, the noise level for each component; and in black, the source current amplitude

Процедура выделения сигнала осуществлялась с помощью фильтрации, алгоритм которой изложен в работах [Ганнибал, 2020; Шевцов и др., 2022]. Качество выделенного сигнала определялось на основе оценки соотношения сигнал-шум; если это соотношение было меньше 2, такие данные исключались из дальнейшего анализа. На рис. 3 показан уровень сигналов, зарегистрированных на двух точках: самой ближней от источника точке P01 (расстояние до источника 5 км) (рис. 3*a, б*) и на дальней точке P16 (расстояние до источника 100 км) (рис. 3*в, г*). В точке P01 во всем диапазоне

частот по всем компонентам поля сигнал превышает шум в 300–1000 раз. По мере удаления от источника, в точке Р16, сигнал проявляется слабее на фоне помех.

Далее по отобранным частотам в каждой точке рассчитывается КУЭС по компонентам электрического и магнитного полей [Шевцов и др., 2022].

Формулы КУЭС для компонент электрического поля $\rho(E_x)$, $\rho(E_y)$:

$$\rho(E_x) = K_x^E \frac{E_x}{IL}, \quad \rho(E_y) = K_y^E \frac{E_y}{IL}, \quad (1)$$

где K_x^E , K_y^E — геометрические коэффициенты для компонент E_x и E_y соответственно, в свою очередь, определяются следующим образом:

$$K_x^E = \frac{2\pi r^3}{3\cos^2\theta - 2}, \quad K_y^E = \frac{2\pi r^3}{3\cos\theta \sin\theta}, \quad (2)$$

Формулы КУЭС для компонент магнитного поля $\rho(H_x)$, $\rho(H_y)$:

$$\rho(H_x) = 2\pi f\mu_0 \left(K_x^H \frac{H_x}{IL} \right)^2, \quad \rho(H_y) = 2\pi f\mu_0 \left(K_y^H \frac{H_y}{IL} \right)^2, \quad (3)$$

где K_x^H , K_y^H — геометрические коэффициенты для компонент H_x и H_y соответственно, определяются по формулам:

$$K_x^H = \left(\frac{2\pi r^3}{3\cos\theta \sin\theta} \right)^2, \quad K_y^H = \left(\frac{2\pi r^3}{3\cos^2\theta - 2} \right)^2. \quad (4)$$

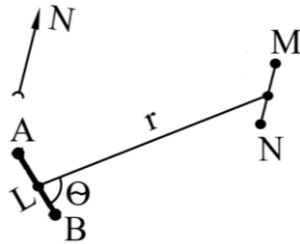


Рис. 4. Геометрическая схема положения источника и приемника, ориентированного по магнитному меридиану

Fig. 4. Geometric diagram of the position of the source and receiver, oriented along the magnetic meridian

В формулах (1–4): I — амплитуда тока; L — длина питающего диполя; r — расстояние между источником и приемником; θ — угол между осью источника и направлением r ; f — частота сигнала; μ_0 — магнитная проницаемость вакуума (рис. 4).

Расчет КУЭС по компонентам тензора импеданса производится по формулам:

$$\rho(Z_{xy}) = \frac{|Z_{xy}|^2}{2\pi f\mu_0}, \quad \rho(Z_{yx}) = \frac{|Z_{yx}|^2}{2\pi f\mu_0}, \quad (5)$$

$$\text{где } Z_{xy} = \frac{E_x}{H_y}, \quad Z_{yx} = \frac{E_y}{H_x}.$$

Результаты расчетов КУЭС в зависимости от периода сигнала в виде кривых в билогарифмическом масштабе представлены на рис. 5. Наиболее характерной особенностью этих кривых является расхождение КУЭС по разным компонентам поля в низкочастотной области, что обусловлено величиной произведения kr :

$$kr = 2\pi r/\lambda, \quad (6)$$

где k — волновое число в квазистационарном приближении; λ — длина волны; r — расстояние между источником и приемником.

В ближней (стационарной) зоне ($kr \ll 1$) кривая КУЭС, рассчитанная для магнитного поля по формуле (3), сохраняет информацию о глубинном распределении электропроводности с увеличением периода. Кривая КУЭС, рассчитанная по электрическому полю (1), становится независимой от периода и определяется только геометрией системы источник-приемник.

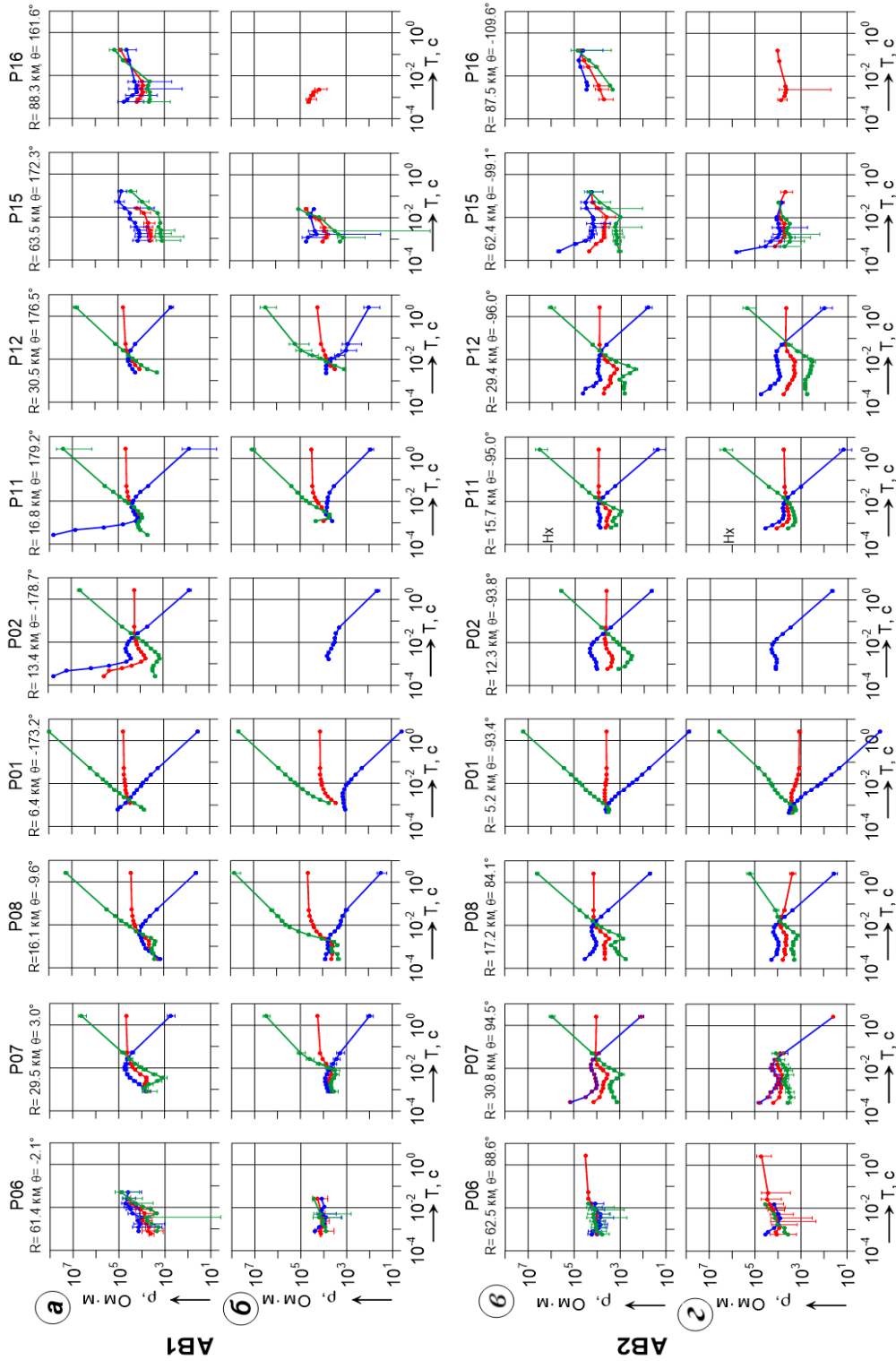


Рис. 5. Кривые КУЭС CSAMT, полученные по профилю «Карелия-2023» (синие — $\rho(H)$, красные — $\rho(E)$, зеленые — $\rho(Z)$):
 a — для компонента E_x , H_y от источника AB1, b — для компонента E_x , H_y от источника AB2, c — для компонента E_z ,
 H_x от источника AB2, d — для компонента E_z , H_x от источника AB2
Fig. 5. CSAMT apparent resistivity curves obtained from the Karelia-2023 profile (blue — $\rho(H)$, green — $\rho(E)$, red — $\rho(Z)$): a — for components E_x , H_y from source AB1, b — for components E_x , H_y from source AB2, c — for components E_z , H_x from source AB2,
 d — for components E_z , H_x from source AB2

Кривая удельного сопротивления, рассчитанная по импедансу (5), растет с увеличением периода. Чем ближе точка наблюдений к источнику, тем меньшему периоду соответствует ближняя зона, при этом часть данных перестает быть информативной.

На более высоких частотах ($kr \gg 1$) кривые КУЭС, рассчитанные по электрическому и магнитному полю искажаются вследствие влияния токов смещения, а импедансные кривые $\rho(Z)$ не подвержены этому влиянию [Жамалетдинов и др., 2015].

Обработка данных в режиме МТЗ была выполнена по стандартной процедуре обработки магнитотеллурических данных [Семенов, 1985]. Для каждой измеренной компоненты поля рассчитываются усредненные спектры и корреляционные соотношения между сопряженными и антисопряженными компонентами электромагнитного поля. Далее по частотам, удовлетворяющим критериям отбора [Бердичевский, Дмитриев, 2009], определяется отклик среды Z_{xx} , Z_{xy} , Z_{yx} , Z_{yy} (компоненты тензора импеданса) из соотношений

$$E_x = Z_{xx}H_x + Z_{xy}H_y, E_y = Z_{yx}H_x + Z_{yy}H_y. \quad (7)$$

С помощью вращения матрицы тензора импеданса по формуле

$$Z'(\alpha) = \begin{pmatrix} Z'_{xx}(\alpha) & Z'_{xy}(\alpha) \\ Z'_{yx}(\alpha) & Z'_{yy}(\alpha) \end{pmatrix} = R(\alpha) \cdot \begin{pmatrix} Z_{xx} & Z_{xy} \\ Z_{yx} & Z_{yy} \end{pmatrix} \cdot R(\alpha)^{-1}, R(\alpha) = \begin{pmatrix} \cos(\alpha) & \sin(\alpha) \\ -\sin(\alpha) & \cos(\alpha) \end{pmatrix} \quad (8)$$

определяются направления главных компонент поля относительно магнитного меридиана (подбираются такие значения α , при которых Z'_{xy} (Z'_{yx}) принимают максимальное значение на большинстве частот). По этим направлениям рассчитываются значения КУЭС ρ_{xy} , ρ_{yx} (рис. 6а) и фаз импеданса ϕ_{xy} , ϕ_{yx} (рис. 6б) по формулам:

$$\rho_{xy} = \frac{1}{2\pi f \mu_0} \cdot |Z'_{xy}|^2, \phi_{xy} = \arg(Z'_{xy}) \quad (9)$$

$$\rho_{yx} = \frac{1}{2\pi f \mu_0} \cdot |Z'_{yx}|^2, \phi_{yx} = \arg(Z'_{yx}). \quad (10)$$

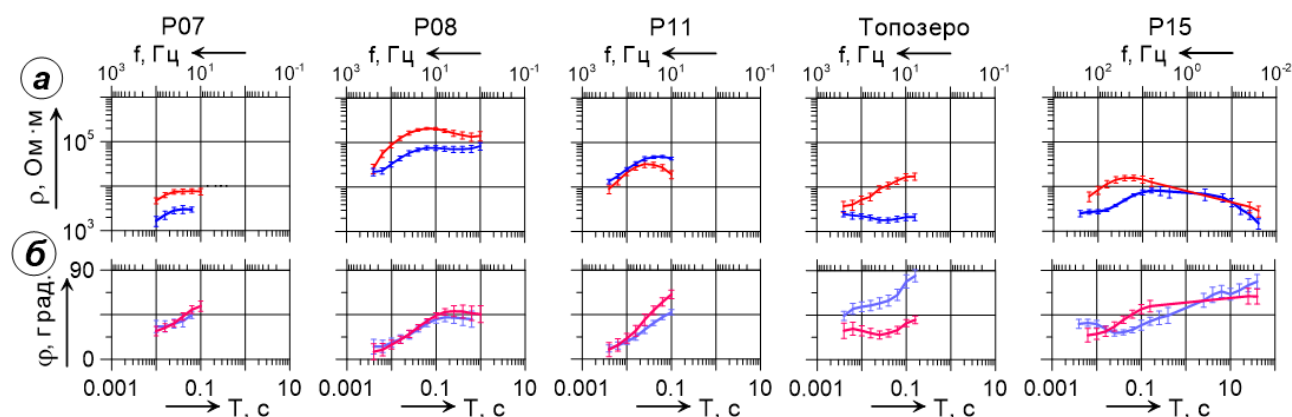


Рис. 6. Результаты измерений МТЗ по профилю «Карелия-2023»:

a — кривые КУЭС; *б* — фазы импеданса (синие — ТЕ-мода, красные — ТМ-мода)

Fig. 6. Results of MTS measurements along the Karelia-2023 profile:

a — apparent resistivity curves, *b* — impedance phases (blue — TE-mode, red — TM-mode)

В двухмерном рассмотрении эти кривые обозначаются как компоненты ρ_{xy} , ϕ_{xy} , соответствующие ТЕ-моду поля, а компоненты ρ_{yx} , ϕ_{yx} соответствуют ТМ-моду [Бердичевский, Дмитриев, 2009]. С помощью параметра асимметрии *skew*:

$$skew = \frac{|Z_{xy} - Z_{yx}|}{|Z_{yy} + Z_{xx}|}. \quad (11)$$

производился отбор МТЗ данных, удовлетворяющих двумерному приближению среды [Бердичевский, Дмитриев, 2009]. Из-за сложных геологических условий и присутствия промышленных помех получить отклик, удовлетворяющий условиям двумерности, удалось только в 5 точках профиля. Кривые КУЭС МТЗ в зависимости от периода сигнала в билогарифмическом масштабе показаны на рис. 6.

Интерпретация результатов эксперимента «Карелия-2023»

Полученные в результате обработки данных эксперимента функции КУЭС все вместе использовались для решения обратной задачи. Инверсия данных производилась с помощью программного пакета MARE2DEM, разработанного для двумерной инверсии как частотных зондирований с искусственным источником, так и магнитотеллурических зондирований [Key, 2016]. Программный пакет MARE2DEM использует метод конечных элементов для решения прямой задачи [Constable et al., 1987].

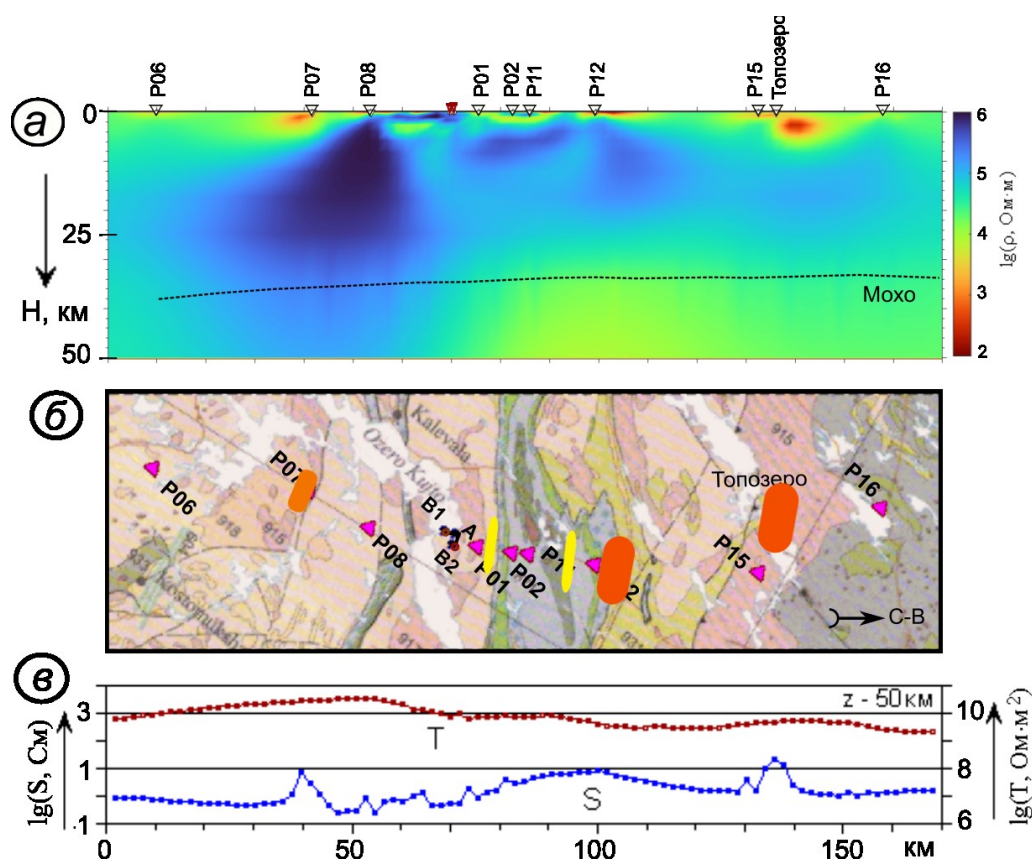


Рис. 7. Геоэлектрический разрез по данным МТЗ и CSAMT (а), полученный с помощью программы MARE2DEM; положение аномалий проводимости на геологической карте (б) (оранжевый цвет — удельное сопротивление менее 1000 Ом·м, желтый цвет — менее 10 000 Ом·м); графики (в) продольной проводимости S (синяя кривая) и поперечного сопротивления T (красная кривая)

Fig. 7. a) Geoelectric section based on MTS and CSAMT data obtained using the MARE2DEM program. b) Position of conductivity anomalies on the geological map. Orange color indicates resistivity less than 1000 $\Omega \cdot m$, yellow color indicates resistivity less than 10,000 $\Omega \cdot m$, and c) graphs of longitudinal conductivity S (blue curve) and transverse resistance T (red curve)

В качестве априорной модели использовалась «нормальная» модель электропроводности Карельского региона [Жамалетдинов и др., 2004] в слое мощностью 50 км. Результаты инверсии приведены

на рис. 7, где 7а — геоэлектрический разрез, 7б — аномалии на геологической карте, 7в — кривые продольной проводимости S и поперечного сопротивления T , рассчитанные по геоэлектрическому разрезу до глубины 50 км.

По результатам инверсии можно сделать вывод, что на профиле «Карелия-2023», по данным двух электромагнитных методов, присутствует несколько приповерхностных областей пониженного удельного сопротивления, не связанных между собой (рис. 7а). Зоны понижения сопротивления (отмечены оранжевым и желтым цветом), вероятно, связаны с геологическими границами и разломами (рис. 7б) и коррелируются с максимумами кривой продольной проводимости S (рис. 7в).

По результатам инверсии граница Мохо в поле удельного сопротивления не проявляется, однако следует отметить, что в северо-восточной части профиля ниже границы Мохо присутствует зона пониженного сопротивления. Изменение удельного сопротивления на глубине хорошо коррелируется с поведением кривой поперечного сопротивления T (рис. 7в). В целом, по результатам инверсии данных эксперимента «Карелия-2023» не выявлено большой зоны пониженного поперечного сопротивления, которая отмечается по результатам экспериментов FENICS и BEAR.

Заключение

По данным более ранних исследований, в районе проведенных работ предполагалось существование глубинной аномалии пониженного сопротивления, но по результатам более детальных и точных исследований эксперимента «Карелия-2023» наличие этой аномалии не подтверждается. Выполненные исследования показали, что на территории Центральной Карелии присутствует серия неоднородностей проводимости, которые, вероятно, связаны с приповерхностными геологическими объектами небольшой вертикальной мощности.

По полученным результатам можно сделать вывод о том, что электромагнитные методы могут быть использованы для картирования пород этого района. В будущем предполагается проведение зондирований с расположением источника на восточном (Беломорском) фланге профиля SVEKA, поскольку положение излучающей установки для частотных зондирований имеет большое значение. Это позволит получить более полную и надежную информацию о строении земной коры.

Список источников

- Бердичевский М. Н., Дмитриев В. И. Модели и методы магнитотеллурики. М.: Науч. мир, 2009. 680 с.
- Ганнибал А. Е. Программа обработки первичных данных в эксперименте «FENICS» // Наука и технологические разработки. 2020. Т. 99, № 1. С. 5–14. DOI:10.21455/std2020
- Гришин А. С. Геоблоки Балтийского щита. Петрозаводск, 1990. 112 с.
- Жамалетдинов А. А., Петрищев М. С. Квазитрехмерная модель электропроводности литосферы Фенноскандинавского щита по результатам экспериментов BEAR и FENICS // Доклады Академии наук. 2015. Т. 463, № 3. С. 337. DOI:10.7868/S0869565215210215
- Жамалетдинов А. А., Шевцов А. Н., Велхов Е. П., Скороходов А. А. и др. Исследование взаимодействия электромагнитных волн КНЧ-СНЧ диапазона (0,1–200 Гц) с земной корой и ионосферой в поле промышленных линий электропередачи (эксперимент «FENICS») // Геофизические процессы и биосфера. 2015. Т. 14, № 2. С. 5–49.
- Жамалетдинов А. А., Шевцов А. Н., Токарев А. Д. «Нормальная» модель электропроводности литосферы Балтийского щита и ее геодинамическая интерпретация // Доклады Академии наук. 2004. Т. 398, № 5. С. 675–679.
- Клабуков Б. Н. Глубинная электропроводность и геотектоническая зональность Фенноскандинавского щита // Теория и методика глубинных электромагнитных зондирований на кристаллических щитах. Апатиты, 2006. Ч. 1. С. 173–180.
- Ковтун А. А., Варданица И. Л., Легенькова Н. П. Электропроводность мантии Фенноскандинавского щита по результатам совместной интерпретации магнитотеллурических и магнитовариационных данных // Вопросы геофизики. 2005. № 38. С. 72–87.
- Колобов В. В., Куклин Д. В., Шевцов А. Н., Жамалетдинов А. А. Многофункциональная цифровая измерительная станция КВВН-7 для электромагнитного мониторинга сейсмоактивных зон // Сейсмические приборы. 2011. Т. 47, № 2. С. 44–58.
- Петрищев М. С. Глубинный геоэлектрический разрез по профилю SVEKA по результатам экспериментов BEAR и FENICS // Труды Ферсмановской научной сессии. 2020. № 17. С. 432–436. DOI:10.31241/FNS.2020.17.083
- Поляков С. В., Резников Б. И., Щенников А. В., Копытенко Е. А., Самсонов Б. В. Линейка индукционных датчиков магнитного поля для геофизических исследований // Сейсмические приборы. 2016. Т. 52, № 1. С. 5–27.

- Семенов В. Ю. Обработка данных магнитотеллурического зондирования. М.: Недра, 1985. 133 с.
- Шевцов А. Н., Ганнибал А. Е., Короткова Т. Г., Скороходов А. А. Результаты двумерной инверсии глубинного электромагнитного зондирования с промышленными ЛЭП (эксперимент FENICS) // Наука и технологические разработки. 2022. Т. 101, № 1. С. 36–50. DOI:10.21455/std2022.1-3
- Constable S. C., Parker R. L., Constable C. G. Occam's inversion — a practical algorithm for generating smooth models from electromagnetic sounding data // Geophysics. 1987. Vol. 52, No. 03. P. 289–300.
- Hjelt S. E., Korja T., Kozlovskaya E., Lahti I., Yliniemi J. Electrical conductivity and seismic velocity structures of the lithosphere beneath Fennoscandian shield // Geological Society Memoir. 2006. Vol. 32. <https://doi.org/10.1144/gsl.mem.2006.032.01.33>
- Key K. MARE2DEM: a 2-D inversion code for controlled-source electromagnetic and magnetotelluric data // Geophys. J. International. 2016. No. 207 (1). P. 571–588. DOI:10.1093/gji/ggw290
- Kolobov V. V., Barannik M. B., Ivonin V. V., Selivanov V. N., Zhamaletdinov A. A., Shevtsov A. N., Skorokhodov A. A. Experience of generator “Energy-4” application for the distance and frequency electromagnetic soundings in the experiment “Murman-2018” // Proceedings of Kola Science Centre of RAS. 2018. No. 17. P. 7–20.
- Korja T., Lahti I., Pedersen L. The core conductive structure along the SVEKA profile in the central part of the Baltic shield // The structure and dynamics of Eastern Europe. Release 2. М.: Geocards Geos, 2006. P. 113–121.

References

- Berdichevsky M. N., Dmitriev V. I. *Modeli i metody magnitotelluriki* [Models and Methods of Magnetotellurics]. Moscow, Nauchnyj mir, 2009, 680 p.
- Constable S. C., Parker R. L., Constable C. G. Occam's inversion — a practical algorithm for generating smooth models from electromagnetic sounding data. Geophysics, 1987, Vol. 52, No. 03, pp. 289–300.
- Gannibal A. E. Programma obrabotki pervichnykh dannykh v eksperimente “FENICS”. [Program for processing primary data in the “FENICS” experiment]. *Nauka i tekhnologicheskie razrabotki* [Science and Technological Developments], 2020, Vol. 99, No. 1, pp. 5–14. (In Russ.). DOI:10.21455/std2020
- Grishin A. S. *Geobloki Baltijskogo shchita* [Geoblocks of the Baltic Shield] Petrozavodsk, 1990, 112 p.
- Hjelt S. E., Korja T., Kozlovskaya E., Lahti I., Yliniemi J. Electrical conductivity and seismic velocity structures of the lithosphere beneath Fennoscandian shield. Geological Society Memoir., 2006, Vol. 32. DOI:<https://doi.org/10.1144/gsl.mem.2006.032.01.33>
- Key K. MARE2DEM: a 2-D inversion code for controlled-source electromagnetic and magnetotelluric data. Geophys. J. International, 2016, Vol. 207, No. 1, pp. 571–588. DOI:10.1093/gji/ggw290
- Klabukov B. N. Glubinnaya elektroprovodnost i geotektonicheskaya zonalnost Fennoskandinavskogo shchita [Deep Electrical Conductivity and Geotectonic Zoning of the Fennoscandian Shield]. *Teoriya i metodika glubinykh elektromagnitnykh zondirovanij na kristallicheskih shchitah* [Theory and Methods of Deep Electromagnetic Probing on Crystalline Shields]. Apatity, 2006, Ch. 1, pp. 173–180. (In Russ.).
- Kolobov V. V., Kuklin D. V., Shevtsov A. N., Zhamaletdinov A. A. *Mnogofunkcionalnaya cifrovaya izmeritelnaya stanciya KVVN-7 dlya elektromagnitnogo monitoringa sejsmoaktivnykh zon* [Multifunctional digital measuring station KVVN-7 for electromagnetic monitoring of seismically active zones]. *Seismicheskie pribory* [Seismic Instruments], 2011, Vol. 47, No. 2. pp. 44–58. (In Russ.).
- Kolobov V. V., Barannik M. B., Ivonin V. V., Selivanov V. N., Zhamaletdinov A. A., Shevtsov A. N., Skorokhodov A. A. Experience of generator “Energy-4” application for the distance and frequency electromagnetic soundings in the experiment “Murman-2018”. Proceedings of Kola Science Centre of RAS, 2018, No. 17, pp. 7–20. (In Russ.).
- Korja T., Lahti I., Pedersen L. The core conductive structure along the SVEKA profile in the central part of the Baltic shield. The structure and dynamics of Eastern Europe. Release 2. Moscow, Geocards Geos, 2006, pp. 113–121.
- Kovtun A. A., Vardanyants I. L., Legenkova N. P. Elektroprovodnost mantii Fennoskandinavskogo shchita po rezultatam sovmestnoj interpretacii magnitotelluricheskikh i magnitovariacionnykh dannykh [Electrical conductivity of the Fennoscandian shield mantle based on the results of a joint interpretation of magnetotelluric and magnetovariational data]. *Voprosy geofiziki* [Geophysics Issues], 2005, Vol. 38, pp. 72–87. (In Russ.).
- Petrishchev M. S. Glubinnyj geoelektricheskiy razrez po profilu SVEKA po rezultatam eksperimentov BEAR i FENICS [Deep Geoelectric Section along the SVEKA Profile Based on the Results of the BEAR and FENICS Experiments]. *Trudy Fersmanovskoj nauchnoj sessii* [Proceedings of the Fersman Scientific Session], 2020, No. 17, pp. 432–436. (In Russ.). DOI:10.31241/FNS.2020.17.083
- Polyakov S. V., Reznikov B. I., Shchennikov A. V., Kopytenko E. A., Samsonov B. V. Linejka indukcionnykh datchikov magnitnogo polya dlya geofizicheskikh issledovanij [A series of inductive magnetic field sensors for geophysical research]. *Seismicheskie pribory* [Seismic Instruments], 2016, Vol. 52, No. 1, pp. 5–27. (In Russ.).

- Semyonov V. Yu. Obrabotka dannyh magnitotelluricheskogo zondirovaniya [Processing of Magnetotelluric Sounding Data]. Moscow, Nedra, 1985, 133 p.
- Shevtsov A. N., Gannibal A. E., Korotkova T. G., Skorokhodov A. A. Rezultaty dvumernoj inversii glubinnogo elektromagnitnogo zondirovaniya s promyshlennymi LEP (Eksperiment FENICS) [Results of two-dimensional inversion of deep electromagnetic sounding with industrial power transmission lines (FENICS experiment)]. *Nauka i tekhnologicheskie razrabotki* [Science and Technological Developments], 2022, Vol. 101, No. 1, pp. 36–50. (In Russ.). DOI:10.21455/std2022.1-3
- Zhamaletdinov A. A., Petrishchev M. S. Kvazitryohmernaya model elektroprovodnosti litosfery Fennoskandinavskogo shchita po rezultatam eksperimentov BEAR i FENICS [Quasi-three-dimensional model of electrical conductivity of the lithosphere of the Fennoscandian shield based on the results of the BEAR and FENICS experiments]. *Doklady Akademii Nauk* [Reports of the Academy of Sciences], 2015, Vol. 463, No. 3, p. 337. (In Russ.). DOI:10.7868/S0869565215210215
- Zhamaletdinov A. A., Shevtsov A. N., Velikhov E. P., Skorokhodov A. A., Kolesnikov V. E., Korotkova T. G., Ryazantsev P. A., Efimov B. V., Kolobov V. V., Barannik M. B., Prokopchuk P. I., Selivanov V. N., Kopytenko Yu. A., Kopytenko E. A., Ismagilov V. S., Petrishchev M. S., Sergushin P. A., Tereshchenko P. E., Samsonov B. V., Birulya M. A., Smirnov M. Yu., Korya T., Yampolsky Yu. M., Koloskov A. V., Baru N. A., Polyakov S. V., Shchennikov A. V., Druzhin G. I., Jozwiak V., Reda Ya., Shchors Yu. G. Issledovanie vzaimodejstviya elektromagnitnyh voln KNCH-SNCH diapazona (0.1–200 Gc) s zemnoj koroj i ionosferoj v pole promyshlennyh linij elektroperedachi (eksperiment "FENICS") [Study of the interaction of electromagnetic waves of the ELF-ULF range (0.1-200 Hz) with the earth's crust and ionosphere in the field of industrial power transmission lines (FENICS experiment)]. *Geofizicheskie processy i biosfera* [Geophysical Processes and the Biosphere], 2015, Vol. 14, No. 2, pp. 5–49. (In Russ.).
- Zhamaletdinov A. A., Shevtsov A. N., Tokarev A. D. "Normalnaya" model elektroprovodnosti litosfery Baltijskogo shchita i eyo geodinamicheskaya interpretaciya ["Normal" Model of Electrical Conductivity of the Baltic Shield Lithosphere and Its Geodynamic Interpretation]. *Doklady Akademii Nauk* [Reports of the Academy of Sciences], 2004, Vol. 398, No. 5, pp. 675–679. (In Russ.).

Информация об авторах

А. А. Скороходов — ведущий инженер;
А. Е. Ганнибал — младший научный сотрудник;
Т. Г. Короткова — ведущий программист;
В. В. Колобов — ведущий научный сотрудник;
В. В. Ивонин — научный сотрудник.

Information about the authors

A. A. Skorokhodov — Leading Engineer;
A. E. Gannibal — Junior Researcher;
T. G. Korotkova — Leading Programmer;
V. V. Kolobov — Leading Researcher;
V. V. Ivonin — Researcher.

Статья поступила в редакцию 15.05.2026; одобрена после рецензирования 07.07.2026; принята к публикации 10.07.2026.
The article was submitted 15.05.2026; approved after reviewing 07.07.2026; accepted for publication 10.07.2026.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 551.577 (470.21)
doi:10.37614/2949-1185.2026.5.3.003

БИОГЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ВЫПАДАЮЩИХ ТВЕРДЫХ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКАХ НА СЕВЕРЕ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА (СУБАРКТИКА)

**Максим Валентинович Митяев^{1✉}, Марина Васильевна Герасимова²,
Елена Ивановна Дружкова³, Татьяна Геннадьевна Ишкулова⁴**

^{1–4}Мурманский морской биологический институт РАН, Мурманск, Россия

¹mityaev@mmbi.info ✉, <https://orcid.org/0000-0003-3059-6469>

²gerasimova@mmbi.info, <https://orcid.org/0000-0002-2273-617X>

³druzhkova@mmbi.info, <https://orcid.org/0000-0002-7891-0800>

⁴ishkulova@mmbi.info, <https://orcid.org/0000-0002-6777-6693>

Аннотация

Представленная работа является частью комплексного исследования атмосферной поставки аэрозольного вещества на севере Кольского полуострова. В ней освещены результаты изучения концентрации и потоков биогенных элементов в свежес выпавшем снеге, в холодные сезоны 2018–2022 гг. Согласно полученным данным, суммарная концентрация соединений биогенных элементов в свежес выпавшем снеге в среднем составила 456 ± 30 мкг/л, азота нитратного — 393 ± 29 мкгN/л, азота нитритного — $4,12 \pm 0,58$ мкгN/л, фосфора фосфатного — $13,5 \pm 1,4$ мкгP/л ($n = 305$), кремния силикатов — $23,1 \pm 2,2$ мкгSi/л ($n = 323$), что соответствует фоновым значениям данных показателей в снежном покрове на севере европейской части России. Суммарный поток соединений биогенных элементов за снегопад в среднем 51 ± 8 мкг/м², вертикальный поток азота нитратного — 46 ± 3 мкгN/м², азота нитритного — $0,63 \pm 0,06$ мкгN/м², фосфора фосфатного — $2,32 \pm 0,20$ мкгP/м², кремния силикатов — $7,78 \pm 1,12$ мкгSi/м². За холодный сезон года среднеемноголетнее поступление соединений биогенных элементов на поверхность земли на севере Кольского полуострова составляет $24,7 \pm 2,8$ кг/км², что дает основание оценить их общее поступление в регион в 125–150 т.

Ключевые слова:

поток биогенных элементов, азот нитратный, азот нитритный, фосфор фосфатный, кремний силикатов, свежес выпавший снег, Кольский полуостров

Благодарности

Исследование выполнено в рамках темы НИР FMEE-2024-0016 «Структурно-динамические трансформации пелагических экосистем морских арктических бассейнов в условиях техногенных и естественных изменений среды» (№ госрегистрации 124013000709-9).

Для цитирования:

Биогенные элементы в выпадающих твердых атмосферных осадках на севере Кольского полуострова (Субарктика) / М. В. Митяев [и др.] // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Естественные и гуманитарные науки. 2026. Т. 5, № 3. С. 40–57. doi:10.37614/2949-1185.2026.5.3.003

BIOLOGICAL SCIENCES

Original article

BIOGENIC ELEMENTS IN SOLID PRECIPITATION IN THE NORTH OF THE KOLA PENINSULA (SUBARCTIC)

Maksim V. Mityaev^{1✉}, Marina V. Gerasimova², Elena I. Druzhkova³, Tatyana G. Ishkulova⁴

^{1–4}Murmansk Marine Biological Institute, Russian Academy of Sciences, Murmansk, Russia

¹mityaev@mmbi.info ✉, <https://orcid.org/0000-0003-3059-6469>

²gerasimova@mmbi.info, <https://orcid.org/0000-0002-2273-617X>

³druzhkova@mmbi.info, <https://orcid.org/0000-0002-7891-0800>

⁴ishkulova@mmbi.info, <https://orcid.org/0000-0002-6777-6693>

Abstract

The presented work is part of a comprehensive study of the atmospheric supply of aerosol substance in the north of the Kola Peninsula. The paper highlights the results of studying the concentration and flows of biogenic elements in freshly fallen snow in the cold seasons of 2018–2022. According to the data obtained, the total concentration of nutrient compounds in freshly fallen snow averaged $456 \pm 30 \mu\text{g/l}$. The average nitrate nitrogen concentration was $393 \pm 29 \mu\text{gN/l}$, nitrite nitrogen — $4.12 \pm 0.58 \mu\text{gN/l}$, phosphate phosphorus — $13.5 \pm 1.4 \mu\text{gP/l}$, and silicate silicon — $23.1 \pm 2.2 \mu\text{gSi/l}$, which corresponds to background values for these parameters in the snow cover of northern European part of Russia. The total flux of nutrient compounds with freshly fallen snow averaged $51 \pm 8 \mu\text{g/m}^2$ per snowfall. The vertical flux of nitrate nitrogen averaged $46 \pm 3 \mu\text{gN/m}^2$, nitrite nitrogen — $0.63 \pm 0.06 \mu\text{gN/m}^2$, phosphate phosphorus — $2.32 \pm 0.20 \mu\text{gP/m}^2$, and silicate silicon — $7.78 \pm 1.12 \mu\text{gSi/m}^2$. During the cold season, the average long-term input of nutrient compounds to the land surface of the studied part of the northern Kola Peninsula averaged $24.7 \pm 2.8 \text{ kg/km}^2$, which gives grounds for estimating the total input of nutrient compounds to the region at 125–150 tons.

Keywords:

flow of biogenic elements, nitrate nitrogen, nitrite nitrogen, phosphate phosphorus, silicate silicon, fresh snow, Kola Peninsula

Acknowledgements

The study was carried out within the framework of the research topic FMEE-2024-0016 “Structural and dynamic transformations of pelagic ecosystems of marine Arctic basins under conditions of man-made and natural environmental changes” (state registration no. 124013000709-9).

For citation:

Biogenic elements in solid precipitation in the north of the Kola Peninsula (Subarctic) / M. V. Mityaev [et al.] // Transactions of the Kola Science Centre of RAS. Series: Natural Sciences and Humanities. 2026. Vol. 5, No. 3. P. 40–57. doi:10.37614/2949-1185.2026.5.3.003

Введение

В последние десятилетия учеными [Болтенко и др., 1991; Виноградова, Полиссар, 1995; Шевченко и др., 2007; Darby et al., 1989; Duce et al., 1991; Viklander, 1999] активно проводятся исследования атмосферы Арктики как источника переноса различных веществ (в том числе загрязняющих окружающую среду). Справедливо считается, что твердые атмосферные осадки очищают атмосферу от аэрозольного вещества [Шевченко, 2006; Шевченко и др., 2006, 2007]. При исследовании свежеснегавшего снега можно определить концентрацию твердых и растворенных веществ, вымываемых из атмосферы. Особенно это актуально в высокоширотных районах Кольского полуострова, где выпадение твердых атмосферных осадков происходит 180–220 дней в году [Митяев, 2014].

Изучение атмосферной поставки биогенных элементов определено важностью данных соединений не только в жизнедеятельности гидробионтов, но и их влиянием на качество поверхностных вод. Многочисленные исследования посвящены изучению биогенных элементов в морской среде, поскольку их роль в функционировании гидробионтов огромна. В частности, от их количества зависит развитие первичных продуцентов органического вещества, при этом зачастую изучение источников поступления биогенных элементов на морской акватории ограничивается объемами материкового стока. Между тем как для российского сектора Арктики [Виноградова, Полиссар, 1995; Шевченко, 2006; Шевченко и др., 2006, 2007] показана важная роль атмосферной поставки различных химических соединений (до $600 \text{ мг/м}^2/\text{год}$), в том числе и биогенных элементов.

Цель исследований — определить концентрацию и потоки биогенных элементов с выпадающим из атмосферы снегом на севере Кольского полуострова (работы по потокам в регионе ранее не проводились).

Представленная работа является частью комплексных исследований атмосферной поставки аэрозольного вещества на севере Кольского полуострова, включающих в себя изучение нерастворимых частиц, тяжелых металлов, микропластика и биогенных элементов в выпадающем снеге.

Материал и методы

В северной части Кольского полуострова (к северу от $68^\circ 20'$ с. ш.) выделяются два крупных импактных и четыре фоновых района, расположенных в междуречье Печенга — Воронья. Первый импактный район — это крупнейшая на полуострове городская инфраструктура и ее ближайшие окрестности, он расположен на площади в зоне устья р. Тулома и южного колена Кольского залива и включает в себя г. Мурманск, ближайшие к нему населенные пункты, транспортные узлы (морские,

железнодорожные и автомобильные), ТЭЦ, аэропорт. Второй импактный район находится на северо-западе Мурманской области вокруг горнодобывающего комплекса «Никель» (окрестности городской инфраструктуры Никеля, Печенги, Заполярного). Каждый фоновый район представляет собой единый природный ландшафт, сформированный на различных орогидрографических комплексах северной части Кольского полуострова. Географически они (районы) расположены между двумя крупными субмеридиональными глубинными дизъюнктивными зонами, которые пересекают с севера на юг раннедокембрийские структуры Балтийского щита (до Беломорского гнейсового пояса). Первый фоновый район (восточный) локализован между Кольским заливом и долиной р. Воронья, сформирован на тундрах и лесотундрах восточной части Мурманского массива гранитоидов. Второй (западный) район расположен в долине р. Тулома (Туломские водохранилища) и ее притоков, образован в ландшафтах северной тайги, парагенетически приуроченных к Центрально-Кольскому тектоническому блоку. Третий (северо-западный) район находится между долиной р. Тулома и Мотовским заливом Баренцева моря, сформирован на тундрах и лесотундрах в западной части Мурманского массива гранитоидов. Четвертый (южный) район размещается южнее первого импактного района — между Туломскими и Серебрянскими водохранилищами, базируется в ландшафтах северной тайги, парагенетически связанных с восточной частью Лапландско-Сальнотундровой тектонической зоной [Митяев, 2014; Митяев и др., 2019].

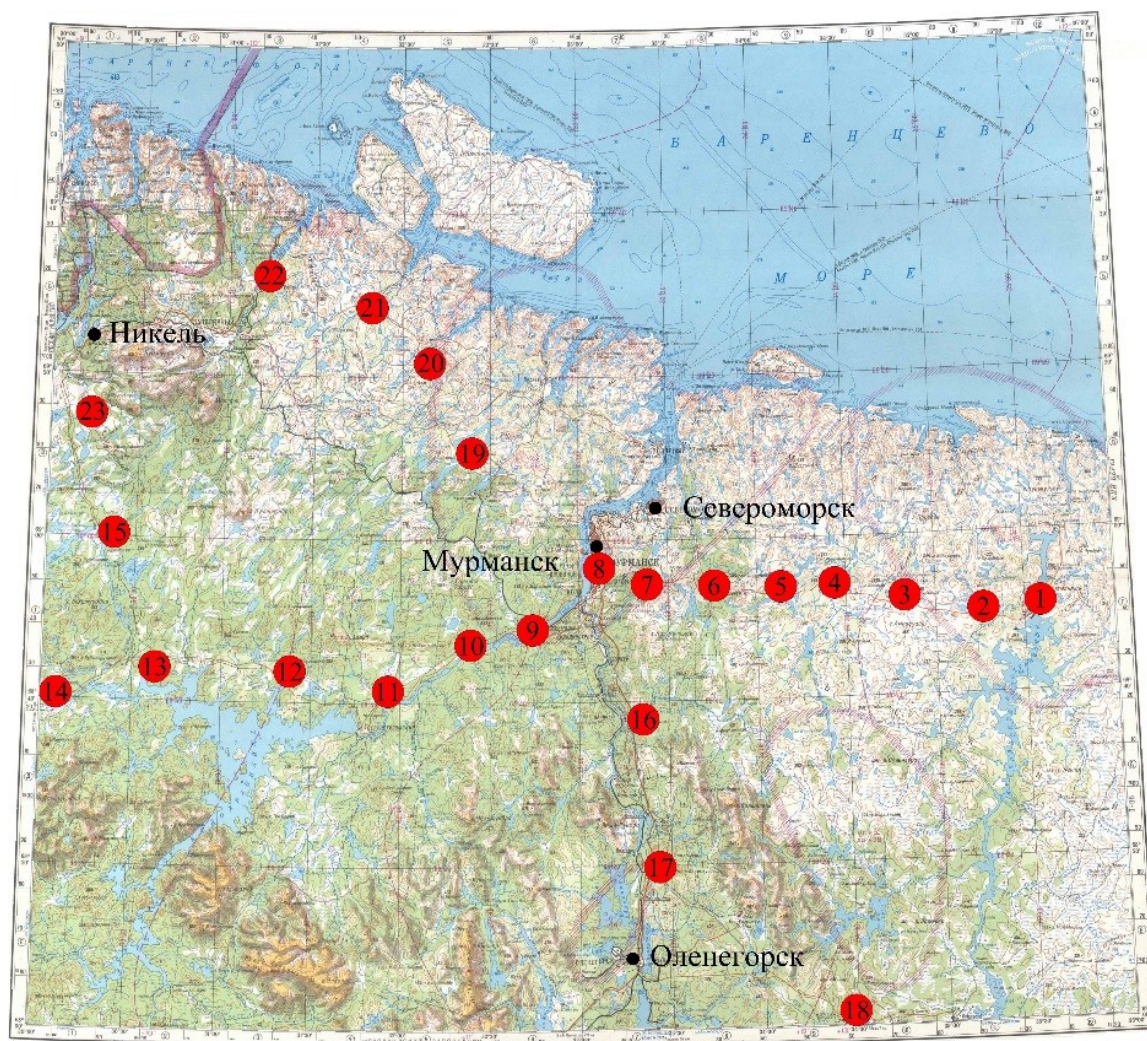


Рис. 1. Карта-схема района работ и станций наблюдения
Fig. 1. Map of the work area and observation stations

С января 2018 г. по декабрь 2022 г. в ходе полевых работ на севере Кольского полуострова были отобраны пробы свежеснежавшего снега вдоль четырех автомобильных магистралей: Мурманск — Серебрянская ГЭС (до пос. Туманный на востоке), Мурманск — Никель (до г. Печенга на северо-западе), Мурманск — Лотта (до устья р. Лотта на западе) и Мурманск — Санкт-Петербург (до истоков р. Валма — 1315 км трассы «Кола» на юге) на 23 станциях (рис. 1). Снег отбирался на следующий после выпадения день (мощность свежеснежавшего снега не менее 0,3 см) на расстоянии более 500 м от автомобильных дорог против ветра чистым пробоотборником из пищевой нержавеющей стали в плотные полиэтиленовые пакеты. Чтобы исключить попадание уплотненного снега, брали только верхний свежеснежавший слой толщиной 1–3 мм. Подробно обоснование метода отбора проб приведено в работе М. В. Митяева с соавторами [2019]. Пробы до обработки хранились в холодильнике при температуре -5°C , затем их растапливали при комнатной температуре.

Талая снеговая вода (объемом не менее 200 мл) использовалась для химического анализа на содержание биогенных элементов (азота нитратного, азота нитритного, фосфора фосфатного, кремния силикатов) с применением традиционных фотоколориметрических методов на спектрофотометре ЭКРОС ПЭ-5300ви (абсолютная погрешность прибора — $\pm 0,5\%$). Минеральные формы азота (нитритный и нитратный) определяли методом Бендшнайдера — Робинсона при длине волны 540 нм в кюветах длиной 10–20 мм (чувствительность метода 0,01 мкмоль/л), минеральный фосфор (фосфатный) — методом Морфи — Райли при длине волны 870 нм в кювете длиной 50 мм (ошибка метода — 2–6 %), минеральный кремний (кремний силикатов) — методом Королева при длине волны 870 нм в кювете длиной 50 мм (ошибка метода — 2–6 %) [Современные..., 1992; Руководство..., 1993, 2003].

Всего проанализировано 357 проб (n) свежеснежавшего снега, характеризующих 120 снегопадов. Разное количество взятых проб на станциях связано с сильной мозаичностью выпадения атмосферных осадков на территории работ в период исследований. Максимальное число проб отобрано в восточной части района, минимальное — на северо-западе региона (табл. 1).

Таблица 1

Количество проб, отобранных в холодные сезоны 2018–2022 гг.
The number of samples taken in the cold seasons 2018–2022

Районы	Количество отобранных проб	Количество снегопадов
Импактные	85	29
Фоновые:		
восточный	94	34
западный	78	25
северо-западный	46	12
южный	54	20

Для характеристики потока вещества на станции наблюдения проба снега отбиралась на двух (изредка на трех) площадках. Расчет общего потока биогенных элементов и каждого элемента в отдельности проводился на 1 м^2 за один снегопад по формуле [Митяев и др., 2019]

$$B = \frac{1}{N} \int_i^N W_i,$$

где B — поток биогенных элементов за один снегопад, $\text{мкг}/\text{м}^2$; N — число наблюдений за один снегопад; W_i — поток биогенных элементов в точке наблюдения, $\text{мкг}/\text{м}^2$.

При этом W_i рассчитывали по формуле

$$W_i = \frac{\rho_i}{S_i},$$

где S_i — площадь отбора свежеснежавшего снега; ρ_i — количество биогенных элементов в точке наблюдения.

Результаты и обсуждение

Концентрация биогенных элементов в твердых атмосферных осадках. Суммарная концентрация соединений биогенных элементов (NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-} , SiO_3^{2-}) в талой снеговой воде на северо-западе Кольского полуострова в 2018–2022 гг. изменялась от 30 до 1980 мкг/л (в среднем составляя 456 ± 30 мкг/л, $n = 357$) при фоновых значениях от 200 до 640 мкг/л.

Суммарная концентрация соединений биогенных элементов в талой снеговой воде имеет двухмодальное распределение. Возможно, моды отражают разные источники поступления аэрозольного материала. Первое модальное значение (165 мкг/л) можно отнести к фоновым содержаниям соединений биогенных элементов в снежном покрове Арктики, второе модальное значение (867 мкг/л), вероятно, отражает региональный фон и, возможно, загрязнение атмосферы биогенными элементами от различных источников.

В целом, в период наблюдений суммарная концентрация соединений биогенных элементов в талой снеговой воде увеличивалась (рис. 2А), но если в сезонах 2019–2022 гг. достоверных отличий в их содержании не было, то холодный сезон 2018/2019 гг. достоверно отличается от всех других периодов. В течение холодного сезона года суммарная концентрация соединений биогенных элементов в выпадающем на Кольском полуострове снеге увеличивается от октябрьских к декабрьским снегопадам, а в февральские снегопады их концентрация уменьшается. Тенденция сохраняется до конца холодного сезона года (апрель — май) (рис. 2Б).

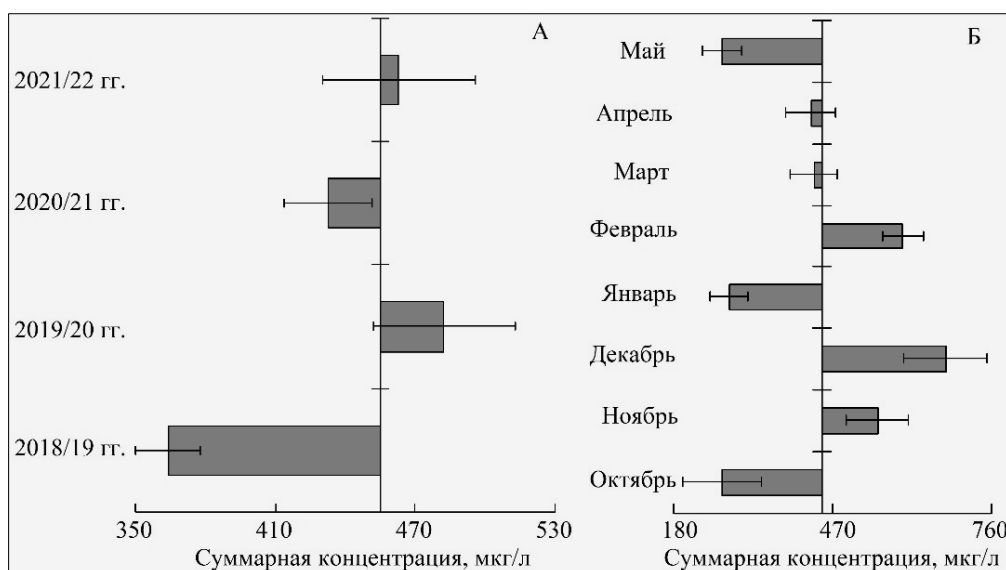


Рис. 2. Среднесезонная (А) и среднемесячная (Б) суммарная концентрация соединений биогенных элементов в свежеснеге на севере Кольского полуострова в холодные сезоны 2018–2022 гг.

Fig. 2. Average seasonal (А) and average monthly (Б) total concentration of biogenic element compounds in freshly fallen snow, north of the Kola Peninsula, cold seasons 2018–2022

Наиболее высокие суммарные концентрации соединений биогенных элементов в выпадающем снеге характерны для южного района — 541 ± 75 мкг/л, низкие типичны для северо-западного района — 210 ± 21 мкг/л (рис. 3). В восточном районе средняя суммарная концентрация биогенных элементов в выпадающем снеге (483 ± 57 мкг/л) сопоставима со среднемноголетним значением этого показателя в регионе.

Средние суммарные концентрации соединений биогенных элементов в выпавшем в импактных и фоновых районах снеге достоверно не отличаются (табл. 2). Так, например, за четыре холодных сезона 2018–2022 гг. в свежеснеге фоновых районов этот показатель составил 429 ± 34 мкг/л, а в импактных районах — 401 ± 39 мкг/л.

Таблица 2

Средняя суммарная концентрация соединений биогенных элементов в свежесыпавшем снеге в разных районах на севере Кольского полуострова в холодные сезоны 2018–2022 гг., мкг/л
Average total concentration of biogenic element compounds in freshly fallen snow in different regions of the north of the Kola Peninsula in the cold seasons 2018–2022, µg/l

Район	2018/2019 гг.	2019/2020 гг.	2020/2021 гг.	2021/2022 гг.
Север Кольского полуострова	384±15 (n = 59)	459±24 (n = 105)	409±10 (n = 97)	436±33 (n = 96)
Восточный	152±12 (n = 9)	405±43 (n = 33)	514±55 (n = 13)	369±46 (n = 15)
Западный	437±48 (n = 8)	427±52 (n = 18)	258±39 (n = 15)	344±38 (n = 14)
Северо-западный	228±23 (n = 8)	202±11 (n = 10)	158±18 (n = 12)	271±16 (n = 10)
Южный	380±61 (n = 6)	456±94 (n = 9)	292±56 (n = 10)	624±28 (n = 9)
г. Мурманск	258±45 (n = 6)	309±33 (n = 10)	224±38 (n = 14)	221±24 (n = 18)
В 10 км от Мурманска	364±39 (n = 9)	315±46 (n = 10)	301±47 (n = 12)	461±98 (n = 13)
В 20 км от Мурманска	270±28 (n = 7)	667±68 (n = 8)	246±36 (n = 12)	279±23 (n = 9)
Никель — Полярный	347±28 (n = 6)	410±56 (n = 7)	294±26 (n = 9)	281±28 (n = 8)

Примечание. ± — доверительный интервал.

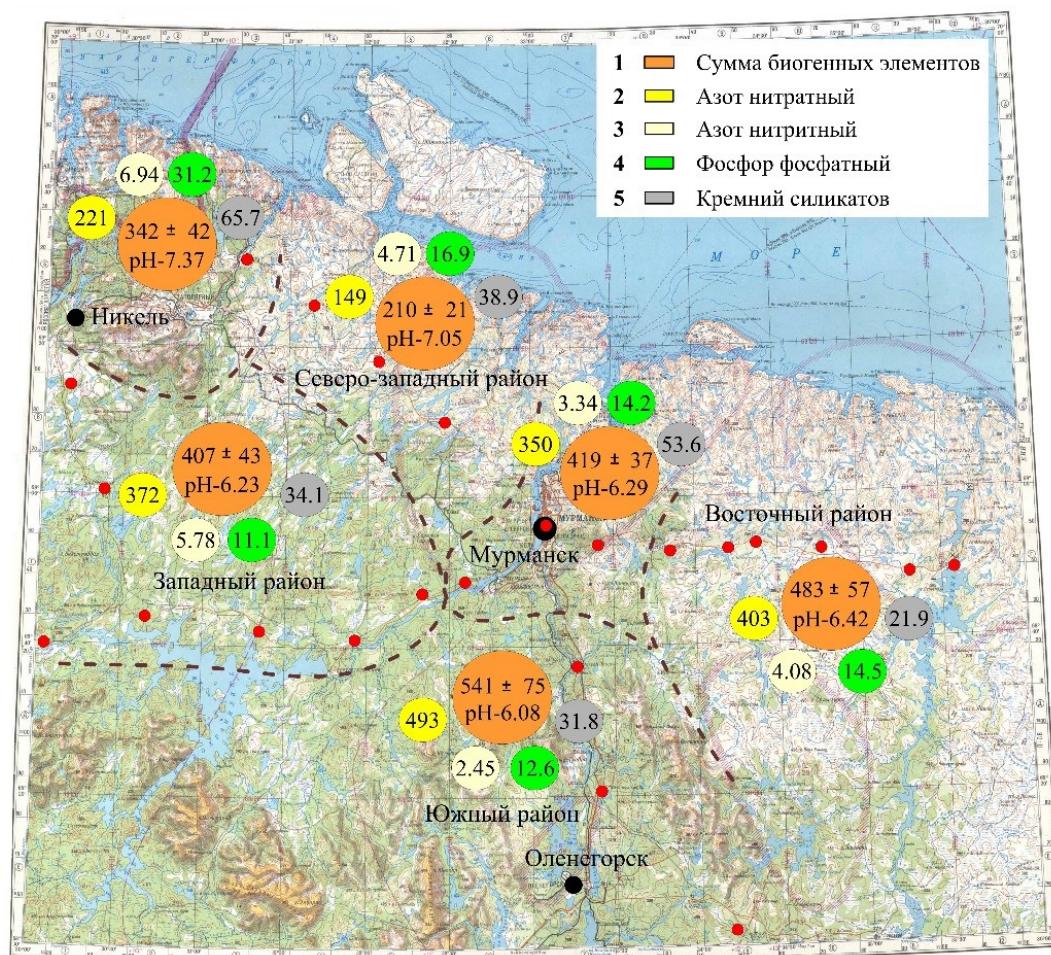


Рис. 3. Карта-схема распределения среднесезонных концентраций биогенных элементов в выпавшем на севере Кольского полуострова снеге в холодные сезоны 2018–2022 гг., мкг/л
Fig. 3. Map-scheme of the distribution of average long-term concentrations of biogenic elements in snow falling in the north of the Kola Peninsula during the cold seasons of 2018–2022, µg/l

В импактных районах суммарная концентрация соединений биогенных элементов в талой снеговой воде изменяется от 42 до 1106 мкг/л. В составе биогенных элементов преобладает азот нитратный, доля которого не опускается ниже 30 %, в среднем составляя 82 ± 3 %. В фоновых районах суммарная концентрация соединений биогенных элементов находится в диапазоне от 30 до 1980 мкг/л, в составе биогенов так же резко преобладает азот нитратный, доля которого не опускается ниже 35 % (в среднем — 90 ± 2 %).

Максимально высокие суммарные концентрации соединений биогенных элементов в талой снеговой воде отмечались в сезонах 2019/2020 и 2021/2022 гг. (см. рис. 2А), что, вероятно, связано с большой концентрацией этих элементов в южном фоновом и первом импактном районах Кольского полуострова. В восточном районе полуострова максимальная суммарная концентрация соединений биогенных элементов в свежеснеговом снеге наблюдалась в сезоне 2020/2021 гг., тогда как в других районах этот показатель был низким. В сезоне 2018/2019 гг. суммарная концентрация биогенных соединений в восточном районе Кольского полуострова была ниже, чем на всей остальной изученной территории (см. табл. 2).

Наблюдается внутрисезонная изменчивость суммарных концентраций соединений биогенных элементов в выпадающем на севере Кольского полуострова снеге (табл. 3, рис. 2Б). Так, наиболее высокие показатели характерны для ноябрьских, декабрьских и февральских снегопадов (более 380 мкг/л), а низкие — типичны для октябрьских, январских и майских снегопадов (< 300 мкг/л).

Азот нитратный. Концентрация азота нитратного в талой снеговой воде изменяется от 53 до 1601 мкгN/л, в среднем составляя 393 ± 29 мкгN/л ($n = 338$), при этом максимальные концентрации наблюдаются в южном районе Кольского полуострова (в среднем 493 ± 84 мкгN/л), минимальные — в северо-западном (в среднем 149 ± 19 мкгN/л) (см. рис. 3). В целом содержание азота нитратного в талой снеговой воде увеличивалось от холодного сезона 2018/2019 гг. к аналогичному сезону 2021/2022 гг. (рис. 4А). В составе соединений биогенных элементов его доля в среднем составляет 86 ± 1 %, минимальная доля азота нитратного наблюдалась в октябре 2019 г. в г. Мурманске (менее 25 %). В течение холодного сезона года изменение концентрации азота нитратного в твердых атмосферных осадках схоже с изменением суммарной концентрации соединений биогенных элементов (табл. 3), что свидетельствует о его преобладающем вкладе в суммарную концентрацию соединений биогенных элементов. Так, с началом холодов концентрация азота нитратного в выпадающем снеге увеличивается от октябрьских к декабрьским снегопадам, в дальнейшем она снижается (рис. 5А). На севере Кольского полуострова концентрация азота нитратного в свежеснеговом снеге увеличивается с севера на юг и юго-восток (см. рис. 3).

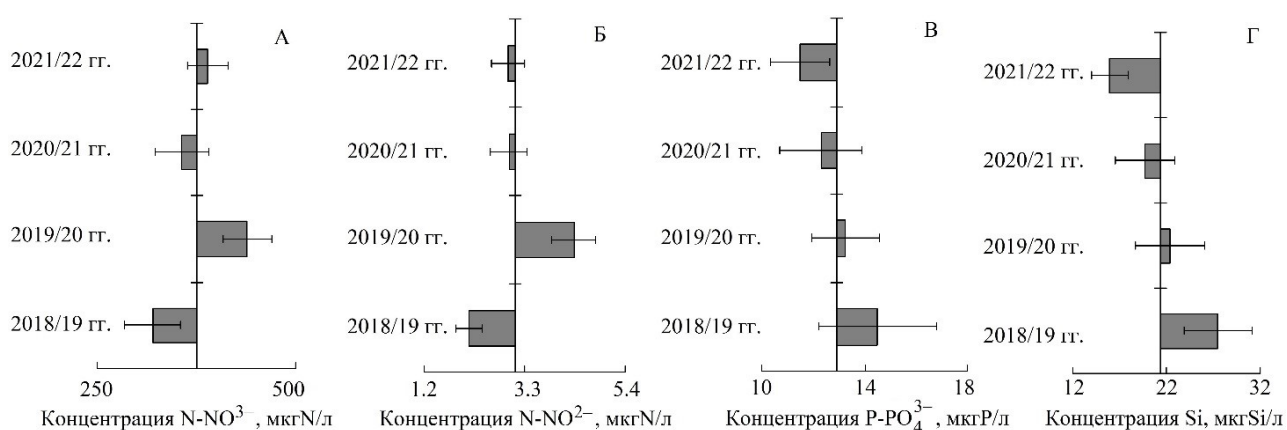


Рис. 4. Среднесезонные концентрации биогенных элементов в снеге, выпавшем на севере Кольского полуострова:

А — азот нитратный, Б — азот нитритный, В — фосфор фосфатный, Г — кремний силикатный

Fig. 4. Average seasonal concentrations of biogenic elements in snow falling in the north of the Kola Peninsula:

А — nitrate nitrogen, Б — nitrite nitrogen, В — phosphorus phosphate, Г — silicon silicate

Таблица 3

Среднемесячные концентрации соединений биогенных элементов
в свежеснежившем снеге в холодные сезоны 2018–2022 гг.

Average monthly concentrations of biogenic element compounds
in freshly fallen snow in the cold seasons 2018–2022

Месяц	Сумма биогенных соединений, мкг/л	Азот, мкгN/л		Фосфор фосфатный, мкгP/л	Кремний силикатов, мкгSi/л
		нитратный	нитритный		
Октябрь	268±72 (n = 30)	207±21 (n = 30)	5,4±0,59 (n = 28)	8,5±0,33 (n = 29)	22,3±4,6 (n = 27)
Ноябрь	552±56 (n = 42)	464±12 (n = 40)	5,8±0,79 (n = 38)	7,7±0,44 (n = 32)	24,1±8,0 (n = 32)
Декабрь	676±76 (n = 40)	579±21 (n = 38)	6,1±0,35 (n = 35)	6,7±0,21 (n = 23)	22,9±0,2 (n = 38)
Январь	281±34 (n = 61)	217±11 (n = 59)	2,6±0,12 (n = 57)	12,5±0,29 (n = 52)	23,3±1,4 (n = 52)
Февраль	598±37 (n = 60)	501±12 (n = 57)	2,5±0,11 (n = 54)	15,9±0,39 (n = 58)	24,4±10,8 (n = 59)
Март	436±42 (n = 59)	361±12 (n = 52)	2,6±0,10 (n = 52)	13,7±0,33 (n = 57)	18,3±1,3 (n = 57)
Апрель	430±46 (n = 43)	351±10 (n = 40)	3,9±0,13 (n = 40)	16,1±0,22 (n = 32)	19,3±11,2 (n = 36)
Май	269±36 (n = 22)	182±11 (n = 22)	3,8±0,12 (n = 22)	6,5±0,23 (n = 22)	23,5±4,2 (n = 22)

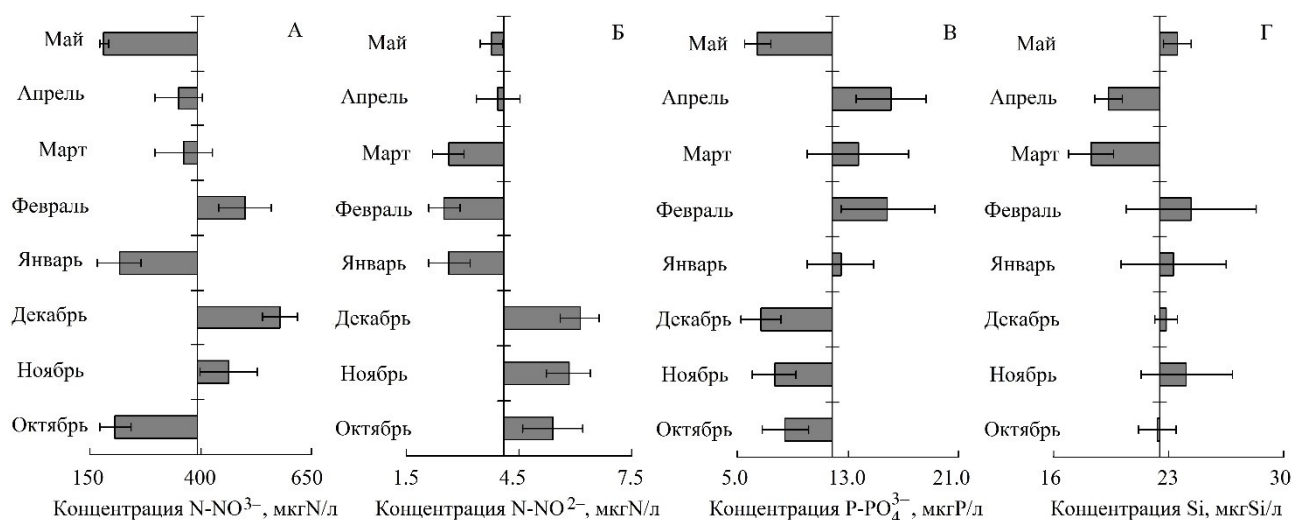


Рис. 5. Среднемесячные концентрации биогенных элементов в снеге, выпадающем на севере Кольского полуострова:

А — азот нитратный, Б — азот нитритный, В — фосфор фосфатный, Г — кремний силикатный

Fig. 5. Average monthly concentrations of biogenic elements in snow falling in the north of the Kola Peninsula:

А — nitrate nitrogen, Б — nitrite nitrogen, В — phosphorus phosphate, Г — silicon silicate

Азот нитритный. Количество азота нитритного в талой снеговой воде изменялось от 0,15 до 42,0 мкгN/л, составляя в среднем $4,12 \pm 0,58$ мкгN/л ($n = 326$). Его максимальная концентрация в свежеснежившем снеге отмечена на западе территории (во втором импактном и западном фоновом районах Кольского полуострова), в среднем — $6,94 \pm 0,75$ и $5,78 \pm 0,48$ мкгN/л соответственно. Низкие показатели содержания азота нитритного характерны для южного района — $2,45 \pm 0,62$ мкгN/л. Концентрация азота нитритного в талой снеговой воде в целом изменялась незначительно, и только в сезоне 2019/2020 гг. его содержание на всей исследованной территории было высоким (см. рис. 4Б). В составе соединений биогенных элементов доля азота нитритного в среднем составляет $2,2 \pm 0,2$ %. Минимальная доля азота нитритного ($< 0,1$ %) свойственна для твердых атмосферных осадков, выпадающих с января по март (особенно на востоке региона и в г. Мурманске). Количество азота нитритного в начале холодного сезона года в талой снеговой воде в целом большое, а в середине сезона малое (табл. 3, рис. 5Б). В конце холодного сезона года концентрация азота нитритного не отличается от среднемноголетнего содержания.

Фосфор фосфатный. Содержание фосфора фосфатного в талой снеговой воде изменялось от 0,91 до 130,2 мкгР/л, в среднем составляя $13,5 \pm 1,4$ мкгР/л ($n = 305$). Его аномально высокие концентрации наблюдались во втором импактном районе — в среднем $31,2 \pm 8,3$ мкгР/л (см. рис. 3). Невысокие концентрации фосфора фосфатного в выпадающем снеге характерны для западного и южного районов Кольского полуострова — в среднем $11,1 \pm 0,7$ и $12,6 \pm 2,1$ мкгР/л соответственно. Количество фосфора фосфатного в талой снеговой воде постепенно уменьшалось от сезона 2018/2019 гг. до сезона 2021/2022 гг. (см. рис. 4В). Доля фосфора фосфатного в составе соединений биогенных элементов в среднем составляла $7 \pm 0,7$ % (достигая 60 % в отдельные снегопады), при этом минимальная доля отмечена в восточном и южном районах Кольского полуострова (< 1 %), максимальная — на западе региона (> 50 %). Концентрация фосфора фосфатного в талой снеговой воде в начале (октябрь — декабрь) и конце (май) холодного сезона года стабильно низкая, в середине сезона (январь — апрель) — аномально высокая (табл. 3, рис. 5В).

Кремний силикатов. Концентрация кремния силикатов в талой снеговой воде изменялась от 2,1 до 719 мкгSi/л, в среднем составляя $23,1 \pm 2,2$ мкгSi/л ($n = 323$). Аномально высокие концентрации кремния силикатов характерны для импактных районов (в первом — $53,6 \pm 8,4$ мкгSi/л, во втором — $65,7 \pm 13,5$ мкгSi/л). Аномально низкие концентрации кремния силикатов типичны для снега, выпадающего в восточном районе Кольского полуострова, в среднем — $21,9 \pm 2,6$ мкгSi/л. Количество кремния силикатов в талой снеговой воде заметно уменьшалось от сезона 2018/2019 гг. до сезона 2021/2022 гг. (рис. 4Г). Наиболее резко его количество в выпадающем снеге снизилось в сезоне 2019/2020 гг. (по сравнению с сезоном 2018/2019 гг.). В дальнейшем снижение было более плавным, при этом значения среднесезонных концентраций не имели достоверных отличий (рис. 4Г). В составе соединений биогенных элементов доля кремния силикатов в среднем составляла 24 ± 2 %, его минимальная и максимальная доли в выпадающем снеге характерна для восточного района Кольского полуострова (в январские и февральские снегопады — от < 5 до > 70 %). В течение холодного сезона года концентрация кремния силикатов в талой снеговой воде была довольно стабильной, и только в мартовские и апрельские снегопады она значительно понижалась (табл. 3, рис. 5Г).

Концентрации соединений биогенных элементов в составе выпадающего на севере Кольского полуострова снега сопоставимы с их содержанием в твердых атмосферных осадках и снежном покрове Карелии и Архангельской области [Лозовик, Потапова, 2006; Потапова, 2011; Шевченко и др., 2021]. Что касается южных регионов, то в атмосферных осадках, выпавших на акваторию Черного моря в 2015–2017 гг., количество биогенных элементов было значительно меньше, чем в атмосферных осадках субарктического региона России [Система..., 2018]. В составе биогенных соединений на северных территориях резко преобладают минеральные формы азота (особенно азот нитратный), и лишь в отдельные снегопады содержание минеральных форм кремния и фосфора больше, чем суммарное содержание соединений азота. Следовательно, выявленные концентрации биогенных элементов можно рассматривать как фоновые для севера Кольского полуострова: азот нитратный — 393 ± 29 мкгN/л (фоновые концентрации — 300–450 мкгN/л), азот нитритный — $4,12 \pm 0,58$ мкгN/л (фоновые концентрации — 3–5 мкгN/л), фосфор фосфатный — $13,5 \pm 1,4$ мкгР/л (фоновые концентрации — 10–17 мкгN/л), кремний силикатов — $23,1 \pm 2,2$ мкгSi/л (фоновые концентрации — 18–27 мкгN/л).

Вертикальный поток биогенных элементов с твердыми атмосферными осадками. Суммарный поток соединений биогенных элементов, выпадающих с твердыми атмосферными осадками на севере Кольского полуострова за один снегопад, изменялся от 7 до 204 мкг/м² (в среднем — 51 ± 8 мкг/м², $n = 357$). При фоновом диапазоне 20–70 мкг/м² модальное значение суммарного потока соединений биогенных элементов равно 47 мкг/м². Значение суммарного потока соединений биогенных элементов за один снегопад в фоновых районах региона составляло от 7 до 178 мкг/м² (в среднем — 56 ± 5 мкг/м²). В импактных районах этот показатель изменялся в более широком диапазоне — от 12 до 204 мкг/м² (в среднем — 48 ± 7 мкг/м²), что меньше чем в фоновых районах. В составе потока соединений биогенных элементов постоянно преобладает азот нитратный (до 95 % в отдельные снегопады), в фоновых районах региона полуострова его доля достоверно больше, чем в импактных (88 ± 2 и 82 ± 2 % соответственно).

Максимальные значения суммарного потока соединений биогенных элементов характерны для южной части Кольского полуострова, а минимальные типичны для северо-западного района полуострова (табл. 4). Средние значения данного показателя в фоновых районах региона следующие, мкг/м²: западный — 53±6, северо-западный — 39±3, восточный — 58±7, южный — 76±9.

Таблица 4

Средние значения суммарного потока соединений биогенных элементов на поверхность земли за снегопад в разных районах на севере Кольского полуострова в холодные сезоны 2018–2022 гг., мкг/м²
Average values of total fluxes of biogenic element compounds to the earth's surface per snowfall, in different regions of the north of the Kola Peninsula, cold seasons 2018–2022, µg/m²

Районы	2018/2019 гг.	2019/2020 гг.	2020/2021 гг.	2021/2022 гг.
Север Кольского полуострова	49±10 (n = 59)	54±6 (n = 105)	60±6 (n = 97)	65±7 (n = 96)
Импактные	72±12 (n = 28)	27±12 (n = 35)	49±7 (n = 47)	59±16 (n = 48)
Фоновые:				
восточный	27±3 (n = 9)	55±13 (n = 33)	91±19 (n = 13)	52±8 (n = 15)
западный	58±14 (n = 8)	51±16 (n = 18)	48±7 (n = 15)	55±9 (n = 14)
северо-западный	36±3 (n = 8)	38±4 (n = 10)	32±5 (n = 12)	41±7 (n = 10)
южный	89±23 (n = 6)	79±11 (n = 9)	48±12 (n = 10)	96±12 (n = 9)

Примечание. ± — доверительный интервал.

За четыре сезона наблюдений отмечено, что суммарный поток соединений биогенных элементов на поверхность земли с твердыми атмосферными осадками постепенно увеличивался (табл. 4). Для севера Кольского полуострова характерна мозаичность выпадения соединений биогенных элементов из атмосферы без четко выраженных закономерностей. В южном и западном районах эти изменения за холодный сезон года происходили синхронно (табл. 4) и асинхронно с восточной частью региона. Наиболее равномерно соединения биогенных элементов за холодный сезон года поступают в западную часть полуострова. Отмечается внутрисезонная динамика поступления соединений биогенных элементов из атмосферы: так, в октябре, январе и мае суммарные значения потока соединений биогенных элементов из атмосферы не превышали 45 мкг/м² за снегопад, максимальное выпадение соединений биогенных элементов характерно для февральских снегопадов (табл. 5).

Таблица 5

Среднемесячные значения потока биогенных элементов с твердыми атмосферными осадками за снегопад на севере Кольского полуострова в холодные сезоны 2018–2022 гг.

Average monthly values of the flow of biogenic elements with solid atmospheric precipitation for snowfall, north of the Kola Peninsula, cold seasons 2018–2022

Месяц	Сумма биогенных соединений, мкг/м ²	Азот, мкгN/м ²		Фосфор фосфатный, мкгP/м ²	Кремний силикатов, мкгSi/м ²
		нитратный	нитритный		
Октябрь	33±7 (n = 30)	28±8 (n = 30)	1,07±0,28 (n = 28)	3,05±0,71 (n = 29)	5,58±0,36 (n = 27)
Ноябрь	57±11 (n = 42)	41±8 (n = 40)	1,32±0,20 (n = 38)	3,67±0,64 (n = 32)	6,72±0,93 (n = 32)
Декабрь	61±9 (n = 40)	60±9 (n = 38)	0,92±0,10 (n = 35)	1,18±0,31 (n = 23)	1,34±0,50 (n = 38)
Январь	34±8 (n = 61)	29±8 (n = 59)	0,50±0,08 (n = 57)	1,87±0,34 (n = 52)	4,36±0,67 (n = 52)
Февраль	72±7 (n = 60)	65±8 (n = 57)	0,28±0,04 (n = 54)	2,08±0,32 (n = 58)	6,83±0,43 (n = 59)
Март	57±7 (n = 59)	49±8 (n = 52)	0,50±0,09 (n = 52)	2,79±0,58 (n = 57)	4,64±0,42 (n = 57)
Апрель	62±13 (n = 43)	48±10 (n = 40)	0,71±0,13 (n = 40)	3,03±0,47 (n = 32)	6,68±0,52 (n = 36)
Май	30±3 (n = 22)	25±4 (n = 22)	0,96±0,32 (n = 22)	1,62±0,34 (n = 22)	6,28±0,5 (n = 22)

Остановимся на вертикальных потоках биогенных элементов на поверхность земли на севере Кольского полуострова в холодные сезоны 2018–2022 гг.

Азот нитратный. Поток азота нитратного с твердыми атмосферными осадками в регионе изменяется на два порядка — от 2 до 194 мкгN/м² за снегопад, в среднем — 46±3 мкгN/м² ($n = 338$). Максимальное выпадение азота нитратного в регионе происходило в южном районе (в среднем — 62±8 мкгN/м²), минимальное — в северо-западном (в среднем — 31±4 мкгN/м²) (рис. 6). Наибольшее количество азота нитратного поступает на поверхность земли севера Кольского полуострова в декабрьские и февральские снегопады (см. табл. 5). При этом установлено постепенное увеличение средних сезонных показателей потока с 2018/2019 гг. по 2021/2022 гг.

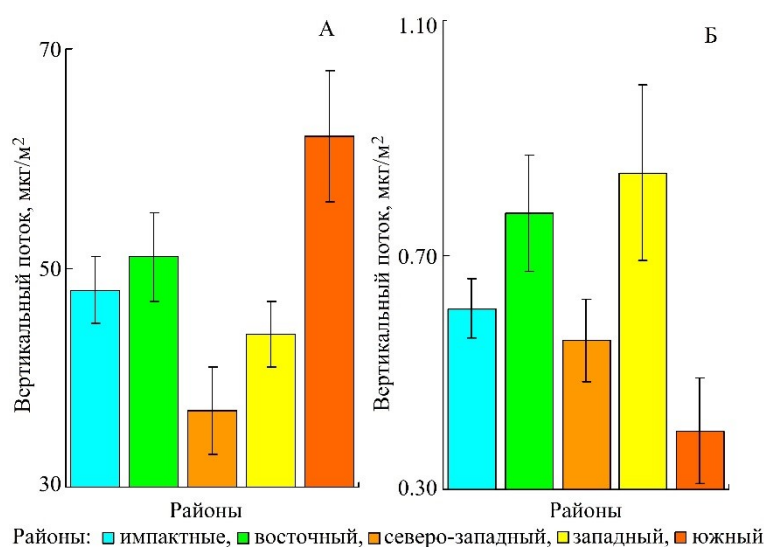


Рис. 6. Средние значения потока биогенного азота с твердыми атмосферными осадками на севере Кольского полуострова: А — азот нитратный, Б — азот нитритный

Fig. 6. Average values of biogenic nitrogen flux with solid atmospheric precipitation, northern Kola Peninsula: А — nitrate nitrogen, Б — nitrite nitrogen

В составе суммарного потока соединений биогенных элементов в регионе доля азота нитратного не опускается ниже 25 %, в среднем составляя 87±1 %. Минимальная среднемесячная доля азота нитратного характерна для январских снегопадов (82±3 %), максимальная — типична для снега, выпадающего в феврале (93±2 %). Выявлено, что в октябрьские, январские и майские снегопады поток азота нитратного в регионе не превышает 30 мкгN/м² за один снегопад (см. табл. 5). В течение холодного сезона года изменение значений потока азота нитратного аналогично изменению суммарного поступления соединений биогенных элементов (см. табл. 4), что свидетельствует о преобладающем вкладе азота нитратного в вертикальный поток биогенных элементов из атмосферы на поверхность земли на севере Кольского полуострова.

Азот нитритный. Поток азота нитритного из атмосферы за один снегопад в регионе изменялся от 0,02 до 5,5 мкгN/м², в среднем составляя 0,63±0,06 мкгN/м² ($n = 326$). Наибольшее количество азота нитритного поступало на поверхность земли западного и восточного районов (в среднем — 0,84±0,15 и 0,77±0,10 мкгN/м² соответственно), наименьшее — в южную часть региона (в среднем — 0,40±0,09 мкгN/м²) (см. рис. 6).

В целом поток азота нитритного с осадками в регионе — величина достаточно постоянная и мало изменяемая от одного холодного сезона года к следующему сезону (рис. 7А). В составе потока соединений биогенных элементов средневзвешенная доля азота нитритного самая небольшая из всех изученных соединений (в среднем — 2,6±0,3 %), но в отдельные снегопады она может достигать 25 %. В течение холодного сезона года поступление азота нитритного на поверхность земли закономерно повторяется от одного сезона к другому. Так, в регионе от снегопадов в начале холодного сезона года до снегопадов в феврале количество выпадающего на поверхность земли азота нитритного снижается,

а затем плавно увеличивается (см. табл. 5), при этом для январских и февральских снегопадов характерна минимально низкая (в составе соединений биогенных элементов) доля азота нитритного ($< 0,1\%$), особенно это типично для южной части полуострова.

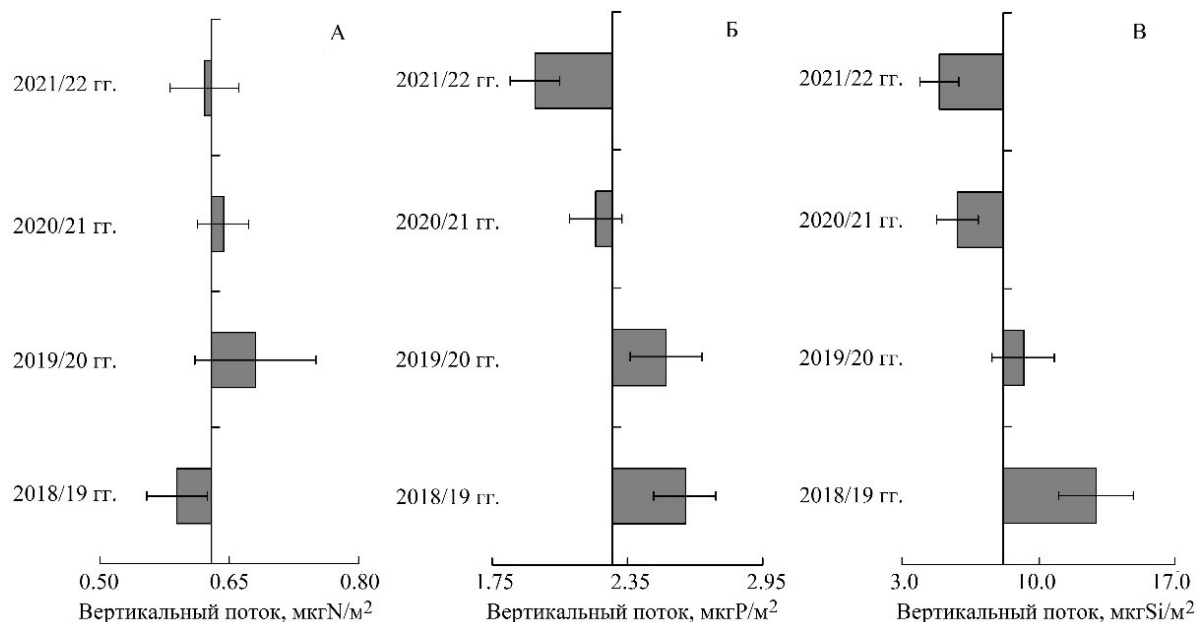


Рис. 7. Средние сезонные значения потока биогенных соединений с твердыми атмосферными осадками на севере Кольского полуострова в 2018–2022 гг.:

А — азот нитритный, Б — фосфор фосфатный, В — кремний силикатов

Fig. 7. Average seasonal fluxes of biogenic compounds with solid atmospheric precipitation, northern Kola Peninsula, 2018–2022: А — nitrite nitrogen, Б — phosphate phosphorus, В — silicate silicon

Фосфор фосфатный. Поток фосфора фосфатного из атмосферы в регион за время проведения работ изменялся в 20 раз — от $0,12$ до $21,9 \text{ мкгP}/\text{м}^2$ за снегопад, в среднем составляя $2,32 \pm 0,20 \text{ мкгP}/\text{м}^2$ ($n = 305$). Для западной части территории типично поступление большого количества фосфора фосфатного (западный район — $2,85 \pm 0,21 \text{ мкгP}/\text{м}^2$, северо-западный район — $2,58 \pm 0,17 \text{ мкгP}/\text{м}^2$), минимальное — для восточной ($2,11 \pm 0,13 \text{ мкгP}/\text{м}^2$) и южной ($2,25 \pm 0,20 \text{ мкгP}/\text{м}^2$) части региона (рис. 8А). В течение холодных сезонов 2018–2022 гг. поток фосфора фосфатного на поверхность земли из атмосферы уменьшался от сезона 2018/2019 гг. до сезона 2021/2022 гг. (рис. 8Б). В составе выпадающих на поверхность земли соединений биогенных элементов его средневзвешенная доля составляет $8 \pm 1\%$ (в отдельные снегопады более 90%). Минимальная доля фосфора фосфатного в выпадающем снеге характерна для декабрьских и февральских снегопадов — менее 1% .

Максимальное количество фосфора фосфатного поступает на поверхность земли севера Кольского полуострова в начале холодного сезона года (октябрьские и ноябрьские снегопады) и ближе к его концу (мартовские и апрельские снегопады, табл. 5). Для декабрьских снегопадов характерно выпадение на поверхность земли минимального количества фосфора фосфатного. С декабря по апрель его поступление на поверхность земли постепенно увеличивается. Для майских снегопадов типично резкое сокращение атмосферной поставки фосфора фосфатного (см. табл. 5). Достоверных факторов, которые определяют данную закономерность, установить не удалось, так как метеорологическая ситуация (температура воздуха, количество атмосферных осадков, скорость и направление переноса воздушных масс) от одного холодного сезона года к другому изменялась, а закономерность сохранялась.

Кремний силикатов. Поток кремния силикатов из атмосферы в регионе изменяется на три порядка — от $0,29$ до $105,3 \text{ мкгSi}/\text{м}^2$ за снегопад, в среднем составляя $7,78 \pm 1,12 \text{ мкгSi}/\text{м}^2$ ($n = 323$). Максимальные значения вертикального потока кремния силикатов характерны для импактных районов

(в среднем — $10,45 \pm 0,74$ мкгSi/м²) и для южной части региона (в среднем — $10,14 \pm 0,70$ мкгSi/м²). Наименьшее количество кремния силикатов поступает на поверхность земли в восточной части региона (в среднем — $4,70 \pm 0,61$ мкгSi/м²) (рис. 8Б). В целом на севере Кольского полуострова, начиная с январских снегопадов в холодный сезон 2018/2019 гг. и до сезона 2021/2022 гг. (окончание исследований), поступление кремния силикатов на поверхность земли уменьшалось (рис. 8Б).

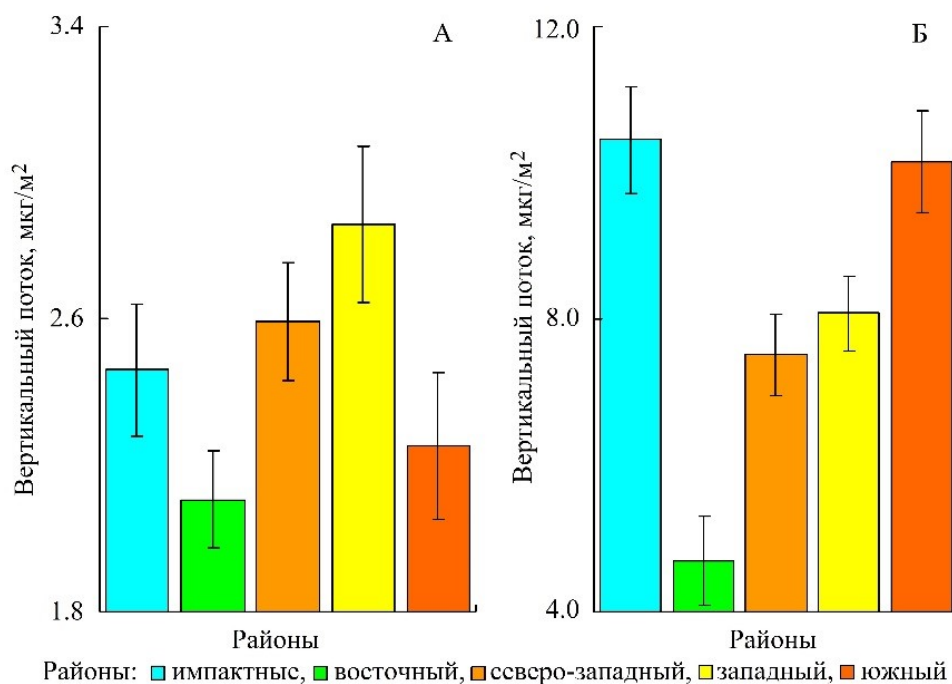


Рис. 8. Средние значения потока биогенного фосфора и кремния с твердыми атмосферными осадками на севере Кольского полуострова: А — фосфор фосфатный, Б — кремний силикатов

Fig. 8. Average values of biogenic phosphorus and silicon flux with solid atmospheric precipitation, northern Kola Peninsula: А — phosphate phosphorus, Б — silicate silicon

В составе потока соединений биогенных элементов доля кремния силикатов в среднем составляла 27 ± 2 % ($n = 323$), его максимальная доля (до 60 %) характерна для апрельских снегопадов по всему северу Кольского полуострова. На востоке региона доля кремния силикатов в составе биогенных элементов по сравнению с другими районами всегда небольшая (менее 20 %). В течение холодного сезона года среднемесячные значения вертикального потока кремния силикатов на поверхность земли по всему северу Кольского полуострова сопоставимы. Только в декабрьские снегопады поступление кремния силикатов резко снижается и также резко увеличивается в январские снегопады (см. табл. 5).

Следует отметить, что на севере Кольского полуострова в составе потока соединений биогенных элементов преобладают минеральные формы азота (особенно азот нитратный) и лишь в отдельные снегопады поступление на поверхность земли минеральных форм фосфора и кремния превышает суммарное выпадение соединений азота. Изменение общего количества соединений биогенных элементов, поступающих на поверхность земли региона из атмосферы, в целом происходит в двух направлениях: 1) от береговой линии моря вглубь Кольского полуострова, 2) с северо-запада на юго-восток (рис. 9). В обоих направлениях наблюдается увеличение количества соединений биогенных элементов, поступающих с твердыми атмосферными осадками, что, с большой долей вероятности, связано с увеличением поступления азота нитратного на поверхность земли севера Кольского полуострова.

Исходя из эмпирических данных и известного количества снегопадов на севере Кольского полуострова (табл. 6), можем выполнить оценку объема биогенных элементов (и каждого элемента в отдельности), поступающих из атмосферы на поверхность земли с твердыми атмосферными осадками.

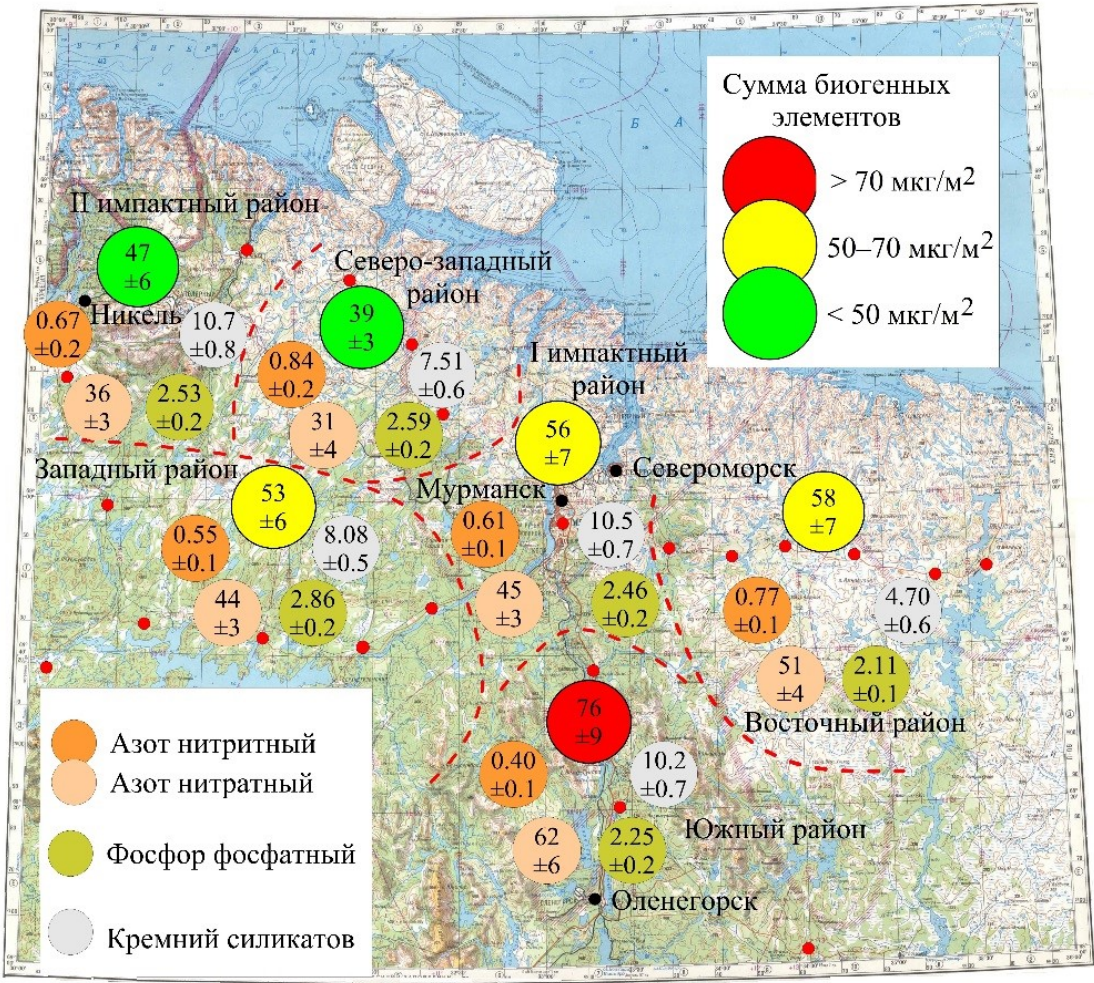


Рис. 9. Карта-схема распределения среднееголетних значений вертикального потока биогенных элементов на севере Кольского полуострова в 2018–2022 гг.
Fig. 9. Map-scheme of distribution of average long-term values of vertical flux of biogenic elements in the north of the Kola Peninsula, 2018–2022

Таблица 6

Количество снегопадов на севере Кольского полуострова в 2018–2022 гг.
Amount of snowfall in the north of the Kola Peninsula, 2018–2022

Месяц	Фоновые районы				Импактные районы
	северо-западный	западный	южный	восточный	
Октябрь	8–15 (13±1)	5–16 (12±3)	10–13 (12±1)	9–16 (14±2)	5–16 (12±1)
Ноябрь	10–14 (13±1)	9–12 (11±1)	11–15 (13±1)	10–18 (14±2)	9–18 (13±1)
Декабрь	9–20 (15±2)	9–18 (12±2)	10–19 (15±2)	9–23 (17±3)	7–23 (15±2)
Январь	11–22 (16±2)	9–21 (14±3)	9–20 (15±3)	16–23 (20±2)	9–23 (17±3)
Февраль	11–18 (14±1)	9–19 (12±3)	11–17 (14±1)	14–20 (18±1)	6–20 (15±2)
Март	10–19 (14±2)	8–17 (11±2)	10–17 (15±2)	14–21 (17±2)	7–21 (14±2)
Апрель	6–14 (10±1)	3–12 (8±2)	4–11 (8±2)	12–18 (15±2)	3–18 (11±2)
Май	7–12 (10±1)	6–13 (11±2)	6–12 (9±1)	8–13 (10±1)	6–13 (10±1)

Примечание. Цифры без скобок — диапазон снегопадов, в скобках указано среднее значение.

Приведенные выше эмпирические данные показывают, что за холодный сезон года на 1 км^2 исследованной территории севера Кольского полуострова поступает от 10 до 45 кг соединений биогенных элементов (в среднем — $24,7 \pm 2,8 \text{ кг}$, $n = 357$). Учитывая расстояние между станциями наблюдений (радиус автокорреляции — 15–30 км) и протяженность исследованной территории, можно провести оценку поступления соединений биогенных элементов за холодный сезон в каждом районе региона. Так, за холодный сезон года в восточный район в среднем поступает $35 \pm 3 \text{ т}$ соединений биогенных элементов ($30 \pm 2 \text{ т}$ — соединения азота, $1,5 \pm 0,1 \text{ т}$ — соединения фосфора и $3,0 \pm 0,8 \text{ т}$ — соединения кремния), в западный — $30 \pm 3 \text{ т}$ соединений биогенных элементов ($24 \pm 2 \text{ т}$ — соединения азота, $1,5 \pm 0,1 \text{ т}$ — соединения фосфора и $4,5 \pm 0,6 \text{ т}$ — соединения кремния), в южный — $28 \pm 4 \text{ т}$ ($23 \pm 3 \text{ т}$ — соединения азота, $0,9 \pm 0,1 \text{ т}$ — соединения фосфора и $4,0 \pm 0,9 \text{ т}$ — соединения кремния), в северо-западный — $16 \pm 1 \text{ т}$ ($13 \pm 2 \text{ т}$ — соединения азота, $1,0 \pm 0,1 \text{ т}$ — соединения фосфора и $3,0 \pm 0,3 \text{ т}$ — соединения кремния). Таким образом, северо-западный район характеризуется самыми низкими показателями на севере Кольского полуострова.

Поступление соединений биогенных элементов в первый импактный район (г. Мурманск и его окрестности) за холодный сезон года можно оценить в $16 \pm 2 \text{ т}$ ($12 \pm 3 \text{ т}$ — соединения азота, $0,7 \pm 0,1 \text{ т}$ — соединения фосфора и $3,0 \pm 0,6 \text{ т}$ — соединения кремния). Во второй импактный район поступает меньше соединений биогенных элементов — в среднем $13 \pm 1 \text{ т}$ ($10 \pm 2 \text{ т}$ — соединения азота, $0,7 \pm 0,1 \text{ т}$ — соединения фосфора и $3,0 \pm 0,6 \text{ т}$ — соединения кремния). Суммарное поступление соединений фосфора и кремния в обоих импактных районах идентичное.

Следовательно, с большой долей вероятности можно утверждать, что за холодный сезон года на изученную часть севера Кольского полуострова с твердыми атмосферными осадками выпадает 100–120 т азота нитратного, 20–21 т кремния силикатов, 6–7 т фосфора фосфатного и менее 1 т азота нитритного. Несомненно, что в весеннее снеготаяние эти биогенные соединения с талыми водами поступают в почву и внутренние водоемы (ручьи, реки, озера и болота), оказывая значительное влияние на химический состав всех поверхностных, трещинных, а также грунтовых вод [Лозовик, Потапова, 2006; Потапова, 2011].

Необходимо отметить, что данные о потоках биогенных элементов с твердыми атмосферными осадками на поверхность земли на севере Кольского полуострова получены впервые.

Итак, суммарный поток соединений биогенных элементов со свежеснегоснегом в среднем за снегопад составляет $51 \pm 8 \text{ мкг/м}^2$, азота нитратного — $46 \pm 3 \text{ мкгN/м}^2$, азота нитритного — $0,63 \pm 0,06 \text{ мкгN/м}^2$, фосфора фосфатного — $2,32 \pm 0,20 \text{ мкгP/м}^2$, кремния силикатов — $7,78 \pm 1,12 \text{ мкгSi/м}^2$. За холодный сезон года среднееголетнее поступление соединений биогенных элементов на поверхность земли севера Кольского полуострова в среднем соответствует $24,7 \pm 2,8 \text{ кг/км}^2$, что дает основание оценить общее поступление соединений биогенных элементов в регион в 125–150 т.

Следует отметить, что в твердых атмосферных осадках на севере Кольского полуострова в южном и юго-восточном направлении наблюдается увеличение количества азота нитратного, которое оказывает влияние на суммарное количество соединений биогенных элементов, в этом же направлении снижается содержание кремния силикатов (см. рис. 3), а в юго-западном — отмечается снижение содержания фосфора фосфатного. При удалении от береговой линии моря в целом наблюдается увеличение суммарного количества соединений биогенных элементов (связано с изменением их состава), увеличивается доля азота нитратного, а доля других биогенных элементов снижается.

Заключение

Подводя итог исследованию, выделим главное.

Концентрации соединений биогенных элементов в составе выпадающего на севере Кольского полуострова снега сопоставимы с их содержанием в твердых атмосферных осадках и снежном покрове Карелии и Архангельской области [Лозовик, Потапова, 2006; Потапова, 2011; Шевченко и др., 2021]. В составе биогенных соединений резко преобладают минеральные формы азота (особенно азот нитратный), и лишь в отдельные снегопады содержание минеральных форм кремния и фосфора больше, чем суммарное содержание соединений азота.

Большой объем фактического материала позволяет рассматривать выявленные концентрации биогенных элементов в выпадающем снеге как фоновые для севера Кольского полуострова. Для азота нитратного фоновый диапазон в 1 л талой снеговой воды составляет 300–450 мкгN, для азота нитритного — 3–5 мкгN/л, для фосфора фосфатного — 10–17 мкгN/л, для кремния силикатов — 18–27 мкгN/л.

Для севера Кольского полуострова характерна мозаичность выпадения соединений биогенных элементов из атмосферы без четко выраженных закономерностей. Выявлена внутрисезонная динамика их поступления из атмосферы. Так, в октябре, январе и мае суммарные значения потока соединений биогенных элементов небольшие и не превышают 45 мкг/м² за снегопад. В декабрьские, февральские и апрельские снегопады выпадает повышенное количество биогенных элементов.

Изменение общего количества соединений биогенных элементов, поступающих на поверхность земли региона из атмосферы, в целом происходит в двух направлениях: 1) от береговой линии моря вглубь Кольского полуострова, 2) с северо-запада на юго-восток (см. рис. 9). В обоих направлениях наблюдается увеличение количества соединений биогенных элементов, поступающих с твердыми атмосферными осадками, что, с большой долей вероятности, связано с увеличением поступления азота нитратного на поверхность земли.

Необходимо отметить, что данные о потоках биогенных элементов с твердыми атмосферными осадками на поверхность земли на севере Кольского полуострова получены впервые.

Суммарный поток соединений биогенных элементов со свежеснегоснегом в среднем за снегопад составляет 51±8 мкг/м², азота нитратного — 46±3 мкгN/м², азота нитритного — 0,63±0,06 мкгN/м², фосфора фосфатного — 2,32±0,20 мкгP/м², кремния силикатов — 7,78±1,12 мкгSi/м².

За холодный сезон года на 1 км² севера Кольского полуострова поступает от 10 до 45 кг соединений биогенных элементов. Мозаичность их выпадения отчетливо проявляется при площадном анализе полученных данных. В восточный район за холодный сезон поступает 35±3 т соединений биогенных элементов, в западный — 30±3 т, в южный — 28±4 т, в северо-западный — 16±1 т. Поступление соединений биогенных элементов в первый импактный район оценивается в 16±2 т, во второй импактный район поступает 13±1 т.

С большой долей вероятности можно утверждать, что за холодный сезон года на изученную часть севера Кольского полуострова с твердыми атмосферными осадками выпадает 100–120 т азота нитратного, 20–21 т кремния силикатов, 6–7 т фосфора фосфатного и менее 1 т азота нитритного. Несомненно, что в весеннее снеготаяние эти биогенные соединения с талыми водами поступают в почву и внутренние водоемы (ручьи, реки, озера и болота), оказывая значительное влияние на химический состав всех поверхностных, трещинных, а также грунтовых вод [Лозовик, Потапова, 2006; Потапова, 2011]. При удалении от береговой линии моря в целом наблюдается рост суммарного количества соединений биогенных элементов (связано с изменением их состава), увеличивается доля азота нитратного, а доля других элементов снижается.

Список источников

- Болтенко Е. Л., Евсеев А. В., Корзун А. В., Сухова Т. Г. Химический состав снежного покрова, как показатель загрязнения на Кольском полуострове // Вестн. Моск. гос. ун-та. Сер. 5. География. 1991. № 5. С. 60–64.
- Виноградова А. А., Полисар А. В. Элементный состав аэрозоля в атмосфере центральной части российской Арктики // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 1995. Т. 32. С. 264–274.
- Лозовик П. А., Потапова И. Ю. Поступление химических веществ с атмосферными осадками на территорию Карелии // Водные ресурсы. 2006. Т. 33, № 1. С. 111–118.
- Митяев М. В., Герасимова М. В., Рыжик И. В., Ишкулова Т. Г. Нерастворимые фракции аэрозолей и тяжелых металлов в свежеснегоснеге на северо-западе Кольского полуострова в 2018 г. // Лед и снег. 2019. Т. 59, № 3. С. 307–318. doi:10.15356/2076-6734-2019-3-386
- Митяев М. В. Мурманское побережье (геолого-геоморфологические и климатические особенности, современные геологические процессы). Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2014. 226 с.
- Потапова И. Ю. Роль атмосферных осадков в формировании химического состава поверхностных вод Карелии // Тр. КарНЦ РАН. 2011. № 4. С. 134–137.
- Шевченко В. П., Белоруков С. К., Булохов А. В., Коробов В. Б., Лохов А. С., Стародымова Д. П., Чульцова А. Л., Яковлев А. Е. Геохимические особенности снежного покрова водосборов Онежского, Двинского и Мезенского

заливов Белого моря в феврале-марте 2020 г. // LXXIV Герценовские чтения. География: развитие науки и образования: материалы ежегодной Междунар. науч.-практ. конф., 21–23 апреля 2021 г.: в 2 т. СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена. 2021. Т. I. С. 196–200.

Шевченко В. П., Лисицын А. П., Виноградова А. А., Куценогий К. П., Смирнов В. В., Штайн Р. Аэрозоли Арктики и их влияние на окружающую среду // Аэрозоли Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2006. С. 148–184.

Шевченко В. П., Лисицын А. П., Штайн Р., Горюнова Н. В., Ключиткин А. А., Кравчишина М. Д., Кривс М., Новигацкий А. Н., Соколов В. Т., Филиппов А. С., Хаас Х. Распределение и состав нерастворимых частиц в снеге Арктики // Проблемы Арктики и Антарктики. 2007. № 75. С. 106–118.

Руководство по химическому анализу морских вод. Л.: Гидрометеиздат, 1993. 264 с.

Руководство по химическому анализу морских и пресных вод при экологическом мониторинге рыбохозяйственных водоемов и перспективных для промысла районов Мирового океана / под ред. В. В. Сапожникова. М.: Изд-во ВНИРО, 2003. 202 с.

Система Черного моря. М.: Науч. мир, 2018. 808 с.

Современные методы гидрохимических исследований океана. М.: Изд. ИО АН СССР, 1992. 199 с.

Шевченко В. П. Влияние аэрозолей на среду и морское осадконакопление в Арктике. М.: Наука, 2006. 226 с.

Darby D. A., Naidu A. S., Mowatt T. C., Jones G. Sediment composition and sedimentary processes in the Arctic Ocean // The Arctic seas — climatology, oceanography, geology and biology / ed. Y. Herman. New-York, 1989. P. 657–720.

Duce R. A., Liss P. S., Merrill J. T., Atlas E. L., Buat-Menard P., Hicks B. B., Miller J. M., Prospero J. M., Arimoto R., Church T. M., Ellis W., Gollovay J. N., Hansen L., Jickells T. D., Knap A. H., Reinhard K. H., Schneider B., Soudine A., Tokos J. J., Tsunogai S., Wollast R., Zhou M. The atmospheric input of the trace species to the World Ocean // Global Biogeochem. Cycles. 1991. Vol. 5, No. 3. P. 193–259.

Viklander M. Substances in urban snow. A comparison of the contamination of snow in different parts of the city of Lulee, Sweden // Water, Air, Soil Pollut. 1999. Vol. 114. P. 377–394.

References

Boltenko E. L., Evseev A. V., Korzun A. V., Sukhova T. G. Himicheskiy sostav snezhnogo pokrova, kak pokazatel' zagryazneniya na Kol'skom poluostrove [Chemical composition of snow cover as an indicator of pollution on the Kola Peninsula]. *Vestnik Moskovskogo universiteta, Seriya 5, Geografiya* [Vestnik Moscow State University. Seriya 5. Geography], 1991, No. 5, pp. 60–64. (In Russ.).

Darby D. A., Naidu A. S., Mowatt T. C., Jones G. Sediment composition and sedimentary processes in the Arctic Ocean. The Arctic Seas — Climatology, Oceanography, Geology and Biology. New York, 1989, pp. 657–720.

Duce R. A., Liss P. S., Merrill J. T., Atlas E. L., Buat-Menard P., Hicks B. B., Miller J. M., Prospero J. M., Arimoto R., Church T. M., Ellis W., Gollovay J. N., Hansen L., Jickells T. D., Knap A. H., Reinhard K. H., Schneider B., Soudine A., Tokos J. J., Tsunogai S., Wollast R., Zhou M. The atmospheric input of the trace species to the World Ocean. *Global Biogeochem. Cycles*, 1991, Vol. 5, No. 3, pp. 193–259.

Lozovik P. A., Potapova I. Yu. Postuplenie himicheskikh veshchestv s atmosferynymi osadkami na territoriyu Karelii [The supply of chemicals from atmospheric precipitation to the territory of Karelia]. *Vodnye resursy* [Water resources], 2006, Vol. 33, No. 1, pp. 111–118. (In Russ.).

Mityaev M. V., Gerasimova M. V., Ryzhik I. V., Ishkulova T. G. Nerastvorimye fraktsii aerorozley i tyazhyolykh metallov v svezhevypavshem snege na severo-zapade Kol'skogo poluostrova v 2018 gody [Insoluble fractions of aerosols and heavy metals in freshly fallen snow in the north-west of the Kola Peninsula in 2018]. *Led i sneg* [Ice and snow], 2019, Vol. 59, No. 3, pp. 307–318. doi:10.15356/2076-6734-2019-3-386 (In Russ.).

Mityaev M. V. *Murmanskoe poberezh'e (geologo-geomorfologicheskie i klimaticheskie osobennosti, sovremennyye geologicheskiye processy)* [Murmansk coast (geological, geomorphological and climatic features, modern geological processes)]. Apatity, Publ. KSC RAS, 2014, 226 p. (In Russ.).

Potapova I. Yu. Rol' atmosferynykh osadkov v formirovaniy khimicheskogo sostava poverkhnostnykh vod Karelii [The role of atmospheric precipitation in the formation of the chemical composition of Karelian surface waters]. *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN* [Transactions of the Karelian Science Centre of RAS], 2011, No. 4, pp. 134–137. (In Russ.).

Rukovodstvo po khimicheskoy analizu morskikh vod [Rukovodstvo according to khimicheskoy analysis morskikh vod]. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1993, 264 p.

Rukovodstvo po khimicheskoy analizu morskikh i presnykh vod pri ekologicheskoy monitoringe rybnokhozyaystvennykh vodoemov i perspektivnykh dlya promysla rayonov Mirovogo okeana [Guidelines for the chemical analysis of marine and fresh waters in the environmental monitoring of fisheries reservoirs and areas of the World Ocean promising for fishing]. Moscow, Publ. VNIRO, 2003, 202 p.

- Shevchenko V. P. Vliyaniye aerorozley na sredu i morskoe osadkonakopleniye v Arktike* [The effect of aerosols on the environment and marine sedimentation in the Arctic]. Moscow, Nauka, 2006. 226 p.
- Shevchenko V. P., Lisitsyn A. P., Vinogradova A. A., Kutsenogiy K. P., Smirnov V. V., Shtayn R. Aerorozli Arktiki i ikh vliyaniye na okruzhayushchuyu sredu* [Arctic aerosols and their impact on the environment]. *Aerorozli Sibiri* [Aerosols of Siberia]. Novosibirsk, Publ. SO RAN, 2006, pp. 148–184. (In Russ.).
- Shevchenko V. P., Lisitsyn A. P., Shtayn R., Goryunova N. V., Klyuvitkin A. A., Kravchishina M. D., Krivs M., Novigatskiy A. N., Sokolov V. T., Filippov A. S., Haas H. Raspredeleniye i sostav nerastvorimykh chastits v snege Arktiki* [Distribution and composition of insoluble particles in Arctic snow]. *Problemy Arktiki i Antarktiki* [Problems of the Arctic and Antarctic], 2007, No. 75, pp. 106–118. (In Russ.).
- Shevchenko V. P., Belorukov S. K., Bulohov A. V., Korobov V. B., Lohov A. S., Starodymova D. P., Chul'cova A. L., Yakovlev A. E. Geokhimicheskie osobennosti snezhnogo pokrova vodo-sborov Onezhskogo, Dvinskogo i Mezenskogo zalivov Belogo morya v fevrale-marte 2020 g.* [Geochemical features of the snow cover of the catchments of the Onega, Dvinsky and Mezen bays of the White Sea in February-March 2020]. *LXXIV Gercenovskie chteniya. Geografiya: razvitiye nauki i obrazovaniya: Materialy ezhegodnoy Mezhdynarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, 21–23 aprelya 2021 goda* [LXXIV Herzen readings. Geography: development of science and education: Proceeding annual international scientific and practical conference, April 21–23, 2021]. Saint-Petersburg, Publ. Russian State Pedagogical University named after A.I. Herzen, 2021, Vol. I, pp. 196–200. (In Russ.).
- Sistema Chernogo morya* [The Black Sea system]. Moscow, Scientific World, 2018. 808 p.
- Sovremennyye metody gidrokhimicheskikh issledovaniy okeana* [Modern methods of hydrochemical ocean research]. Moscow, Publ. of the Institute of Oceanology of the USSR Academy of Sciences, 1992, 199 p.
- Viklander M. Substances in urban snow. A comparison of the contamination of snow in different parts of the city of Lulee, Sweden. Water, Air, Soil Pollut.*, 1999, Vol. 114, pp. 377–394.
- Vinogradova A. A., Polissar A. V. Elementnyy sostav aerorozly v atmosfere tsentral'noy chasti rossiyskoy Arktiki* [The elemental composition of aerosol in the atmosphere of the central part of the Russian Arctic]. *Izvestiya RAN. Seriya: Fizika atmosfery i okeana* [Izvestiya RAS. Physics of the atmosphere and ocean], 1995, Vol. 32, pp. 264–274. (In Russ.).

Информация об авторах

М. В. Митяев — кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник;
М. В. Герасимова — кандидат географических наук, старший научный сотрудник;
Е. И. Дружкова — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник;
Т. Г. Ишкулова — научный сотрудник.

Information about the authors

M. V. Mityaev — PhD (Geology and Mineralogy), Senior Researcher;
M. V. Gerasimova — PhD (Geography), Senior Researcher;
E. I. Druzhkova — PhD (Biology), Leading Researcher;
T. G. Ishkulova — Researcher.

Статья поступила в редакцию 23.03.2026; одобрена после рецензирования 04.05.2026; принята к публикации 25.05.2026.
The article was submitted 23.03.2026; approved after reviewing 04.05.2026; accepted for publication 25.05.2026.

Научная статья
УДК 502.05+504.73+502.5 (470.21)
doi:10.37614/2949-1185.2026.5.3.004

ДОПОЛНЕНИЕ К ФЛОРЕ МХОВ ОСТРОВА РЯЖКОВ (КАНДАЛАКШСКИЙ ЗАЛИВ, БЕЛОЕ МОРЕ)

Михаил Николаевич Кожин^{1,2}, Наталия Геннадьевна Панарина²

¹Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина КНЦ РАН, Апатиты, Россия

²Кандалакшский государственный природный заповедник, Кандалакша, Россия

^{1,2}m.kozhin@ksc.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0153-0287>

²ngpanarina@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0001-6654-1710>

Аннотация

Бриофлора острова Рязжков (408 га) дополнена 9 новыми видами мхов (*Anomodon viticulosus*, *Dicranum leioneuron*, *D. septentrionale*, *Drepanocladus polygamus*, *Fissidens adianthoides*, *Pseudoleskeella papillosa*, *Scorpidium cossonii*, *Sphagnum fimbriatum*, *S. subfulvum*), первый из которых включен в Красную книгу Мурманской области [2025]. Общее число видов достигло 148 (53 % бриофлоры заповедника, 31 % Мурманской обл.). *Anomodon viticulosus*, *Fissidens adianthoides*, *Scorpidium cossonii* приурочены к скальным жилам с известьсодержащими породами и местам разгрузки грунтовых вод. Рязжков является наиболее полно изученным малым островом Белого моря (менее 500 га). Рекомендуется охрана скальных и заболоченных местообитаний при обустройстве туристических троп и развитии научной базы.

Ключевые слова:

редкие виды, флористические исследования, мхи, островные флоры, Красная книга, охрана природы

Благодарности

Аналитическая часть исследований выполнена за счет гранта Российского научного фонда № 24-14-20006 «Выявление центров концентрации фиторазнообразия как инструмент территориальной охраны природы Мурманской области». Авторы благодарят О. А. Белкину за проверку идентификации *Anomodon viticulosus*.

Для цитирования:

Кожин М. Н., Панарина Н. Г. Дополнение к флоре мхов острова Рязжков (Кандалакшский залив, Белое море) // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Естественные и гуманитарные науки. 2026. Т. 5, № 3. С. 58–65. doi:10.37614/2949-1185.2026.5.3.004

Original article

AN ADDITION TO MOSS FLORA OF RYAZHKOV ISLAND, THE KANDALAKSHA GULF, THE WHITE SEA

Mikhail N. Kozhin^{1,2}, Nataliya G. Panarina²

¹Polar-Alpine Botanical Garden-Institute of of Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences, Apatity, Russia

²Kandalaksha State Nature Reserve, Kandalaksha, Russia

^{1,2}m.kozhin@ksc.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0153-0287>

²ngpanarina@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0001-6654-1710>

Abstract

The bryoflora of Ryazhkov Island (408 ha) has been supplemented by 9 new moss species (*Anomodon viticulosus*, *Dicranum leioneuron*, *D. septentrionale*, *Drepanocladus polygamus*, *Fissidens adianthoides*, *Pseudoleskeella papillosa*, *Scorpidium cossonii*, *Sphagnum fimbriatum*, *S. subfulvum*), the first of which is included in the Red Data Book of Murmansk Region [2025]. The number of species reached 148 (53 % of the reserve's bryoflora, 31 % of Murmansk Region). *Anomodon viticulosus*, *Fissidens adianthoides*, and *Scorpidium cossonii* are confined to rocky calcite veins and groundwater discharge sites. Currently, Ryazhkov is the most comprehensively studied small White Sea island (< 500 ha). Protection of rocky and wetland habitats is recommended during the development of tourist trails and scientific base infrastructure.

Keywords:

rare species, floristic studies, mosses, island flora, Red Data Book, nature conservation

Acknowledgments

Analytical work was carried with the support of the grant of the Russian Science Foundation No. 24-14-20006, <https://rscf.ru/project/24-14-20006/>. The authors thank Olga Belkina for verification of *Anomodon viticulosus*.

For citation:

Kozhin M. N., Panarina N. G. An addition to moss flora of Ryazhkov Island, the Kandalaksha Gulf, the White Sea // Transactions of the Kola Science Centre of RAS. Series: Natural Sciences and Humanities. 2026. Vol. 5, No. 3. P. 58–65. doi:10.37614/2949-1185.2026.5.3.004

Введение

Флора островов Кандалакшского залива Белого моря привлекает внимание ботаников уже более века [Sennikov, Kozhin, 2018]. Планомерные исследования растительного покрова островов, как и широко известных колоний морских птиц, были связаны с организацией Кандалакшского заповедника в 1932 г. В 1960-х гг. на его территории проходила практика студентов биологического факультета МГУ. Н. Е. Богданова обследовала на предмет разнообразия мхов в 1962 г. Кемь-Лудский архипелаг [Богданова, 1969], а в 1963 г. — восточную и западную части острова Великого, расположенного также близ Карельского берега Кандалакшского залива [Богданова, 1981]. Представленные списки были предварительными и не отличались полнотой выявления. Первая информация о разнообразии мхов заповедных островов вершины Кандалакшского залива была получена в ходе выполнения геоботанических исследований и подготовки общей характеристики растительности островов Северного архипелага в 1963–1965 гг. На их основании И. П. Бреслина [1965] подготовила небольшую заметку «О сфагновых мхах Кандалакшских шхер», где приводится информация о распространении и экологической приуроченности их к местным условиям.

Планомерное исследование мхов Кандалакшского заповедника было выполнено О. А. Белкиной и А. Ю. Лихачевым. На основании экспедиционных исследований 1988–1994 гг. составлен аннотированный список видов мхов заповедника [Белкина, Лихачев, 1997а], а также проведен его разносторонний анализ [Белкина, Лихачев, 1999]. Исследованиями были охвачены Турий мыс, острова Кемь-Лудского архипелага, остров Великий, Порья губа, острова Ряжков и Олений. Особого внимания заслуживают материалы по острову Ряжков [Белкина, Лихачев, 1997б], поскольку долгое время это была единственная исследованная бриофлора относительно небольшого острова в Кандалакшском заливе. Она была основана на материалах полевых исследований авторов 1988 г. и сборов других коллекторов (части материалов И. П. Бреслиной, Б. Н. Головкина и Н. С. Парфентьевой). Авторами, помимо конспекта, приведено обсуждение местообитаний и причин степени распространенности, редкости или отсутствия ряда видов мохообразных в связи со слабо развитой гидрографической сетью на острове. С момента подготовки публикации прошло уже более 20 лет. В связи с вышеизложенным, целью данного сообщения является дополнение и уточнение списка мхов острова Ряжков как на основании новых полевых материалов, так и данных литературы.

Район исследования

Остров Ряжков (67°01' с.ш. 32°33' в.д.) находится в Кандалакшском заливе Белого моря, на территории Кандалакшского муниципального округа Мурманской области, является самым крупным по площади (408,36 га) среди островов Северного архипелага и располагается в 900 м от Карельского берега. Длина острова составляет 3,6 км, ширина — 1,46 км, образовался, как и все острова Кандалакшского залива, в результате подъема суши: после схода четвертичных оледенений наблюдается постоянное неотектоническое и гляциоизостатическое поднятие [Колька и др., 2012]. Он вытянут с северо-запада на юго-восток и состоит из двух частей, которые в прошлом были отдельными островами и позже соединились. Береговая линия острова изрезана слабо, западный берег пологий, восточный крутой. Восточная часть острова представлена вытянутой скальной грядой высотой 56,8 м и скальным куполом высотой 74,1 м. Западная часть острова также представлена скальной грядой, которая постепенно поднимается с северо-запада на юго-восток. Вершинная поверхность западной части достигает высоты 70,1 м. Остров Ряжков сложен черно-зелеными габбро-амфиболитами и в разной степени амфиболизированными габбро, габбро-норитами, иногда пироксенитами. На острове также представлены интрузии и дайки габброидов с секущими контактами, которые сформировались в результате частичного магматического плавления [Шуркин, Ефимов, 1985]. На юго-восточном побережье среди темных гранатовых гнейсов обнажаются пегматитовые образования [Белянкин, Куплетский, 1924]. Местами на дневную поверхность выходят кальцитовые жилы. Западная и восточная части острова разделены межгрядной заболоченной котловиной. В центральной ее части расположено озеро, окруженное болотом, которое тянется по ложбине вдоль всего острова.

Основная часть острова покрыта северотаежными лесами. Наибольшая площадь занята сосновыми кустарничковыми и скальными лишайниковыми лесами. Еловые леса занимают небольшие площади и приурочены к западной периферии обширной ложбины. Мелколиственные леса на острове развиты слабо и представлены березняками в юго-западной, южной и северной приморских частях острова. Болота располагаются в межгрядной котловине на протяжении всего острова, а также в обширных заболоченных скальных депрессиях. Растительный покров острова в целом можно охарактеризовать как мозаичный и довольно разнообразный.

Материалы и методы

Материалом для работы послужили результаты полевых геоботанических и флористических исследований на острове Ряжков. В 2023–2024 гг. Н. Г. Панарина выполнила 47 геоботанических описаний растительных сообществ острова, в том числе и в местообитаниях редких видов сосудистых растений. С площадок были отобраны образцы мхов для дальнейшей идентификации. В 2025 г. М. Н. Кожин проводил флористическое обследование острова, уделяя значительное внимание разнообразию редких видов мхов. Географические координаты расположения геоботанических описаний и точек обследования определяли с помощью GPS-приемников Garmin Vista и Garmin eTrex 32. Основная часть материала была идентифицирована в лабораторных условиях с приготовлением микропрепаратов для изучения под микроскопом и бинокуляром.

В приведенном ниже перечне находок в алфавитном порядке даны названия видов и цитаты этикеток. В очерках приведены комментарии о распространении видов в заповеднике [Белкина, Лихачев, 1997a] и в регионе [Шляков, Константинова, 1982]. Коллекторы в аннотациях указаны сокращенно: М. Н. Кожин — М. К., Н. Г. Панарина — Н. П.

Собранные во время полевых работ образцы были этикетированы и переданы на хранение в гербарии Кандалакшского заповедника (KAND) и Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н.А. Аврорина КНЦ РАН (КРАBG).

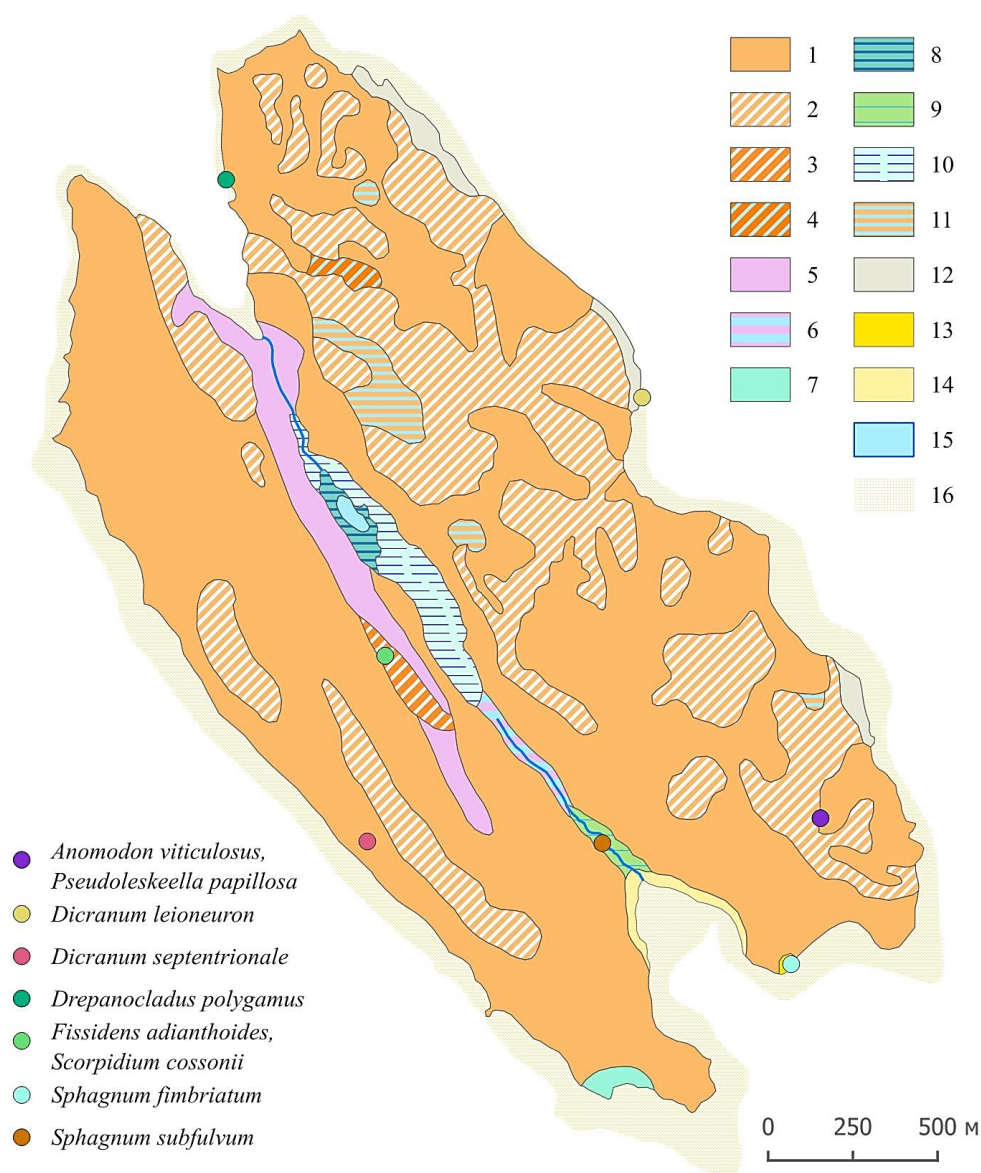
Результаты

В результате полевых работ и лабораторной идентификации для острова Ряжков было отмечено девять новых видов мхов (рис.). Приведем цитаты этикеток и краткую характеристику их распространения на сопредельных территориях.

Anomodon viticulosus (Hedw.) Hook. & Taylor — Кандалакшский округ, Кандалакшский залив Белого моря, Северный архипелаг, о. Ряжков, юго-восточная часть, восточная часть горы («Пик Страстей») на восточном мысе, 67.01134° с. ш. 32.5813° в. д., 43 м н. у. м., отвесные скалы, 4.VII.2025, М. К. (КРАBG(m) 131706). — В Мурманской области был известен только из бассейнов рек Кутсайоки и Куолайоки [Красная..., 2025]. На острове Ряжков отмечены единичные дерновинки на небольших участках вертикальных скальных стенках. Первое указание для Кандалакшского заповедника. Вид включен в Красную книгу Мурманской области [2025] с категорией 3 — редкие.

Dicranum leioneuron Kindb. — Кандалакшский округ, Кандалакшский залив Белого моря, Северный архипелаг, о. Ряжков, восточный берег, 67.02245° с. ш. 32.56902° в. д., сосновый лишайниковый скальный лес, 20.VII.2024, Н. П. (KAND 3178). — Редкий вид в Мурманской области, ранее входивший в перечень охраняемых видов. Прежде в регионе приводился для окр. с. Териберка, острова Вешняк архипелага Семь Островов на Баренцевом море, острова Восточный Северный в Порьей губе Белого моря и, вероятно, для Хибин [Красная..., 2014]. На острове Ряжков отмечены единичные дерновины в сосновом скальном лесу, а не на болотах, как в другой части ареала.

Dicranum septentrionale Tubanova et Ignatova — Кандалакшский округ, Кандалакшский залив Белого моря, Северный архипелаг, о. Ряжков, 67.01064° с. ш. 32.55062° в. д., сосновый брусничный лишайниковый лес, 5.VIII.2023, Н. П. (KAND 3150, в примеси к *Dicranum bonjeanii* De Not.). — В регионе изначально приводился только для Хибин [Tubanova et al., 2010], однако позднее был отмечен на Северном архипелаге и в Порьей губе Белого моря [Sofronova et al., 2017]. Вероятно, вид не столь редкий и имеет относительно широкое распространение в регионе.



Карта растительности острова Ряжков и мест обнаружения новых видов мхов.

Условные обозначения: 1 — сосновые кустарничково-зеленомошные леса; 2 — сосновые лишайниковые скальные леса; 3 — сосновые травяные леса на скалах; 4 — заболоченные сосновые леса на скалах в сочетании с евтрофными болотами; 5 — еловые кустарничково-зеленомошные леса с разнотравными и папоротниковыми участками; 6 — заболоченный еловый разнотравно-мелкопапоротниковый лес с участками мезотрофных болот; 7 — берзовые с елью деренные леса; 8 — мезо-евтрофные комплексные болота; 9 — мезотрофные травяные болота; 10 — олиготрофные облесенные болота; 11 — олиготрофные мочажинные болота в обширных скальных понижениях; 12 — открытые сообщества на скалах; 13 — антропогенный луг; 14 — приморские супралиторальные луга; 15 — озеро; 16 — осушка с участками заливаемых литоральных лугов

Vegetation map of Ryazhkov Island and locations of new moss species records. Legend: 1 — pine dwarf-shrub lichen-moss forests, 2 — pine lichen rocky forests, 3 — pine herbal forests on rocks, 4 — waterlogged pine forests on rocks combined with eutrophic bogs, 5 — spruce dwarf-shrub moss forests with forb and fern patches, 6 — waterlogged spruce forb-small-fern forest with mesotrophic bog patches; 7 — birch forests with spruce and dwarf cornel, 8 — meso-eutrophic complex mires, 9 — mesotrophic herbal mire, 10 — oligotrophic wooded bogs, 11 — oligotrophic marshy swamp in extensive rocky depressions, 12 — open communities on rocks, 13 — anthropogenic meadow, 14 — coastal meadows, 15 — lake, 16 — drained area with patches of flooded littoral meadows

Drepanocladus polygamus (Bruch, Schimp. & W. Gümbel) Hedenäs. — Кандалакшский округ, Кандалакшский залив Белого моря, Северный архипелаг, о. Ряжков, Северная губа, 67.02814° с. ш. 32.54073° в. д., приморский луг высокого уровня, 16.VII.2023, Н. П. (KAND 3113). — На территории заповедника известен на острове Великом, в Порьей губе, Кемь-лудах и Турьем мысе, где встречается в заболоченных лесах, осоковых болотцах, по берегам ручьев и в сырых углублениях скал [Белкина, Лихачев, 1997а]. В Мурманской области отмечен рассеянно в разных частях [Шляков, Константинова, 1972].

Fissidens adianthoides Hedw. — Кандалакшский округ, Кандалакшский залив Белого моря, Северный архипелаг, о. Ряжков, 67.01556° с. ш. 32.55174° в. д., сосновый разнотравный кустарничковый зеленомошный лес, местообитание *Cyripedium calceolus* L., 19.VII.2023, Н. П. (KAND 3114). — В заповеднике обнаружен на островах Оленьем и Великом, в Порьей губе, Кемь-лудах и Турьем мысе, где растет на выступающих над водой камнях, кочках и в заболоченных лесах [Белкина, Лихачев, 1997а]. В Мурманской области встречается довольно редко, обычно близ мест разгрузки вод, содержащих известь [Шляков, Константинова, 1972].

Pseudoleskeella papillosa (Lindb.) Kindb. — Кандалакшский округ, Кандалакшский залив Белого моря, Северный архипелаг, о. Ряжков, юго-восточная часть, восточная часть горы («Пик Страстей») на восточном мысе, 67.01134° с. ш. 32.5813° в. д., 43 м н. у. м., отвесные скалы, 04.VII.2025, М. К. (КРАБГ(moss) 131706, в примеси к *Anomodon viticulosus*). — В заповеднике вид отмечен на острове Оленьем, материковом побережье Порьей губы, на Кемь-лудах и Турьем мысе, где встречается на сухих, реже влажных скалах и на камнях у их подножия [Белкина, Лихачев, 1997а]. В регионе встречается изредка на скалах или камнях с тонким слоем мелкозема [Шляков, Константинова, 1972].

Scorpidium cossonii (Schimp.) Hedenäs — Кандалакшский округ, Кандалакшский залив Белого моря, Северный архипелаг, о. Ряжков, 67.01556° с. ш. 32.55174° в. д., сосновый разнотравный лес, местообитание *Cyripedium calceolus*, 19.VII.2023, Н. П. (KAND 3138). — На территории заповедника отмечен на острове Великом, в Порьей губе, Кемь-лудах и Турьем мысе, где встречается в травяных и ключевых болотах и по берегам ручьев [Белкина, Лихачев, 1997а]. В Мурманской области встречается в местах с содержащими известь породами и известковыми водами [Шляков, Константинова, 1972].

Sphagnum fimbriatum Wilson — Кандалакшский округ, Кандалакшский залив Белого моря, Северный архипелаг, о. Ряжков, 67.00747° с. ш. 32.57938° в. д., сосновый чернично-багульниковый зеленомошный лес, 28.VII.2023, Н. П. (KAND 3143). — В заповеднике приводился для островов Северного архипелага [Бреслина, 1965], Великого и Большого Асафьева [Белкина, Лихачев, 1997а]. В Мурманской области обычен [Другова, 2020].

Sphagnum subfulvum Sjörs — Кандалакшский округ, Кандалакшский залив Белого моря, Северный архипелаг, о. Ряжков, южная часть острова, 67.01064° с. ш. 32.56654° в. д., болото у ручья, 30.VIII.2024, Н. П. (KAND 3172). — В заповеднике приводился только для тростниково-мочажинных и сфагново-осоковых болот острова Великого [Белкина, Лихачев, 1997а]. В Мурманской области встречается рассеянно [Другова, 2020].

Обсуждение

Проведенные полевые исследования позволили дополнить флору мхов острова Ряжков девятью видами. Ранее на основании ревизии материалов гербария КРАБГ по роду *Schistidium* для острова было идентифицировано три вида: *Schistidium crassipilum* Н. Н. Blom, *S. papillosum* Culm., *S. pulchrum* Н. Н. Blom [Другова, 2021], вместо указанных ранее в устаревшей таксономической трактовке — *S. apocarpum* (Hedw.) Bruch et al. s. str. и var. *confertum* (Funck.) Н. Möller [Белкина, Лихачев, 1997б]. С учетом изменения таксономических рангов (принимаемые ранее разновидности в настоящее время трактуются как виды), новых находок и дополнений по роду *Schistidium*, для бриофлоры острова Ряжков известно 148 видов. В настоящее время это одна из наиболее детально исследованных островных бриофлор в Кандалакшском заливе и вторая из бриофлор островов площадью менее 500 га [Кожин и др., 2026]. От общего разнообразия бриофлоры беломорской части Кандалакшского заповедника (279 видов) [Кожин, 2015] она составляет 53 %, а от бриофлоры Мурманской области в целом (474 вида) [Другова, 2017] — 31 %.

Интересно отметить, что места находок новых видов не были сконцентрированы в определенной части острова, а выявлены в различных местообитаниях: скальных лесах, на скалах, в болотах и заболоченных лесах (см. рис.). Это может свидетельствовать о равномерном покрытии сетью маршрутов во время предыдущих исследований [Белкина, Лихачев, 1997а]. В местонахождениях встреченные виды обнаружены единичными дерновинами, что говорит об их редкости на острове. Ряд обнаруженных видов (*Anomodon viticulosus*, *Fissidens adianthoides*, *Scorpidium cossonii*) приурочены к местообитаниям с известьсодержащими породами и известковыми водами. На острове такие местообитания присутствуют, что подтверждают и геологические, и ботанические данные. Разнообразие флоры мхов определяется также заболоченными местообитаниями и разнотипными болотами (от олиготрофных облесенных до комплексных мезоевтрофных), где обитают мхи разных экологических предпочтений, в том числе редкие в регионе. Примечательно, что на небольшом острове Микков разнообразие типов болот было аналогично [Кожин и др., 2026].

Заключение

Остров Ряжков является самым полно исследованным небольшим островом (менее 500 га) в Белом море в отношении бриофлористического разнообразия. Проведенная работа показывает прогресс в исследовании его флоры и широкий охват изученных местообитаний. Несмотря на отсутствие хорошо развитой гидрологической сети, на острове представлено значительное разнообразие переувлажненных местообитаний. Особого внимания заслуживают отвесные скалы в юго-восточной части острова и скальные гряды на востоке и западе острова, где представлены редкие литофильные виды, в том числе *Anomodon viticulosus*, внесенный в региональную красную книгу.

Для сохранения этих видов на острове необходимо учитывать сведения об их распространении при планировании туристических маршрутов и развитии инфраструктуры научной базы заповедника.

Список источников

- Белкина О. А., Лихачев А. Ю. Конспект флоры листостебельных мхов Кандалакшского заповедника (Белое море). Апатиты, 1997а. 45 с.
- Белкина О. А., Лихачев А. Ю. Листостебельные мхи острова Ряжков (Белое море) // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1997б. Т. 102, № 2. С. 65–72.
- Белкина О. А., Лихачев А. Ю. Некоторые особенности флоры листостебельных мхов Кандалакшского заповедника (Белое море) // Ботанический журнал. 1999. Т. 84, № 11. С. 36–49.
- Белянкин Д. С., Куплетский Б. М. Горные породы и полезные ископаемые северного побережья и прилегающих к нему островов Кандалакской губы Белого моря. // Труды Северной научно-промысловой экспедиции. 1924. № 18. С. 1–76.
- Богданова Н. Е. Мохообразные острова Великого (Белое море) // Флористические исследования в заповедниках РСФСР. М., 1981. С. 103–112.
- Богданова Н. Е. О бриофлоре Кемь-Лудского архипелага // Вестник МГУ. Сер. 6. 1969. Т. 1. С. 111–114.
- Бреслина И. П. О сфагновых мхах Кандалакшских шхер // Докл. ТСХА. 1965. Т. 126. С. 191–195.
- Другова Т. П. Род *Schistidium* в гербариях КРАBG и INEP (Мурманская область) // Труды Кольского научного центра РАН. 2021. Т. 12, № 6. С. 89–104.
- Другова Т. П. Секция *Acutifolia* рода *Sphagnum* (Sphagnaceae, Bryophyta) в гербарии ПАБСИ (КРАBG) // Труды Кольского научного центра РАН. 2020. Т. 11, № 8. С. 24–41.
- Другова Т. П. Сравнительный анализ бриофлоры городов Мурманской области // Труды Карельского НЦ РАН. 2017. № 1. С. 32–49.
- Кожин М. Н., Боровичев Е. А., Мелехин А. В. Растительный покров острова Микков в Белом море и необходимость его охраны // Бюл. МОИП. Отд. биол. 2026. Т. 131, № 1. С. 47–60.
- Кожин М. Н. История изучения и новые данные о флоре листостебельных мхов беломорской части Кандалакшского заповедника // Материалы Международной бриологической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Анастасии Лаврентьевны Абрамовой (Санкт-Петербург, 12–16 октября 2015 г.). СПб: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2015. С. 67–71.
- Красная книга Мурманской области. Ижевск: Принт, 2025. 596 с.
- Красная книга Мурманской области. Кемерово: Азия-Принт, 2014. 584 с.

- Колька В. В., Корсакова О. П., Шелехова Т. С., Лаврова Н. Б., Арсланов Х. А. Перемещение береговой линии Белого моря и гляциоизостатическое поднятие суши в голоцене (район поселка Кузема, северная Карелия) // Доклады Академии наук. 2012. Т. 442, № 2. С. 263–267.
- Шляков Р. Н., Константинова Н. А. Конспект флоры мохообразных Мурманской области. Апатиты, 1982. 228 с.
- Шуркин К. А., Ефимов М. М. Геологические памятники природы Канда拉克шского залива // Природа и хозяйство севера. 1985. Т. 13. С. 74–81.
- Sofronova E. V. (ed.), Andreyeva E. N., Bakalin V. A., Beldiman L. N., Belyakov E. A., Blagovetshenskiy I. V., Borovichev E. A., Boychuk M. A., Doroshina G. Ya., Dulin M. V., Fedosov V. E., Garin E. V., Ginzburg E. G., Golovina E. O., Grishutkin O. G., Ignatov M. S., Ignatova E. A., Konstantinova N. A., Kopeina E. I., Kozhin M. N., Makarova M. A., Maksimov A. I., Maksimova T. A., Mamontov Yu. S., Nikolajev I. A., Pisarenko O. Yu., Popova N. N., Schestakova A. A., Teleganova V. V., Tikhonov A. V. New bryophyte records 8 // *Arctoa*. 2017. Vol. 26, No. 1. P. 105–125.
- Sennikov A. N., Kozhin M. N. The history of the Finnish botanical exploration of Russian Lapland in 1861 and 1863 // *Memoranda Societatis pro Fauna et Flora Fennica*. 2018. Vol. 94. P. 1–35.
- Tubanova D. Ya., Gorunov D. V., Ignatova E. A., Ignatov M. S. On the taxonomy of *Dicranum acutifolium* and *D. fuscescens* complexes (Dicranaceae, Bryophyta) in Russia // *Arctoa*. 2010. Vol. 19. P. 151–164.

References

- Belkina O. A., Likhachev A. Yu. *Konspekt flory listostebel'nykh mkhov Kandalakshskogo zapovednika (Beloe more)* [Checklist of the mosses of the Kandalaksha Reserve (White Sea)]. Apatity, 1997, 45 p.
- Belkina O. A., Likhachev A. Yu. Listostebel'nye mkhi ostrova Ryazhkov (Beloe more) [Mosses of Ryazhkov Island (White Sea)]. *Byulleten MOIP. Otdel biologicheskii* [Bulletin of the Moscow Society of Naturalists. Biological Series], 1997, Vol. 102, No. 2, pp. 65–72. (In Russ.).
- Belkina O. A., Likhachev A. Yu. Nekotorye osobennosti flory listostebel'nykh mkhov Kandalakshskogo zapovednika (Beloe more) [Some features of the moss flora of the Kandalaksha Reserve (White Sea)]. *Botanicheskii zhurnal* [Russian Botanical Journal], 1999, Vol. 84, No. 11, pp. 36–49. (In Russ.).
- Belyankin D. S., Kupletskii B. M. Gornye porody i poleznye iskopaemye severnogo poberezhya i prilgayushchikh k nemu ostrovov Kandalakskoi guby Belogo morya [Rocks and minerals of the northern coast and adjacent islands of Kandalaksha Gulf of the White Sea]. *Trudy Severnoi nauchno-promyslovoi ekspeditsii* [Proceedings of the Northern Scientific-Industrial Expedition], 1924, No. 18, pp. 1–76. (In Russ.).
- Bogdanova N. Ye. Mokhoobraznye ostrova Velikogo (Beloe more) [Bryophytes of Velikii Island (White Sea)]. *Floristicheskie issledovaniya v zapovednikakh RSFSR* [Floristic studies in the nature reserves of the RSFSR]. Moscow, 1981, pp. 103–112. (In Russ.).
- Bogdanova N. Ye. O briflore Kem-Ludskogo arhipelaga [On the bryoflora of the Kem-Ludsky Archipelago]. *Vestnik MGU. Seriya 6*. [Moscow University Bulletin. Series 6], 1969, Vol. 1, pp. 111–114. (In Russ.).
- Breslina I. P. O sfagnovykh mkakh Kandalakshskikh shkhier [On the sphagnum mosses of the Kandalaksha skerries]. *Doklady TSHA* [Reports of the Timiryazev Agricultural Academy], 1965, vol. 126, pp. 191–195. (In Russ.).
- Drugova T. P. Rod *Schistidium* v gerbariyakh KPABG i INEP (Murmanskaya oblast') [Genus *Schistidium* in the herbaria KPABG and INEP (Murmansk Region)]. *Trudy Kol'skogo nauchnogo tsentra RAN* [Proceedings of the Kola Science Centre RAS], 2021, Vol. 12, No. 6, pp. 89–104. (In Russ.).
- Drugova T. P. Sektsiya *Acutifolia* roda *Sphagnum* (Sphagnaceae, Bryophyta) v gerbarii PABSI (KPABG) [*Acutifolia* section of the genus *Sphagnum* (Sphagnaceae, Bryophyta) in the herbarium KPABG]. *Trudy Kol'skogo nauchnogo tsentra RAN* [Proceedings of the Kola Science Centre RAS], 2020, Vol. 11, No. 8, pp. 24–41. (In Russ.).
- Drugova T. P. Sravnitel'nyi analiz briflora gorodov Murmanskoi oblasti [Comparative analysis of urban bryoflora of Murmansk Region]. *Trudy Karel'skogo NTs RAN* [Proceedings of the Karelian Research Centre RAS], 2017, no. 1, pp. 32–49. (In Russ.).
- Kol'ka V. V., Korsakova O. P., Shelekova T. S., Lavrova N. B., Arslanov Kh. A. Peremeshchenie beregovoii linii Belogo morya i glatsioizostaticheskoe podnimanie sushi v golotsene (raion poselka Kuze'ma, severnaya Kareliya) [Displacement of the White Sea shoreline and glacioisostatic land uplift in the Holocene (Kuzema settlement area, northern Karelia)]. *Doklady Akademii nauk* [Reports of the Academy of Sciences], 2012, Vol. 442, No. 2, pp. 263–267. (In Russ.).
- Kozhin M. N. Istoriya izucheniya i novye dannye o flore listostebel'nykh mkhov belomorskoi chasti Kandalakshskogo zapovednika [History of study and new data on the moss flora of the White Sea part of the Kandalaksha Reserve]. *Materialy Mezhdunarodnoi briologicheskoi konferentsii, posvyashchennoi 100-letiyu so dnya rozhdeniya Anastasii Lavrent'evny Abramovoi (Sankt-Peterburg, 12–16 oktyabrya 2015 g.)* [Proceedings of the International Bryological Conference dedicated to the 100th anniversary of Anastasia Lavrentievna Abramova (Saint Petersburg, October 12–16, 2015)]. Saint Petersburg, Publishing House of SPbGETU «LETI», 2015, pp. 67–71. (In Russ.).

- Kozhin M. N., Borovichev Ye. A., Melekhin A. V. Rastitel'nyi pokrov ostrova Mikkov v Belom more i neobkhodimost' ego okhrany [Vegetation cover of Mikkov Island in the White Sea and the need for its protection]. *Byulleten' Moskovskogo obshchestva ispytatelei prirody. Byulleten MOIP. Otdel biologicheskii* [Bulletin of the Moscow Society of Naturalists. Biological Series], 2026, Vol. 131, No. 1, pp. 47–60. (In Russ.).
- Krasnaya kniga Murmanskoi oblasti [Red Data Book of Murmansk Region]. Izhevsk, Print, 2025, 596 p.
- Krasnaya kniga Murmanskoi oblasti [Red Data Book of Murmansk Region]. Kemerovo, Aziya-Print, 2014, 584 p.
- Schljakov R. N., Konstantinova N. A. Konspekt flory mokhoobraznykh Murmanskoi oblasti [Checklist of the bryophytes of Murmansk Region]. Apatity, 1982, 228 p.
- Sennikov A. N., Kozhin M. N. The history of the Finnish botanical exploration of Russian Lapland in 1861 and 1863. *Memoranda Societatis pro Fauna et Flora Fennica*, 2018, Vol. 94, pp. 1–35.
- Shurkin K. A., Efimov M. M. Geologicheskie pamyatniki prirody Kandalakshskogo zaliva [Geological nature monuments of Kandalaksha Gulf]. *Priroda i khozyaistvo Severa* [Nature and Economy of the North], 1985, Vol. 13, pp. 74–81. (In Russ.).
- Sofronova E. V. (ed.), Andreyeva E. N., Bakalin V. A., Beldiman L. N., Belyakov E. A., Blagovetshenskiy I. V., Borovichev E. A., Boychuk M. A., Doroshina G. Ya., Dulin M. V., Fedosov V. E., Garin E. V., Ginzburg E. G., Golovina E. O., Grishutkin O. G., Ignatov M. S., Ignatova E. A., Konstantinova N. A., Kopeina E. I., Kozhin M. N., Makarova M. A., Maksimov A. I., Maksimova T. A., Mamontov Yu. S., Nikolajev I. A., Pisarenko O. Yu., Popova N. N., Schestakova A. A., Teleganova V. V., Tikhonov A. V. New bryophyte records 8. *Arctoa*, 2017, Vol. 26, No. 1, pp. 105–125.
- Tubanov D. Ya., Gorunov D. V., Ignatova E. A., Ignatov M. S. On the taxonomy of *Dicranum acutifolium* and *D. fuscescens* complexes (Dicranaceae, Bryophyta) in Russia. *Arctoa*, 2010, Vol. 19, pp. 151–164.

Информация об авторах

М. Н. Кожин — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник;

Н. Г. Панарина — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник.

Information about the authors

M. N. Kozhin — PhD (Biological), Leading Researcher;

N. G. Panarina — PhD (Biological), Leading Researcher.

Статья поступила в редакцию 25.04.2026; одобрена после рецензирования 28.05.2026; принята к публикации 13.06.2026.
The article was submitted 25.04.2026; approved after reviewing 28.05.2026; accepted for publication 13.06.2026.

Научная статья
УДК 574.583+556.047 (268.45)
doi:10.37614/2949-1185.2026.5.3.005

ВЛИЯНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ГРАНИЦЫ СЕЗОННЫХ ЛЬДОВ НА ВЕСЕННЕЕ РАЗВИТИЕ ПЕРВИЧНЫХ ПРОДУЦЕНТОВ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ

Александра Сергеевна Булавина¹, **Вероника Владимировна Водопьянова²**,
Иван Александрович Пастухов³

^{1–3}Мурманский морской биологический институт РАН, Мурманск, Россия

¹bulavina@mmbi.info, <https://orcid.org/0000-0002-1173-9324>

²vodopyanova@mmbi.info, <https://orcid.org/0000-0003-1639-6452>

³pastuhovi@mmbi.info, <https://orcid.org/0000-0003-2090-0287>

Аннотация

Проведен анализ ледовых условий Баренцева моря в период с 1979 по 2023 гг. и их влияния на весеннее развитие фитопланктона. Выявлено два различающихся между собой по ледовым условиям периода. Первый период (с 1979 по 2004 гг.) отличался значительно большей площадью льда, чем второй (с 2005 по 2023 гг.). Для 2005–2023 гг. изучена взаимосвязь положения кромки льда весной и колебаний концентраций хлорофилла *a* по данным *in situ*. В этот период «цветение» фитопланктона стартовало в начале мая на севере моря в арктических водах вблизи кромки льда. В связи с разрозненностью и труднодоступностью данных, относящихся к 1979–2004 гг., для этого периода было выполнено ретроспективное моделирование весеннего развития фитопланктона. Несмотря на то, что кромка тающего льда находилась в 1979–2004 гг. в атлантических и баренцевоморских, а не арктических водах, картина весеннего развития фитопланктона была похожа на современную (2005–2023 гг.). Результаты моделирования показывают, что развитие фитопланктона могло начинаться уже в середине апреля на юго-востоке Баренцева моря, постепенно продвигаясь вдоль кромки льда на север. Началу «цветения» фитопланктона на юго-востоке моря способствовало наличие там поверхностного опресненного слоя воды и достаточный уровень освещенности. В то же время на севере моря освещенность в середине апреля недостаточна для активного развития фитопланктона.

Ключевые слова:

Баренцево море, ледовые условия, кромка льда, хлорофилл *a*, ретроспективное моделирование

Благодарности

Исследования выполнены в рамках темы «Структурно-динамические трансформации пелагических экосистем морских арктических бассейнов в условиях техногенных и естественных изменений среды» (№ госрегистрации 124013000709-9). Авторы благодарят членов научной группы НИС «Дальние Зеленцы» за измерение гидрологических показателей и сбор материала в ходе рейсовых работ.

Для цитирования:

Булавина А. С., Водопьянова В. В., Пастухов И. А. Влияние положения границы сезонных льдов на весеннее развитие первичных продуцентов в Баренцевом море // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Естественные и гуманитарные науки. 2026. Т. 5, № 3. С. 66–80. doi:10.37614/2949-1185.2026.5.3.005

Original article

INFLUENCE OF THE POSITION OF THE SEASONAL ICE BOUNDARY ON THE SPRING DEVELOPMENT OF PRIMARY PRODUCERS IN THE BARENTS SEA

Aleksandra S. Bulavina¹, **Veronika V. Vodopyanova**, **Ivan A. Pastukhov**
Murmansk Marine Biological Institute, Russian Academy of Sciences, Murmansk, Russia

¹bulavina@mmbi.info, <https://orcid.org/0000-0002-1173-9324>

²vodopyanova@mmbi.info, <https://orcid.org/0000-0003-1639-6452>

³pastuhovi@mmbi.info, <https://orcid.org/0000-0003-2090-0287>

Abstract

The analysis of the ice conditions in the Barents Sea and its influence on the spring development of phytoplankton in 1979–2023 was carried out. Two periods of the ice conditions were identified. The first period (from 1979 to 2004) was characterized by a significantly larger area of ice than the second period (from 2005 to 2023). The relationship between the position of the ice edge in spring and fluctuations of the chlorophyll-*a* concentrations was studied based on data *in situ* of 2005–2023. During this period, phytoplankton blooms began in early May in the northern part of Barents Sea in the Arctic Water near the ice edge. A retrospective modeling of the spring phytoplankton development for 1979–2004 was performed. There were no observations of chlorophyll-*a* concentrations in those

years. The edge of the melting ice was located in the Atlantic and Barents Waters, rather than in the Arctic Water, in 1979–2004. The pattern of the spring phytoplankton development was similar to the current one (2005–2023). The modeling results show that the development of phytoplankton could have started as early as mid-April in the southeastern Barents Sea, gradually moving northward along the ice edge. The presence of a surface desalinated layer of water and sufficient light levels contributed to the early blooming of phytoplankton in the southeastern part of the sea. In the northern part of the Barents Sea, the light levels were too low for active phytoplankton development in mid-April.

Keywords:

Barents Sea, ice conditions, ice edge, chlorophyll *a*, retrospective modeling

Acknowledgements

The research was carried out within the framework of the topic «Structural and dynamic transformations of pelagic ecosystems of marine Arctic basins under conditions of man-made and natural environmental changes» (State registration no. 124013000709-9). The authors would like to thank the members of the scientific group of the R/V “Dalniye Zelentsy” for measuring hydrological indicators and collecting material during the voyage work.

For citation:

Bulavina A. S., Vodopyanova V. V., Pastukhov I. A. Influence of the position of the seasonal ice boundary on the spring development of primary producers in the Barents Sea // Transactions of the Kola Science Centre of RAS. Series: Natural Sciences and Humanities. 2026. Vol. 5, No. 3. P. 66–80. doi:10.37614/2949-1185.2026.5.3.005

Введение

В настоящее время климат морей Арктики претерпевает изменения [Алексеев и др., 2024]. Значительную роль в потеплении арктических морей играет увеличение притока тепла с течениями из Северной Атлантики [Rudels et al., 2013]. Баренцево море, расположенное на пути проникновения атлантических вод в Арктику, первым реагирует на усиление атлантических течений. В конце 1980-х гг. в Баренцевом море начался рост температуры воды (как поверхностной, так и глубинных вод), ускорившийся в 2000-х [Lind et al., 2018]. За последние 30 лет площадь льда в Баренцевом море сократилась на 360 тыс. км² [Трофимов и др., 2018]. Уменьшение площади морского льда и удлинение периода открытой воды в северных районах моря приводит к ослаблению стратификации, усилению вертикального перемешивания и увеличению восходящих потоков тепла и соли. Эти процессы препятствуют образованию льда и дополнительно ускоряют потепление [Семенов, 2015; Lind et al., 2018; Иванов, 2021].

Северные районы Баренцева моря вносят наибольший вклад в первичную продукцию [Vodopyanova et al., 2024]. Во многом их продуктивность определяется феноменом «прикромочного цветения», то есть активного развития фитопланктона весной вблизи ледовой кромки. Под «цветением» фитопланктона понимают ежегодно повторяющееся повышение его общей биомассы. Более подробно этот процесс в Баренцевом море описан в работе [Кузнецов, Шошина, 2003]. В нашем исследовании в качестве критерия начала «цветения» принято увеличение концентраций хлорофилла *a* до ≥ 1 мг/м³. Влияние расположения кромки сезонного льда на запуск весеннего «цветения» фитопланктона в арктических морях было замечено в первой половине прошлого века [Ширшов, 1937]. В настоящее время прикромочное «цветение» описано для всех районов распространения сезонного льда.

Фитопланктон — ключевой компонент пелагических морских экосистем, являясь первичным продуцентом, обеспечивает трансформацию поступающей солнечной энергии в энергию химических соединений, использующуюся на более высоких трофических уровнях. Большая часть годовой биомассы фитопланктона арктической зоны Мирового океана продуцируется во время весеннего сукцессионного цикла. Дальнейшее развитие экосистемы арктических морей в течение года во многом определяется уровнем весеннего «цветения». Изменение ледового режима и связанное с этим смещение сроков начала весеннего развития фитопланктона и очагов его локализации [Oziel et al., 2017; Dong et al., 2020] может оказать существенное влияние на продуктивность Баренцева моря. Наблюдающееся увеличение площади открытой воды, более продолжительный вегетационный период и дополнительный экспорт углерода в пелагиаль из атмосферы [Lewis et al., 2020] будут способствовать увеличению первичной продукции фитопланктона [Kahru et al., 2011; Wassmann, 2011]. Концентрация хлорофилла *a* отражает обилие фотосинтезирующих организмов в водной толще и в общих чертах повторяет ход биомассы и первичной продукции фитопланктона [Кузнецов, Шошина, 2003; Макаревич и др., 2024]. Изучение

концентрации хлорофилла *a* позволяет оценивать динамику фитопланктонных сообществ в ответ на многообразие абиотических факторов [Dvoretsky et al., 2023, 2024].

Задачей нашего исследования было изучить эффект, который оказывает положение кромки сезонных льдов Баренцева моря на сроки наступления и уровни обилия весеннего развития сообществ первичных продуцентов, выраженные через колебания концентрации хлорофилла *a* фитопланктона.

Материал и методы

В основу исследования легли данные, полученные в рейсах НИС «Дальние Зеленцы» в 2016, 2018, 2019 и 2021–2023 гг. (рис. 1). Исследования были проведены в весенний период в различных районах моря, подверженных влиянию плавучих льдов. Всего к анализу были приняты данные 173 гидрологических и 101 гидробиологических станций, расположенных вблизи кромки льда. На каждой станции были определены температура и соленость морской воды от поверхности до дна, на гидробиологических станциях — также концентрации хлорофилла *a* и основных биогенных элементов в поверхностном слое воды (табл. 1).

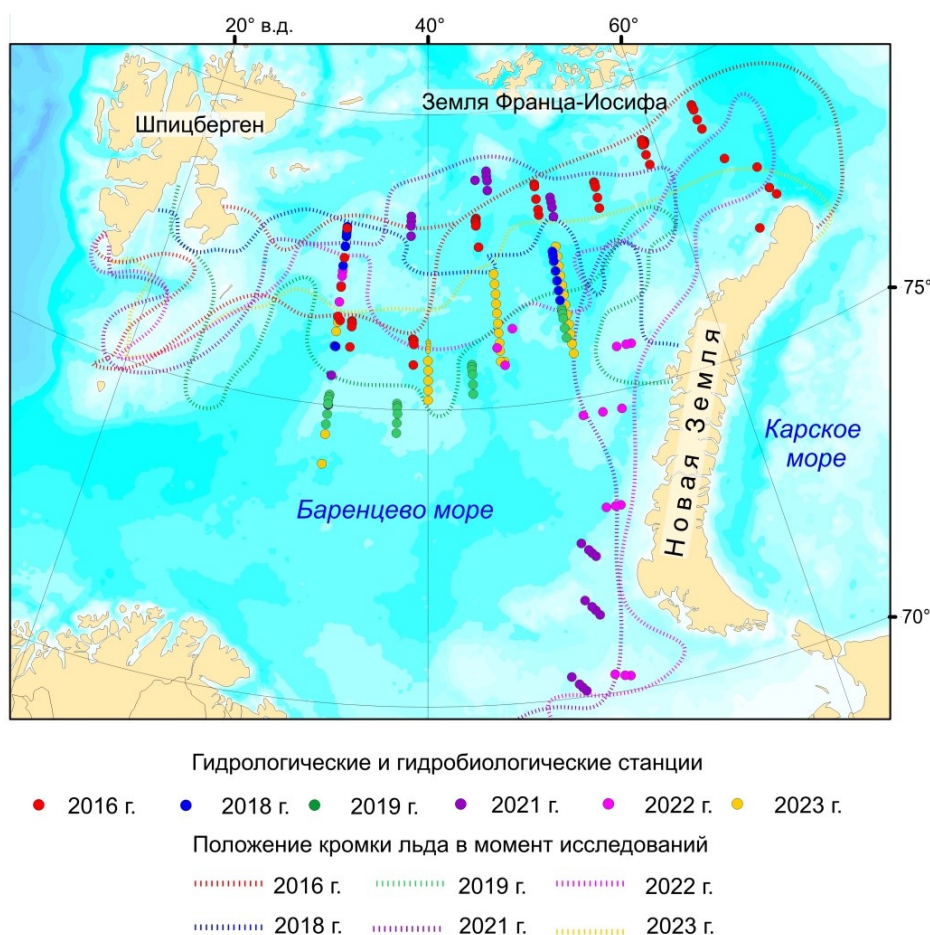


Рис. 1. Расположение станций на акватории Баренцева моря

Fig. 1. Location of stations in the Barents Sea

Температуру и соленость воды определяли с помощью СТД-зонда SEACAT SBE 19 plus V2 (Sea-Bird Scientific, США). Данные были использованы для выявления факторов среды, оказывающих существенное влияние на развитие фитопланктона [Макаревич и др., 2024; Водопьянова и др., 2025]: типов водных масс в районе исследований и особенностей вертикальной стратификации толщи воды.

Для определения границ распространения водных масс строились разрезы температуры и солености воды, а также их градиентов в программе Golden Software Surfer. Расчет горизонтальных и вертикальных градиентов этих характеристик проводился с помощью программы RStudio. В качестве критерия наличия фронтальной зоны на поверхности моря принимались значения температуры и солености, в 5 раз превышающие климатические градиенты для Баренцева моря (0,01 °C/км и 0,001 psu/км) [Родионов, Костяной, 1998; Ожигин и др., 2016], то есть рассматривались величины 0,05 °C/км и 0,005 psu/км. В качестве вертикальных границ водных масс приняты значения вертикального градиента условной плотности, превышающие 0,01 ед. усл. плотности/м.

Таблица 1

Количество станций, выполненных вблизи кромки льда
Number of stations built near the ice edge

Даты проведения	Гидрологические станции	Гидробиологические станции
06.04–26.04.2016 г.	41	16
07.05–29.05.2016 г.	9	3
14.05–25.05.2018 г.	17	15
03.04–18.04.2019 г.	24	23
13.03–13.04.2021 г.	30	25
17.02–12.03.2022 г.	20	12
24.04–15.05.2023 г.	39	21

Концентрацию хлорофилла *a* определяли спектрофотометрическим методом [ГОСТ..., 2001]. Отклонений от методики не допускалось. Пробы воды объемом 5 л фильтровали сразу после взятия на вакуумной установке в судовой лаборатории. Использовали мембранные фильтры Влاديбор диаметром 47 мм и размером пор 0,6 мкм. Затем фильтры, сложенные пополам осадком внутрь, хранились в морозильной камере в эксикаторе с силикагелем при температуре –20 °C. Дальнейшая обработка образцов проводилась в стационарной гидрохимической лаборатории. Осадок экстрагировали 90 %-м ацетоном. После гомогенизации проводили центрифугирование образцов при 8000 об/мин. Концентрацию хлорофилла *a* в экстракте определяли на спектрофотометре Nicolet Evolution 500 (Spectronic Unicam, Великобритания).

Определение концентрации растворенного кислорода (O₂, мг/л) выполняли с помощью стандартного метода Винклера, используя полуавтоматическую бюретку. Кремний растворенных силикатов (Si–SiO₃) определяли методом Королева, фосфор минеральный (P–PO₄³⁻) — методом Морфи-Райли, азот нитритный (N–NO₂⁻) и азот нитратный (N–NO₃⁻) — методом Бендшнайдера и Робинсона (Руководство..., 2003) соответственно. Нитраты предварительно восстанавливали до нитритов в колонке с омедненным кадмием при выравнивании pH раствором ЭДТА (pH 12,3–12,6) согласно [Wood et al., 1967].

Сведения о колебаниях площади льда в Баренцевом море были получены из открытой базы данных, созданной в 2017 г. и регулярно пополняемой Национальным центром данных по снегу и льду (National Snow and Ice Data Center) [Fetterer et al., 2017]. Архив содержит ежедневные и ежемесячные числовые данные о площади льда в арктических морях с октября 1978 г. по настоящее время. Информация о расположении льда на акватории моря представлена в виде последовательных изображений концентрации морского льда в формате png. Измерения начали проводить с помощью микроволновых радиометров SMMR и продолжили с использованием прибора SSM/I и затем SSMIS, который поставляет данные и в настоящее время. Эти приборы позволяют получать данные о морской поверхности при любой освещенности, в том числе в течение полярной ночи даже при наличии облачности.

Построение карт распределения хлорофилла *a* проведено в программном пакете MapViewer 8.0, для интерполяции данных использован кригинг (автоматическая функция).

Результаты и обсуждение

С начала регулярных наблюдений (октябрь 1978 г.) средняя площадь льда в Баренцевом море сокращалась со скоростью 7,7 тыс. км²/год. Предварительный визуальный анализ графиков аномалий средней годовой площади льда показал наличие двух периодов — 1979–2004 и 2005–2023 гг. (рис. 2).

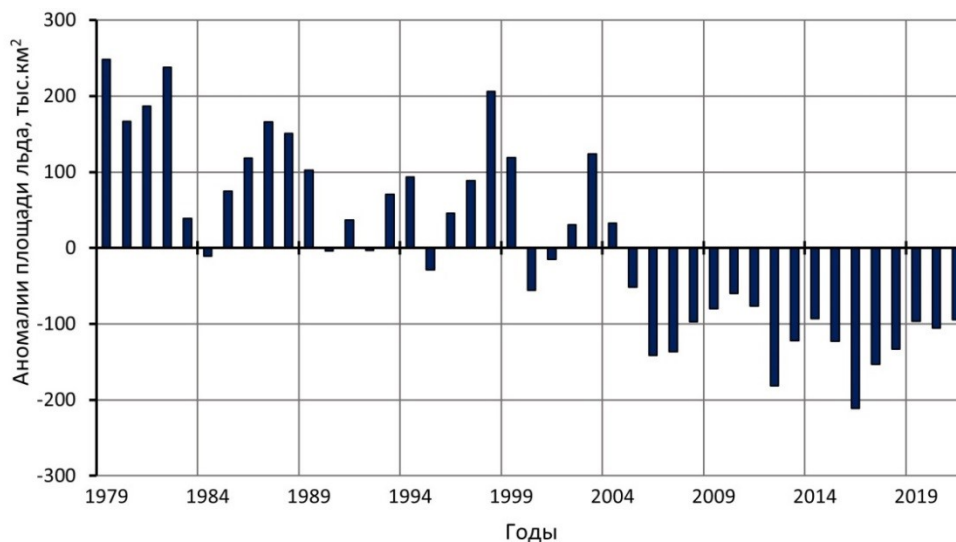


Рис. 2. Аномалии площади льда в Баренцевом море
Fig. 2. Anomalies of ice area in the Barents Sea

Период с 1979 по 2004 гг. отличался значительно большей площадью льда, чем 2005–2023 гг. Для проверки гипотезы о наличии значимых различий площади льда между двумя временными периодами был использован критерий Вилкоксона. Он показал значимые различия в ледовых условиях между ними ($p < 0,01$). Основные статистические параметры колебаний площади льда в Баренцевом море в пределах выделенных периодов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Основные статистические показатели колебаний площади льда в Баренцевом море, тыс. км²
The main statistical indicators of ice area fluctuations in the Barents Sea, thousands of km²

Параметр	1979–2004 гг.	2005–2023 гг.
Минимальная площадь льда	247,52	90,83
Максимальная площадь льда	553,05	250,69
Среднее арифметическое	388,67	185,95
Стандартное отклонение	±84,11	±41,37
Медиана	387,56	194,96

Весеннюю вспышку развития фитопланктона вблизи ледовой кромки связывают с арктическими водами и близостью ледовой кромки [Макаревич, 2012]. Как показано выше, колебания площади льда, а следовательно, и изменения положения ледовой кромки существенны даже в масштабе нескольких десятилетий. При этом границы водных масс Баренцева моря сохраняют стабильность на длительных промежутках времени [Risebrobakken, Berben, 2018] и не зависят от положения границы плотных дрейфующих льдов [Максимовская и др., 2023]. В последние два десятилетия кромка льда в период начала активного развития фитопланктона (в конце апреля — мае) занимает высокое положение, достигая области распространения арктических вод. С 1979 по 2004 гг. в мае кромка льда находилась южнее области распространения арктических вод (преимущественно в атлантических и баренцевоморских водах) (рис. 3).

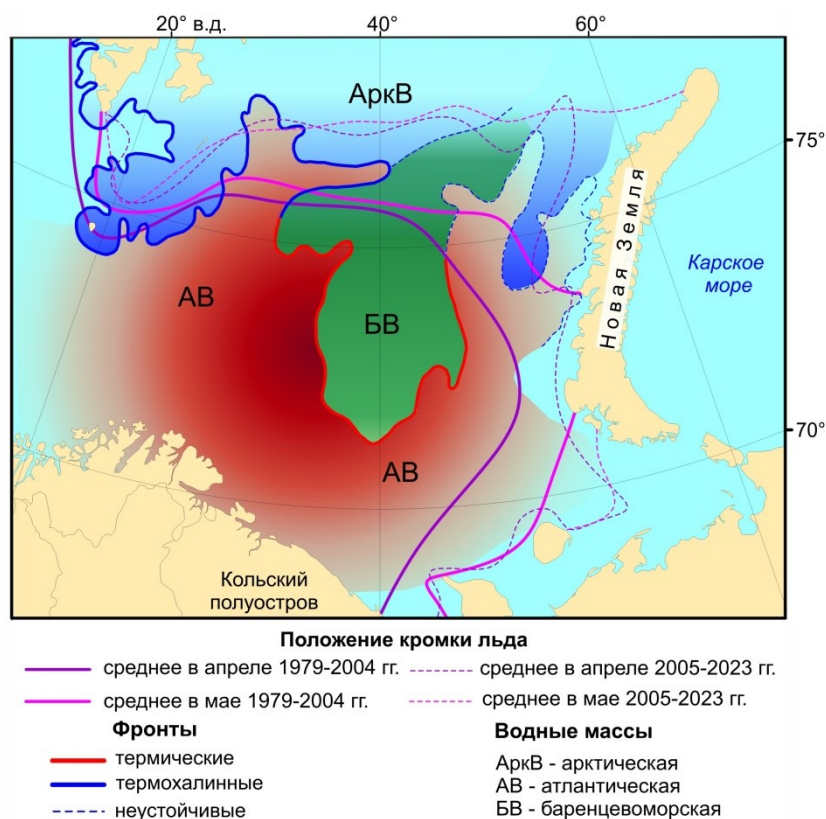


Рис. 3. Положение границы сезонных льдов и водных масс Баренцева моря [Matishov et al., 2012], построенной по данным [Fetterer et al., 2017]

Fig. 3. The distribution of water masses [Matishov et al., 2012] and the boundaries of seasonal ice in the Barents Sea, constructed based on literary data [Fetterer et al., 2017]

Наши наблюдения за весенним развитием фитопланктона вблизи ледовой кромки (2016–2023 гг.) полностью приходятся на период малой ледовитости Баренцева моря, однако внутри этого периода межгодовые колебания площади льда были весьма существенны. В годы наблюдений 2016-й был наименее ледовитым, а 2021-й наиболее ледовитым. Отметим, что 2016 г. также является и наименее ледовитым за всю историю регулярных наблюдений. Площадь льда была экстремально мала уже в начале марта 2016 г. Это было связано с медленным нарастанием ледяного покрова в осенний и зимний периоды в связи метеорологическими условиями. Так, 2016 г. был рекордно теплым за всю историю наблюдений (с 1965 г.), вместе с тем установлению ледяного покрова препятствовала сильная штормовая активность [Трофимов и др., 2018].

В годы наблюдений вблизи ледовой кромки мы чаще всего фиксировали на поверхности арктические воды (на них приходится 55 % всех наблюдений), реже атлантические (11 %) и баренцевоморские (15 %). Нередко при таянии льда в прикромочной области присутствовал поверхностный опресненный слой воды (ПОС; 19 % всех наблюдений), занимая значительную часть фотического слоя.

По нашим данным, в марте и апреле 2016–2023 гг. высоких концентраций хлорофилла *a* вблизи ледовой кромки не наблюдалось (рис. 4А), значения не превышали 1,25 мг/м³. Лишь в 2023 г. повышение концентрации хлорофилла *a* вблизи кромки льда отмечалось уже 28–30 апреля, а в мае значения колебались в широком диапазоне, где был представлен весь спектр величин — от соответствующих стадии покоя до «цветения». Анализ межгрупповых (по месяцам) различий (критерий Вилкоксона) показал значимые различия концентраций хлорофилла *a* в марте, апреле и мае. Средняя концентрация хлорофилла *a* вблизи ледовой кромки в марте составляла 0,30 мг/м³, апреле — 1,17 мг/м³, мае — 3,47 мг/м³. Некоторое увеличение апрельской концентрации хлорофилла *a* обусловлено высокими значениями,

отмеченными 28–30 апреля 2023 г., хотя в большей части наблюдений апреля концентрация не превышала $0,30 \text{ мг/м}^3$. Обычно мы фиксировали активное развитие фитопланктона в начале мая, но иногда вплоть до конца мая фитопланктон находился в стадии покоя. В 2018 г. был поздний старт «цветения», когда в середине мая наблюдались низкие концентрации хлорофилла *a* во всех точках отбора проб, рост начался лишь в конце мая.

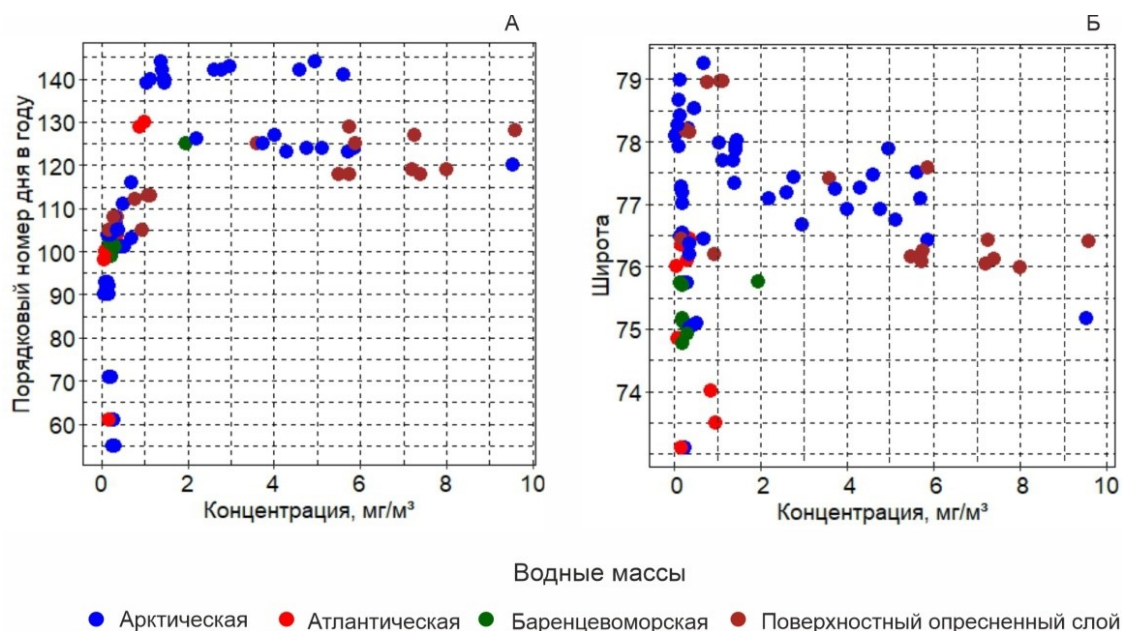


Рис. 4. Концентрация хлорофилла *a* в поверхностном слое воды (0–1 м) Баренцева моря в 2016–2023 гг.

Fig. 4. Concentration of chlorophyll *a* in the surface water layer (0–1 m) of the Barents Sea in 2016–2023

Начало весеннего развития фитопланктона было ассоциировано с арктическими водами и ПОС, но даже в этих водах «цветение» не начиналось раньше конца апреля (рис. 4А). В мае мы фиксировали в отдельных случаях заметное увеличение концентрации хлорофилла *a* еще и в баренцевоморских водах. В атлантических водах вплоть до конца мая мы не наблюдали даже единичных случаев роста концентрации хлорофилла *a* выше 1 мг/м^3 . В работе [Vodopyanova et al., 2024] было показано, что активное развитие фитопланктона в атлантических водах происходит позже, уже в летний период.

Было замечено, что на севере Баренцева моря «цветение» обычно начинается в мае непосредственно вблизи кромки льда [Dong et al., 2020; Makarevich et al., 2022]. Даже при раннем сходе ледяного покрова вспышка развития фитопланктона в области ледяных полей наступает не раньше конца апреля [Dong et al., 2020]. Если влияние фактора времени связано с освещенностью, то в марте и апреле она может быть недостаточной для запуска «цветения» в северных районах моря. Согласно данным ЕСИМО¹, различия в фотосинтетически активной радиации между 70° и 76° с. ш. в Баренцевом море в апреле составляют 16 Вт/м^2 , а в мае едва достигают 4 Вт/м^2 . Согласно нашим наблюдениям, в южных районах моря после старта «цветения», концентрации хлорофилла *a* были немного выше, чем в северных (см. рис. 4Б).

Достаточное количество основных биогенных элементов (Si, P, N) в эвфотическом слое является одним из необходимых условий начала «цветения», а изменение их количества и соотношения — маркером происходящих биологических процессов [Аржанова, 2017]. Недостаток того или иного элемента тормозит процесс фотосинтеза [Сапожников, 2014] или лимитирует развитие микроводорослей иным способом. На большей части акватории Баренцева моря с началом фотосинтеза весной в эвфотическом

¹ URL: http://esimo.ru/dataview/viewresource?resourceId=RU_IGCE_85

слое содержание азота быстро уменьшается, ограничивая развитие всех групп фитопланктона, а развитие диатомовых водорослей также может быть ограничено из-за недостатка растворенного кремния кремниевой кислоты, из которого они строят свой «панцирь» [Richards, 1958].

По мере того как происходило изменение концентрации хлорофилла *a* фитопланктона, также наблюдалось изменение соотношений биогенных элементов в различных типах вод. В марте — апреле до начала активного развития фитопланктона статистически значимые (на уровне $p < 0,05$) различия обнаруживались в содержании кислорода и кремния в различных водных массах (критерий Краскела — Уоллиса). Парные сравнения (критерий Вилкоксона с поправкой Бонферрони) показали, что различия в содержании кислорода связаны с отличием арктических вод от атлантических и баренцевоморских, а различия в содержании кремния — с отличием ПОС от остальных типов вод. В мае наблюдались статистически значимые различия в концентрациях кислорода и нитратов в различных водных массах. Парные сравнения показали, что различия в содержании как кислорода, так и нитратов связаны с отличием арктических вод и ПОС от атлантических и баренцевоморских вод. Кроме того, концентрации нитратов значимо отличали арктические воды от ПОС. Значения концентраций биогенных элементов приведены в табл. 3.

Таблица 3

Содержание некоторых биогенных веществ в водах различного происхождения
Content of biogenic substances in waters of various origins

Водная масса	O ₂ , мг/л	Si, мкг/л	PO ₄ , мкг/л	NO ₂ , мкг/л	NO ₃ , мкг/л
Март — апрель					
ПОС	10.5 – 12.5	19.8 – 46.9	40.0 – 83.2	0.4 – 8.1	576.1 – 591.1
	11.8 ± 0.7	27.2 ± 8.7	55.4 ± 14.2	3.4 ± 2.5	583.6 ± 10.6
Арктическая	10.5 – 12.9	13.1 – 86.9	33.8 – 78.8	0.1 – 59.4	364.6 – 725.0
	11.9 ± 0.6	45.9 ± 19.4	55.4 ± 14.1	4.3 ± 11.6	489.4 ± 105.6
Атлантическая	10.8 – 11.6	21.2 – 128.8	39.7 – 75.4	0.1 – 3.2	472.8 – 694.9
	11.1 ± 0.3	49.2 ± 38.4	47.5 ± 12.4	1.5 ± 1.2	594.0 ± 112.4
Баренцевоморская	11.0 – 11.6	41.9 – 83.9	40.5 – 81.0	0.9 – 4.4	222.6 – 744.6
	11.3 ± 0.3	63.9 ± 16.7	57.6 ± 12.7	2.4 ± 1.4	591.1 ± 210.1
Май					
ПОС	8.0 – 9.1	15.5 – 46.6	14.6 – 46.7	2.8 – 17.1	88.4 – 450.4
	8.4 ± 0.3	33.9 ± 14.4	27.6 ± 14.4	8.6 ± 7.2	227.7 ± 101.3
Арктическая	7.8 – 14.9	20.7 – 350.8	12.9 – 54.9	0.1 – 11.9	0.7 – 459.0
	11.2 ± 2.8	105.0 ± 89.7	33.2 ± 14.2	3.2 ± 2.7	138.8 ± 175.2
Атлантическая	7.1 – 7.2	55.6 – 142.6	47.7 – 55.5	4.7 – 20.2	484.8 – 521.5
	7.1 ± 0.1	99.2 ± 61.4	51.6 ± 5.5	12.4 ± 11.0	503.1 ± 25.9
Баренцевоморская	7.3 – 7.7	33.7 – 112.7	47.7 – 61.3	2.3 – 4.2	359.2 – 578.2
	7.5 ± 0.2	62.5 ± 33.9	54.9 ± 5.7	2.8 ± 0.9	512.1 ± 87.4

На сроки начала «цветения» фитопланктона влияют многие факторы. Это и освещенность, и наличие необходимого количества биогенных элементов в воде [Аржанова, 2017], и особенности стратификации фотического слоя воды [Водопьянова и др., 2025]. Была предпринята попытка построить модель роста концентрации хлорофилла *a* вблизи кромки льда и использовать ее для оценки влияния различных факторов на запуск «цветения» фитопланктона, а также для ретроспективного прогноза очагов весеннего «цветения» вблизи кромки льда в период большей ледовитости Баренцева моря. Входным массивом для обучения модели послужили данные, полученные вблизи ледовой кромки в ходе экспедиций 2016–2023 гг. В качестве зависимой переменной выступала концентрация хлорофилла *a* в поверхностном слое воды (0–1 м), в качестве независимых переменных были выбраны географические координаты точки, порядковый номер дня отбора пробы в году, тип водной массы (определен исходя из температурно-соленостных характеристик). Использовали минимальное количество параметров, чтобы модель была применима для ретроспективного анализа, входных данных для которого

крайне мало. Существуют долговременные ряды спутниковых данных о солености и температуре поверхности моря (например, WorldView). Однако при использовании только данных для поверхности моря не представляется возможным установить характер стратификации водной толщи. Наличие тонкого слоя талой воды вблизи кромки льда, вероятно, является одним из важнейших условий для начала весеннего «цветения», которое нельзя игнорировать при моделировании. Кроме того, данные, полученные путем анализа космических снимков, зачастую имеют значительные расхождения с результатами измерений *in situ*. В связи с указанными ограничениями было принято решение использовать более полный, хотя и менее обширный в пространственно-временном охвате, массив натурных данных.

Была построена многофакторная дисперсионная модель. В процессе подбора, диагностики и корректировки различных вариантов моделей наилучшим образом себя показала модель вида (сохранены символы синтаксиса языка R)

$$\text{Chl-}a \sim \text{Water} + \text{yday} + \text{Lat} + \text{Water} \cdot \text{yday},$$

где Chl-*a* — концентрация хлорофилла *a*, мг/л; Water — тип водной массы; yday — порядковый номер дня в году; Lat — географическая широта.

Все предикторы вышеуказанной модели значимы на уровне $p < 0,001$. Переменная географической долготы не вошла в конечную архитектуру выбранной модели, так как ни в одной из опробованных моделей не была статистически значима.

Моделирование концентрации хлорофилла *a* проводилось в точках, расположенных на удалении до 200 км от кромки льда в узлах градусной сетки с шагом 0,5° по широте и 2,5° долготы. Каждая точка была отнесена к одной из основных климатических водных масс Баренцева моря (арктическая, атлантическая, баренцевоморская) или к ПОС. Положение климатических водных масс относительно стабильно в многолетнем цикле. Их средние многолетние границы на поверхности моря были использованы при прогнозировании. Поверхностный опресненный слой вблизи кромки льда очень динамичен во времени и пространстве. Его существование на определенном участке акватории моря можно зафиксировать только в конкретный момент времени и при наличии данных о солености и температуре с высоким разрешением по горизонтали и вертикали. Таких подробных архивных данных для района исследования нет. Предполагать наличие ПОС вблизи кромки льда можно при условии таяния льда. Маркером таяния льда и формирования вблизи ледовой кромки слоя талой воды было принято устойчивое сокращение площади льда в течение трех дней, предшествующих дню моделирования. По данным входного массива было установлено, что ПОС распространялся на расстояние от 5 до 100 км от кромки льда. В среднем это расстояние составляло 60 км от кромки льда. При моделировании в дни таяния льда существование ПОС признавалось в точках, удаленных от кромки не более чем на 60 км. Маркером разрушения ПОС в случае повторного наступления холодов принималось увеличение площади льда в течение трех суток, предшествующих дню моделирования.

Было выполнено ретроспективное моделирование концентрации хлорофилла *a* ежедневно в апреле и мае каждого года (1979–2004). Для каждой из дат рассчитано среднее многолетнее (1979–2004) значение концентрации хлорофилла *a* в точках, расположенных вблизи кромки льда. Согласно расчетам, до середины апреля фитопланктон Баренцева моря находился в стадии покоя. Постепенное повышение концентрации хлорофилла *a* начиналось на юго-востоке моря вблизи кромки тающего льда в середине апреля. С конца апреля постепенно росли концентрации хлорофилла *a* на севере моря, достигая пика к середине мая. На рис. 5 показано распределение хлорофилла *a* в период положительных аномалий ледовитости (1979–2004 гг.) — 25 апреля и 15 мая.

Несмотря на то, что кромка тающего льда в 1979–2004 гг. находилась в атлантических и баренцевоморских, а не арктических водах, картина весеннего развития фитопланктона похожа на современную — 2005–2023 гг. Одним из пусковых механизмов для начала вегетации фитопланктона в Баренцевом море может служить установление сезонного пикноклина в слое фотосинтеза [Fischer et al., 2014]. Сезонный слой скачка плотности формируется не одновременно на всей акватории моря.

В юго-западной и центральной частях моря возникновение сезонного пикноклина связано с прогревом поверхности моря. На прогрев требуется значительное количество солнечной энергии и времени, поэтому устойчивая стратификация в этих частях моря формируется лишь в июне — июле.

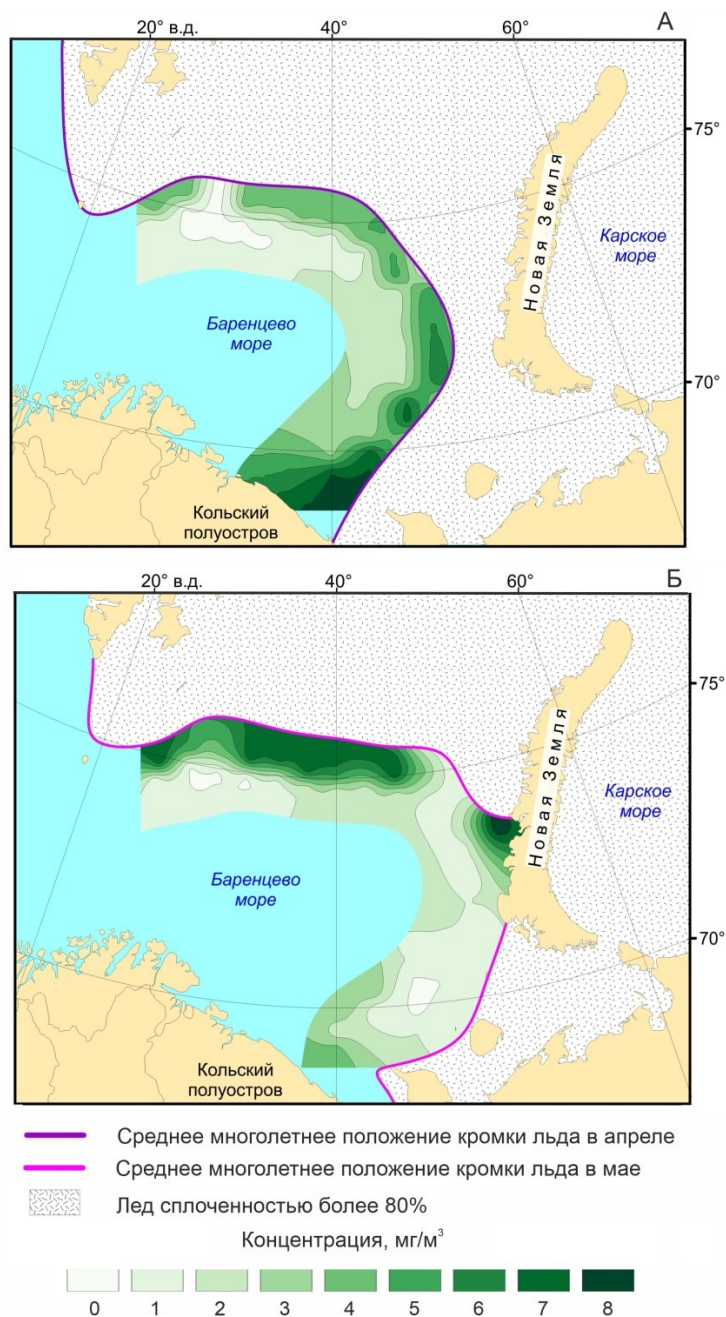


Рис. 5. Средняя концентрация хлорофилла *a* в поверхностном слое воды в 1979–2004 гг. по результатам ретроспективной прогностической модели 25 апреля (А) и 15 мая (Б)
Fig. 5. Average concentration of Chl-*a* in the surface water layer in 1979–2004 according to the results of the retrospective predictive model April 25 (A) and May 15 (B)

В северных районах моря и на юго-востоке сезонный пикноклин начинает формироваться гораздо раньше, так как связан не с прогревом поверхности воды, а с опреснением при таянии льда.

В 1979–2004 гг., благодаря тающему льду, вблизи кромки льда устанавливалась устойчивая стратификация водной толщи, влияющая на весеннее развитие фитопланктона. Затрудняя вертикальный обмен с нижележащими слоями, сезонный пикноклин ограничивает развитие фитопланктона трофогенным слоем определенной толщины, являясь своеобразной границей фитоцена [Водопьянова и др., 2025]. В настоящее время этот механизм является важным фактором, способствующим развитию фитопланктона вблизи кромки льда, которая расположена гораздо севернее, и даже при отсутствии сезонного пикноклина водная толща вблизи кромки льда стратифицирована. Арктические воды распространяются поверх баренцевоморских и атлантических вод, формируя на глубине 50–100 м основной пикноклин, прослеживающийся в северных районах моря в течение всего года [Гидрометеорология..., 1990]. При отсутствии сезонного пикноклина роль границы трофогенного слоя выполняет основной пикноклин [Водопьянова и др., 2025]. Таким образом, в настоящее время благоприятные условия для запуска весеннего «цветения» фитопланктона вблизи кромки льда менее зависимы от процессов таяния. Для поверхностного опресненного слоя воды, ограниченного сезонным пикноклином, характерны чуть более высокие концентрации хлорофилла *a*, чем для арктических вод, ограниченных основным пикноклином. Однако объем воды, заключенный в ПОС, значительно уступает объему слоя арктических вод. Соответственно, объем первичной продукции, способный сформироваться в арктических водах, значительно превосходит таковой в ПОС. Вероятно, что в настоящее время продуктивность Баренцева моря возросла по сравнению с периодом большей ледовитости.

Заключение

Прикромочная ледовая область является важным для весеннего развития фитопланктона участком акватории Баренцева моря. Ледовый режим моря претерпел значительные изменения в начале XXI в. Площадь льда значительно сократилась, а кромка льда весной стала располагаться в более северных широтах. В последние два десятилетия кромка льда весной находилась преимущественно в области распространения арктических вод, именно к этому периоду относится большая часть исследований весеннего развития фитопланктона.

До перестройки ледового режима (в 2004 г.) ледяной покров Баренцева моря занимал почти в 2 раза большую площадь, а кромка льда весной располагалась преимущественно в области распространения атлантических и баренцевоморских вод. Ретроспективное моделирование весеннего развития фитопланктона в 1979–2004 гг. показывает, что в то время, когда кромка льда весной не достигала области распространения арктических вод, весеннее развитие фитопланктона определялось в первую очередь наличием ПОС вблизи кромки льда, образующегося при его таянии. Ранее развитие фитопланктона могло начинаться уже в середине апреля на юго-востоке Баренцева моря, постепенно продвигаясь вдоль кромки льда на север. Началу «цветения» фитопланктона именно на юго-востоке моря способствовало как наличие ПОС, так и достаточный уровень освещенности. На севере моря освещенность в середине апреля, вероятно, недостаточна для активного развития фитопланктона даже при наличии ПОС.

В связи с небольшим объемом входного массива данных, а также с учетом использованных при моделировании допущений касательно распространения ПОС, полученный результат можно рассматривать как первое приближение в оценке условий прошлого. Полученная схема концентраций хлорофилла *a* вблизи ледовой кромки Баренцева моря в весенний период в 1979–2004 гг. в значительной степени условна и требует уточнения по мере накопления новых данных и совершенствования методов ретроспективного моделирования.

Список источников

- Алексеев Г. В., Харланенкова Н. Е., Иванов Н. Е., Глок Н. И. Мониторинг изменений климата в морской Арктике // Проблемы Арктики и Антарктики. 2024. Т. 70, № 1. С. 33–45. <https://doi.org/10.30758/0555-2648-2024-70-1-33-45>
- Аржанова Н. В. Гидрохимические характеристики морского водоема как показатель уровня его биологической продуктивности // Тр. ВНИРО. 2017. Т. 169. С. 104–115.

- Водопьянова В. В., Булавина А. С., Дружкова Е. И., Пастухов И. А., Берченко И. В., Ващенко А. В., Венгер М. П. Вертикальное распределение некоторых компонентов планктонных сообществ Баренцева моря в условиях сезонного пикноклина // Изв. РАН. Сер. биологическая. 2025. № 1. С. 69–83. <https://doi.org/10.7868/S3034536725010071>
- ГОСТ 17.1.4.02–90. Вода. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла *a*. М.: Изд-во стандартов, 2001. 10 с.
- Иванов В. В. Современные изменения гидрометеорологических условий в Северном Ледовитом океане, связанные с сокращением морского ледяного покрова // Гидрометеорология и экология. 2021. № 64. С. 407–434. <https://doi.org/10.33933/2713-3001-2021-64-407-434>
- Кузнецов Л. Л., Шошина Е. В. Фитоценозы Баренцева моря (физиологические и структурные характеристики). Апатиты: КНЦ РАН, 2003. 308 с.
- Макаревич П. Р., Водопьянова В. В., Булавина А. С., Ващенко П. С., Намятов А. А., Пастухов И. А. Локализация центров ранневесеннего цветения фитопланктона в пелагиали Баренцева моря // Морской биол. журн. 2024. Т. 9, № 1. С. 51–69. <https://doi.org/10.21072/mbj.2024.09.1.04>
- Макаревич П. Р. Первичная продукция Баренцева моря // Вестн. МГТУ. 2012. Т. 15, № 4. С. 786–793.
- Максимовская Т. М., Зимин А. В., Моисеев Д. В. Результаты океанографических исследований в прикромочной ледовой зоне Баренцева моря весной 2023 года // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2023. Т. 16, № 4. С. 87–93. [https://doi.org/10.59887/2073-6673.2023.16\(4\)-7](https://doi.org/10.59887/2073-6673.2023.16(4)-7)
- Ожигин В. К., Ившин В. А., Трофимов А. Г., Карсаков А. Л., Анциферов М. Ю. Воды Баренцева моря: структура, циркуляция, изменчивость. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2016. 260 с.
- Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. 1. Баренцево море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 280 с.
- Родионов В. Б., Костяной А. Г. Океанические фронты морей Северо-Европейского бассейна. М.: ГЕОС, 1998. 290 с.
- Сапожников В. В., Агатова А. И., Аржанова Н. В., Мордасова Н. В., Лапина Н. М., Зубаревич В. Л., Лукьянова О. Н., Торгунова Н. И. Руководство по химическому анализу морских и пресных вод при экологическом мониторинге рыбохозяйственных водоемов и перспективных для промысла районов Мирового океана. М.: Изд-во ВНИРО, 2003. 202 с.
- Сапожников В. В. Гидрохимические методы оценки биопродуктивности промысловых районов Мирового океана // Тр. ВНИРО. 2014. Т. 152. С. 3–14.
- Семенов В. А. Колебания современного климата, вызванные обратными связями в системе атмосфера — полярные льды — океан // Фундаментальная и прикладная климатология. 2015. № 1. С. 232–248.
- Трофимов А. Г., Карсаков А. Л., Ившин В. А. Изменения климата в Баренцевом море на протяжении последнего полувека // Тр. ВНИРО. 2018. Т. 173. С. 79–91
- Ширшов П. П. Сезонные явления в жизни фитопланктона полярных морей в связи с ледовым режимом // Тр. Аркт. ин-та. 1937. Т. 82. С. 47–111.
- Dong K., Kvile O. K., Stenseth N. C., Stige L. C. Associations among temperature, sea ice and phytoplankton bloom dynamics in the Barents Sea // Mar. Ecol. Progr. Ser. 2020. Vol. 635. P. 25–36. <https://doi.org/10.3354/meps13218>
- Dvoretzky V. G., Vodopianova V. V., Bulavina A. S. Effects of climate change on chlorophyll *a* in the Barents Sea: A long-term assessment // Biology. 2023. Vol. 12, iss. 1. Article 119 (24 p.). <https://doi.org/10.3390/biology12010119>
- Dvoretzky V. G., Vodopianova V. V., Bulavina A. S., Pastukhov I. A. Spatial patterns in chlorophyll *a* concentration during the winter–spring periods in the Barents Sea // Progr. Oceanogr. 2024. Vol. 228. Article 103332 (14 p.). <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2024.103332>
- Fetterer F., Knowles K., Meier W. N., Savoie M., Windnagel A. K. Sea Ice Index, Version 3 [Data Set]. Boulder, Colorado, USA: National Snow and Ice Data Center. 2017. doi:10.7265/N5K072F8
- Fischer A. D., Moberg E. A., Alexander H., Brownlee E. F., Hunter-Cevera K. R., Pitz K. J., Rosengard S. Z., Sosik H. M. Sixty years of Sverdrup: A retrospective of progress in the study of phytoplankton blooms // Oceanography. 2014. No. 27 (1). P. 222–235. <https://dx.doi.org/10.5670/oceanog.2014.26>
- Kahru M., Brotas V., Manzano-Sarabia M., Mitchell B. G. Are phytoplankton blooms occurring earlier in the Arctic? // Global Change Biol. 2011. Vol. 17, No. 4. P. 1733–1739. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02312.x>
- Lewis K. M., Van Dijken G. L., Arrigo K. R. Changes in phytoplankton concentration now drive increased Arctic Ocean primary production // Science. 2020. Vol. 369, No. 6500. P. 198–202. URL: <https://doi.org/10.1126/science.aay8380>
- Lind S., Ingvaldsen R. B., Furevik T. Arctic warming hotspot in the northern Barents Sea linked to declining sea-ice import // Nat. Clim. Change. 2018. No. 8. P. 634–639. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0205-y>
- Makarevich P. R., Vodopianova V. V., Bulavina A. S. Dynamics of the spatial chlorophyll-*a* distribution at the Polar front in the marginal ice zone of the Barents Sea during spring // Water. 2022. Vol. 14, No. 1. Article 101. <https://doi.org/10.3390/w14010101>

- Matishov G., Moiseev D., Lyubina O., Zhichkin A., Dzhenyuk S., Karamushko O., Frolova E. Climate and cyclic hydrobiological changes of the Barents Sea from the twentieth to twenty-first centuries // *Polar Biol.* 2012. Vol. 35. P. 1773–1790. <https://doi.org/10.1007/s00300-012-1237-9>
- Oziel L., Neukermans G., Ardyna M., Lancelot C., Tison J. L., Wassmann P., Sirven J., Ruiz-Pino D., Gascard J. C. Role for Atlantic inflows and sea ice loss on shifting phytoplankton blooms in the Barents Sea // *J. Geophys. Res. Oceans.* 2017. Vol. 122, No. 6. P. 5121–5139. <https://doi.org/10.1002/2016JC012582>
- Richards F. A. Dissolved silicate and related properties of some western north Atlantic and Caribbean waters // *J. Mar. Res.* 1958. Vol. 17. P. 449–465.
- Risebrobakken B., Berben S. M. P. Early holocene establishment of the Barents Sea Arctic front // *Frontiers of Earth Sci.* 2018. Vol. 6. Article 166. <https://doi.org/10.3389/feart.2018.00166>
- Rudels B., Schauer U., Björk G., Korhonen M., Pisarev S., Rabe B., Wisotzki A. Observations of water masses and circulation with focus on the Eurasian Basin of the Arctic Ocean from the 1990s to the late 2000s // *Ocean Sci.* 2013. Vol. 9. P. 147–169. <https://doi.org/10.5194/os-9-147-2013>
- Vodopyanova V. V., Dvoretzky V. G., Bulavina A. S. Spatial and seasonal variability of the chlorophyll *a* concentration in the Barents Sea // *Biol. Bull.* 2024. Vol. 51, No. 2. P. 410–420. <https://doi.org/10.1134/S1062359023602744>
- Wassmann P. Arctic marine ecosystems an era of rapid change // *Progr. Oceanogr.* 2011. Vol. 90, No. 1–4. P. 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2011.02.002>
- Wood E. D., Armstrong F. A. J., Richards F. A. Determination of nitrate in sea water by cadmium-copper reduction to nitrite // *J. Mar. Biol. Ass. UK.* 1967. No. 47. P. 23–31.

References

- Alekseev G. V., Kharlanenkova N. E., Ivanov N. E., Glok N. I. Monitoring izmeneniy klimata v morskoy Arktike [Monitoring climate change in the marine Arctic]. *Problemy Arktiki i Antarktiki* [Arctic and Antarctic Research], 2024, Vol. 70, No. 1, pp. 33–45. <https://doi.org/10.30758/0555-2648-2024-70-1-33-45> (In Russ.).
- Arzhanova N. V. Gidrokhimicheskie kharakteristiki morskogo vodoema kak pokazatel' urovnya ego biologicheskoy produktivnosti [Hydrochemical characteristics of a marine body of water as an indicator of its biological productivity]. *Trudy VNIRO* [Transactions of VNIRO], 2017, Vol. 169, pp. 104–117. (In Russ.).
- Dong K., Kvile O. K., Stenseth N. C., Stige L. C. Associations among temperature, sea ice and phytoplankton bloom dynamics in the Barents Sea. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 2020, Vol. 635, pp. 25–36. <https://doi.org/10.3354/meps13218>
- Dvoretzky V. G., Vodopianova V. V., Bulavina A. S. Effects of climate change on chlorophyll *a* in the Barents Sea: A long-term assessment. *Biology*, 2023, Vol. 12, iss. 1, Article 119 (24 p.). <https://doi.org/10.3390/biology12010119>
- Dvoretzky V. G., Vodopianova V. V., Bulavina A. S., Pastukhov I. A. Spatial patterns in chlorophyll *a* concentration during the winter-spring periods in the Barents Sea. *Progr. Oceanogr.*, 2024, Vol. 228, Article 103332 (14 p.). <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2024.103332>
- Fetterer F., Knowles K., Meier W. N., Savoie M., Windnagel A. K. Sea ice index. Version 3 [Data Set]. Boulder, Colorado USA, National Snow and Ice Data Center, 2017. <https://doi.org/10.7265/N5K072F8>
- Fischer A. D., Moberg E. A., Alexander H., Brownlee E. F., Hunter-Cevera K. R., Pitz K. J., Rosengard S. Z., Sosik H. M. Sixty years of Sverdrup: A retrospective of progress in the study of phytoplankton blooms. *Oceanography*, 2014, No. 27 (1), pp. 222–235. <https://dx.doi.org/10.5670/oceanog.2014.26>
- Gidrometeorologiya i gidrokhimiya morey SSSR. T. 1. Barentsevo more. Vyp. 1. *Gidrometeorologicheskie usloviya*. [Hydrometeorology and hydrochemistry of the seas of the USSR. Vol. 1. Barents Sea. No. 1. Hydrometeorological conditions]. Saint Petersburg, Gidrometeoizdat, 1990, 280 p.
- GOST 17.1.4.02-90. Voda. Metodika spektrofotometricheskogo opredeleniya khlorofilla *a*. [GOST 17.1.4.02–90. Water. Method for spectrophotometric determination of chlorophyll *a*]. Moscow, Publ. standartov, 2001. 10 p.
- Ivanov V. V. Sovremennye izmeneniya gidrometeorologicheskikh usloviy v Severnom Ledovitom okeane, svyazannye s sokrashcheniem morskogo ledyanogo pokrova [Present changes in hydrometeorological conditions in the Arctic Ocean associated with reduction of the sea ice cover]. *Gidrometeorologiya i ekologiya* [Hydrometeorology and ecology], 2021, No. 64, pp. 407–434. <https://doi.org/10.33933/2713-3001-2021-64-407-434> (In Russ.).
- Kahru M., Brotas V., Manzano-Sarabia M., Mitchell B. G. Are phytoplankton blooms occurring earlier in the Arctic? *Global Change Biol.*, 2011, Vol. 17, No. 4, pp. 1733–1739. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02312.x>
- Kuznetsov L. L., Shoshina E. V. *Fitocenozy Barentseva morya (fiziologicheskie i strukturnye kharakteristiki)* [Phytocenoses of the Barents Sea (physiological and structural characteristics)]. Apatity, Publ. KSC RAS, 2003, 308 p.
- Lewis K. M., Van Dijken G. L., Arrigo K. R. Changes in phytoplankton concentration now drive increased Arctic Ocean primary production. *Science*, 2020, Vol. 369, No. 6500, pp. 198–202. <https://doi.org/10.1126/science.aay8380>

- Lind S., Ingvaldsen R. B., Furevik T. Arctic warming hotspot in the northern Barents Sea linked to declining sea-ice import. *Nat. Clim. Change*, 2018, No. 8, pp. 634–639. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0205-y>
- Makarevich P. R. Pervichnaya produktsiya Barentseva morya [Primary products of the Barents Sea]. *Vestnik MGTU* [Bulletin of the MSTU], 2012. Vol. 15, No. 4, pp. 786–793. (In Russ.)
- Makarevich P. R., Vodop'yanova V. V., Bulavina A. S. Dynamics of the spatial chlorophyll-*a* distribution at the Polar front in the marginal ice zone of the Barents Sea during spring. *Water*, 2022. Vol. 14, No. 1, Article 101. <https://doi.org/10.3390/w14010101>
- Makarevich P. R., Vodop'yanova V. V., Bulavina A. S., Vashchenko A. V., Namyatov A. A., Pastukhov I. A. Lokalizatsiya tsentrov rannevesennogo tsveteniya fitoplanktona v pelagiali Barentseva morya [Localization of phytoplankton early spring bloom spots in the pelagic zone of the Barents Sea]. *Morskoy biologicheskiy zhurnal* [Mar. Biol. J.], 2024, Vol. 9, No. 1, pp. 51–69. <https://doi.org/10.21072/mbj.2024.09.1.04> (In Russ.).
- Maksimovskaya T. M., Zimin A. V., Moiseev D. V. Rezul'taty okeanograficheskikh issledovaniy v prikromochnoy ledovoy zone Barentseva morya vesnoy 2023 goda [The results of oceanographic studies in the marginal ice zone of the Barents Sea in the spring of 2023]. *Fundamental'naya i prikladnaya gidrofizika* [Fundamental and applied hydrophysics]. 2023, Vol. 16, No. 4, pp. 87–93. [https://doi.org/10.59887/2073-6673.2023.16\(4\)-7](https://doi.org/10.59887/2073-6673.2023.16(4)-7) (In Russ.).
- Matishov G., Moiseev D., Lyubina O., Zhichkin A., Dzhenyuk S., Karamushko O., Frolova E. Climate and cyclic hydrobiological changes of the Barents Sea from the twentieth to twenty-first centuries. *Polar Biol.*, 2012, Vol. 35, pp. 1773–1790. <https://doi.org/10.1007/s00300-012-1237-9>
- Ozhigin V. K., Ivshin V. A., Trofimov A. G., Karsakov A. L., Antsiferov M. Yu. Vody Barentseva morya: struktura, tsirkulyatsiya, izmenchivost' [The Barents Sea: structure, circulation and variability]. Murmansk, Publ. PINRO, 2016. 260 p.
- Oziel L., Neukermans G., Ardyna M., Lancelot C., Tison J. L., Wassmann P., Sirven J., Ruiz-Pino D., Gascard J. C. Role for Atlantic inflows and sea ice loss on shifting phytoplankton blooms in the Barents Sea. *J. Geophys. Res. Oceans*, 2017, Vol. 122, No. 6, pp. 5121–5139. <https://doi.org/10.1002/2016JC012582>
- Richards F. A. Dissolved silicate and related properties of some western north Atlantic and Caribbean waters. *J. Mar. Res.*, 1958, Vol. 17, pp. 449–465.
- Risebrobakken B., Berben S. M. P. Early Holocene establishment of the Barents Sea Arctic front. *Frontiers of Earth Sci.*, 2018, Vol. 6, Article 166. <https://doi.org/10.3389/feart.2018.00166>
- Rodionov V. B., Kostyanoy A. G. Okeanicheskie fronty morey Severo-Evropeyskogo basseyna [Oceanic fronts of the seas of the North European basin]. Moscow, GEOS, 1998, 290 p.
- Rudels B., Schauer U., Björk G., Korhonen M., Pisarev S., Rabe B., Wisotzki A. Observations of water masses and circulation with focus on the Eurasian Basin of the Arctic Ocean from the 1990s to the late 2000s. *Ocean Sci.*, 2013, Vol. 9, pp. 147–169. <https://doi.org/10.5194/os-9-147-2013>
- Sapozhnikov V. V. Gidrokhimicheskie metody otsenki bioproduktivnosti promyslovyykh rayonov Mirovogo okeana [Hydrochemical methods of the bioproductivity assessment in fishing grounds of the World Ocean]. *Trudy VNIRO* [Transactions of VNIRO], 2014, Vol. 152, pp. 3–14. (In Russ.).
- Sapozhnikov V. V., Agatova A. I., Arzhanova N. V., Mordasova N. V., Lapina N. M., Zubarevich V. L., Lukyanova O. N., Torgunova N. I. Rukovodstvo po khimicheskomu analizu morskikh i presnykh vod pri ekologicheskom monitoringe rybnokhozyaystvennykh vodoyemov i perspektivnykh dlya promysla rayonov Mirovogo okeana [Guidelines for chemical analysis of marine and fresh water for environmental monitoring of fisheries and promising areas of the World Ocean]. Moscow, Publ. VNIRO, 2003, 202 p.
- Semenov V. A. Kolebaniya sovremennogo klimata, vyzvannye obratnymi svyaziyami v sisteme atmosfera — polyarnye l'dy — okean [Fluctuations in the modern climate caused by feedback in the atmosphere — polar ice — ocean system]. *Fundamental'naya i prikladnaya klimatologiya* [Fundamental and applied climatology], 2015, No. 1, pp. 232–248. (In Russ.).
- Shirshov P. P. Sezonnye yavleniya v zhizni fitoplanktona polyarnykh morey v svyazi s ledovym rezhimom [Seasonal phenomena in the life of polar sea phytoplankton in relation to the ice regime]. *Trudy Arkticheskogo Instituta* [Transactions of Arctic Institute], 1937, Vol. 82, pp. 47–111. (In Russ.).
- Trofimov A. G., Karsakov A. L., Ivshin V. A. Izmeneniya klimata v Barentsevom more na protyazhenii poslednego poluveka [Climate changes in the Barents Sea over the last half century]. *Trudy VNIRO* [Transactions of VNIRO], 2018, Vol. 173, pp. 79–91. (In Russ.).
- Vodopyanova V. V., Bulavina A. S., Druzhkova E. I., Pastukhov I. A., Berchenko I. V., Vashchenko A. V., Venger M. P. Vertikal'noe raspredelenie nekotorykh komponentov planktonnykh soobshchestv Barentseva morya v usloviyakh sezonnogo piknoklina [Vertical distribution of some components of the Barents Sea plankton communities under

seasonal pycnocline conditions]. *Izvestiya RAN. Seriya biologicheskaya* [Izvestia of the RAS], 2025, No. 1, pp. 69–83. <https://doi.org/10.7868/S3034536725010071> (In Russ.).

Vodopyanova V. V., Dvoretsky V. G., Bulavina A. S. Spatial and seasonal variability of the chlorophyll *a* concentration in the Barents Sea. *Biol. Bull.*, 2024, Vol. 51, No. 2, pp. 410–420. <https://doi.org/10.1134/S1062359023602744>

Wassmann P. Arctic marine ecosystems an era of rapid change. *Progr. Oceanogr.*, 2011, Vol. 90, No. 1–4, pp. 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.pocan.2011.02.002>

Wood E. D., Armstrong F. A. J., Richards F. A. Determination of nitrate in sea water by cadmium-copper reduction to nitrite. *J. Mar. Biol. Ass. UK*, 1967, No. 47, pp. 23–31.

Информация об авторах

А. С. Булавина — кандидат географических наук, старший научный сотрудник;

В. В. Водопьянова — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник;

И. А. Пастухов — младший научный сотрудник.

Information about the author

A. S. Bulavina — PhD (Geography), Senior Researcher;

V. V. Vodopyanova — PhD (Biology), Senior Researcher;

I. A. Pastukhov — Junior Researcher.

Статья поступила в редакцию 25.03.2026; одобрена после рецензирования 29.04.2026; принята к публикации 30.04.2026.

The article was submitted 25.03.2026; approved after reviewing 29.04.2026; accepted for publication 30.04.2026.

Научная статья
УДК 594 (268.45)
doi:10.37614/2949-1185.2026.5.3.006

БАТИМЕТРИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАКОВИННЫХ GASTROPODA У БЕРЕГОВ НОВОЙ ЗЕМЛИ

Зинаида Юрьевна Румянцева^{1✉}, Иван Олегович Нехаев²

¹Мурманский морской биологический институт РАН, Мурманск, Россия

²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

¹rumyantseva@mmbi.info[✉], <https://orcid.org/0009-0002-3883-8362>

²inekhaev@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9464-715X>

Аннотация

Батиметрический градиент играет важную роль в формировании структуры морских донных сообществ. В настоящей работе проведен анализ батиметрического распределения раковинных Gastropoda у берегов архипелага Новая Земля. Изменение видового богатства по глубине демонстрирует наибольшее снижение числа видов в интервале 60–100 м. Полученные результаты свидетельствуют о наличии выраженного батиметрического градиента в распределении раковинных Gastropoda у берегов Новой Земли и позволяют выделить глубину 80 м как важный структурный рубеж в организации их фауны.

Ключевые слова:

Баренцево море, Карское море, Gastropoda, глубина

Благодарности

Исследования выполнены в рамках темы «Мониторинг донных сообществ морей Российской Арктики: экология, биоразнообразие, оценка рисков и рациональное использование гидробионтов» № госрегистрации 125013001157-6; авторы признательны Русскому географическому обществу за неоценимую помощь в организации и проведении экспедиции на ледоколе «Илья Муромец».

Для цитирования:

Румянцева З. Ю., Нехаев И. О. Батиметрическое распределение раковинных Gastropoda у берегов Новой Земли // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Естественные и гуманитарные науки. 2026. Т. 5, № 3. С. 81–89. doi:10.37614/2949-1185.2026.5.3.006

Original article

BATHYMETRIC DISTRIBUTION OF SHELL-BEARING GASTROPODA OF THE COAST OF NOVAYA ZEMLYA

Zinaida Yu. Rumyantseva^{1✉}, Ivan O. Nekhaev²

¹Murmansk Marine Biological Institute, Russian Academy of Sciences, Murmansk, Russia

²Saint-Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

¹rumyantseva@mmbi.info[✉], <https://orcid.org/0009-0002-3883-8362>

²inekhaev@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9464-715X>

Abstract

The bathymetric gradient plays an important role in the formation of the structure of marine bottom communities. In this paper, the bathymetric distribution of shell-bearing Gastropoda off the coast of the Novaya Zemlya archipelago is analyzed. The change in species richness in depth shows the greatest decrease in the number of species in the range of 60–100 m. The results obtained indicate the presence of a pronounced bathymetric gradient in the distribution of shell-bearing Gastropods off the coast of Novaya Zemlya and allow us to identify a depth of about 80 m as an important structural boundary in the organization of their fauna.

Keywords:

Barents Sea, Kara Sea, Gastropoda, depth

Acknowledgements

The research was carried out under the theme «Monitoring of bottom communities of the seas of the Russian Arctic: ecology, biodiversity, risk assessment and rational use of aquatic organisms» (state registration no. 125013001157-6); the authors are grateful to the Russian Geographical Society for invaluable assistance in organizing and conducting an expedition on the icebreaker «Ilya Muromets».

For citation:

Rumyantseva Z. Yu., Nekhaev I. O. Bathymetric distribution of shell-bearing Gastropoda off the coast of Novaya Zemlya // Transactions of the Kola Science Centre of RAS. Series: Natural Sciences and Humanities. 2026. Vol. 5, No. 3. P. 81–89. doi:10.37614/2949-1185.2026.5.3.006

Введение

Одним из наиболее значимых градиентов, обуславливающих распространение донных организмов, является батиметрический. Биологическое разнообразие, выражаемое в терминах как таксономического богатства, так и обилия, значительно падает по направлению от высокопродуктивных прибрежных сообществ к шельфу. Недостаток света и связанный с ним дефицит питательных веществ являются основными факторами, вызывающими это обеднение [Carney, 2005; Brown, Thatje, 2014]. С другой стороны, более активная циркуляция воды в прибрежных районах, по сравнению с глубоководными зонами, создает фаунистическую границу, отвечающую за смену более адаптированной к резкому изменению условий среды прибрежной фауны на менее толерантную глубоководную. Изменения могут быть настолько выраженными, что эту границу в северных морях иногда трактуют как биогеографическую [Jirkov, 2013; Жирков, 2017].

Архипелаг Новая Земля разделяет Баренцево и Карское моря с разными гидрологическим и ледовым режимами, продолжительностью фотосинтетического периода и уровнями продуцирования органического вещества [Зенкевич, 1963]. Западный берег архипелага находится под влиянием теплых течений, несущих трансформированные атлантические воды (Колгуево-Печорское течение и прибрежная ветвь Новоземельского течения). Северная часть Новой Земли находится под влиянием арктических водных масс. Воды Карского моря вдоль восточного архипелага отличаются суровым температурным режимом, температура в течение всего года остается отрицательной, побережье этого района бывает покрыто льдом на протяжении 6–7 месяцев, а водные массы сильно стратифицированы [Зенкевич, 1963]. Особенностью юго-восточной части Баренцева моря (Печорское море), которое омывает южный берег архипелага, является мелководность, подверженность влиянию речного стока, сочетание разнообразных водных масс различного происхождения, изменчивость температуры и солености, а также образование сезонного льда в зимний период [Denisenko et al., 2003].

Указанные особенности не могут не влиять на состав и функционирование донной фауны, распространенной на разных участках побережья архипелага Новая Земля. Сведения о ее разнообразии и обилии очень малочисленны и разрозненны.

Гидробиологические исследования побережья и заливов архипелага Новая Земля впервые были проведены в 1920-х гг. как со стороны Баренцева [Гурьянова, Ушаков, 1928], так и Карского моря [Зенкевич, 1924; Ушаков, 1931; Филатова, Зенкевич, 1957]. Тогда они преследовали цель оценить биоресурсный потенциал арктических архипелагов. В послевоенные годы доступ исследователей к берегам архипелага был прекращен на многие десятилетия в связи с испытанием ядерного оружия в губе Черная [Pogrebov et al., 1997]. Сравнительно недавно были инициированы работы по изучению макробентоса у побережья Новой Земли, а именно разнообразия донных сообществ ряда заливов и губ [Фролова и др., 2014; Удалов и др., 2016, 2018; Чава и др., 2017; Удалов и др., 2019; Nekhaev, Krol, 2017; Udalov et al., 2021; Nekhaev, 2022]. Несмотря на большой объем исследований, связь распространения макробентосных беспозвоночных у берегов архипелага с глубиной практически не изучена.

Целью настоящей работы является изучение паттернов батиметрического распространения раковинных Gastropoda — одной из наиболее богатых в таксономическом отношении и хорошо изученных групп донных организмов у берегов архипелага.

Материал и методы

Архипелаг Новая Земля состоит из двух разделенных узким проливом Маточкин Шар больших островов — Северного и Южного и множества мелких, омываемых с запада Баренцевым морем, с востока Карским. Рельеф дна Баренцева моря отличается большим разнообразием форм и высокой степенью расчлененности. Вдоль западных берегов о. Северный тянется довольно большая по площади Новоземельская банка с глубинами от 100 до 200 м. Южная часть этой банки отделена от о. Северный узким и глубоким желобом. К северо-востоку от Новоземельской банки, недалеко от побережья о. Северный, расположено небольшое плато Литке, где нередки глубины менее 100 м. В южной части моря можно отметить ряд мелководий с глубинами от 100 до 150 м, таких как Мурманская возвышенность,

Северо-Канинская и Гусиная банки. На северо-востоке моря, к югу от архипелага Земля Франца-Иосифа, расположено Северо-Восточное плато, состоящее из комплекса банок, имеющих глубину от 100 до 150 м [Ожигин и др., 2016].

Для анализа нами было использовано три основных источника данных. Во-первых, это постанционные видовые списки, обобщенные в статье И. О. Нехаева и Е. Н. Кроль [Nekhaev, Krol, 2017]. Во-вторых, материалы из прибрежной части севера Новой Земли, собранные в экспедиции «Арктический плавучий университет — 2018», описанные ранее [Nekhaev, 2022]. Третьим источником данных стали сборы, выполненные сотрудниками Мурманского морского биологического института РАН в августе 2022 г. с борта ледокола «Илья Муромец». Отбор бентосных проб проводился дночерпателем ван-Вина с площадью захвата 0,1 м² в трехкратной повторности. Грунт промывался через капроновое сито с ячейей 0,5 мм. После промывки пробы были зафиксированы в пластиковых емкостях 4 %-м раствором формалина, нейтрализованного тетраборатом натрия. Всего было отобрано 30 проб на 10 станциях. Глубина в местах отбора бентоса варьировала от 18 до 70 м. Камеральная обработка проб осуществлялась в лаборатории зообентоса ММБИ [Научный..., 2023].

Финальный массив данных включал в себя 65 станций (рис. 1). Глубина у побережья Новой Земли не превышала 260 м. Большая часть материала была отобрана на станциях (58) у западного берега архипелага в Баренцевом море.

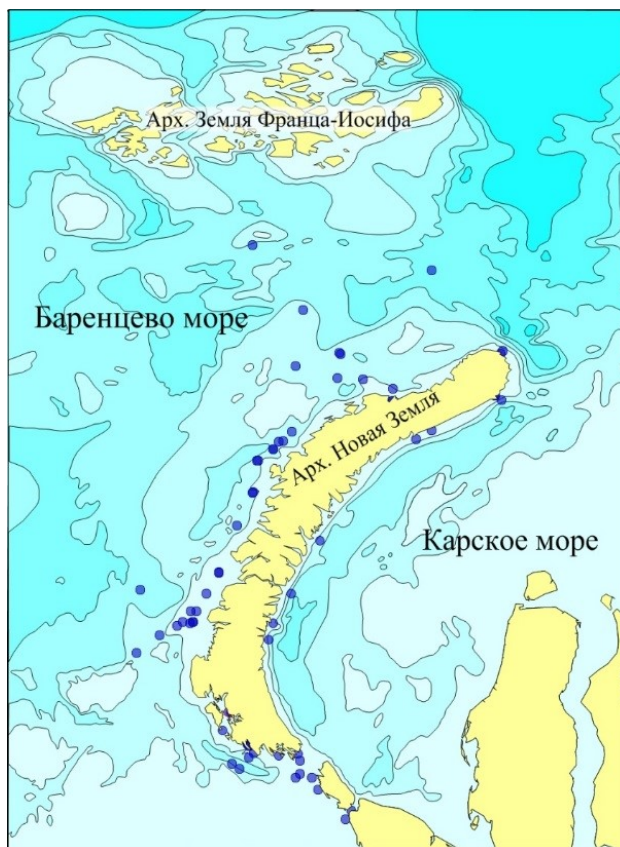


Рис. 1. Карта-схема расположения станций

Fig. 1. Map of the study areas

Для анализа батиметрического распространения видов была построена матрица их распространения, разделенная на 10-метровые диапазоны. Каждый вид считался распространенным во всем диапазоне глубин (от минимальной до максимальной глубины находок). На основе этой матрицы была построена дендрограмма сходства диапазонов глубин по видовому составу на основе индекса Брея — Кёртиса

невзвешенного попарно-группового среднего [Clarke, Warwick, 1994] и график изменения видового состава. Все расчеты и визуализация данных были проведены в пакете программирования R.

Результаты и обсуждение

Всего в исследуемом районе было отмечено 62 вида раковинных Gastropoda (рис. 2).

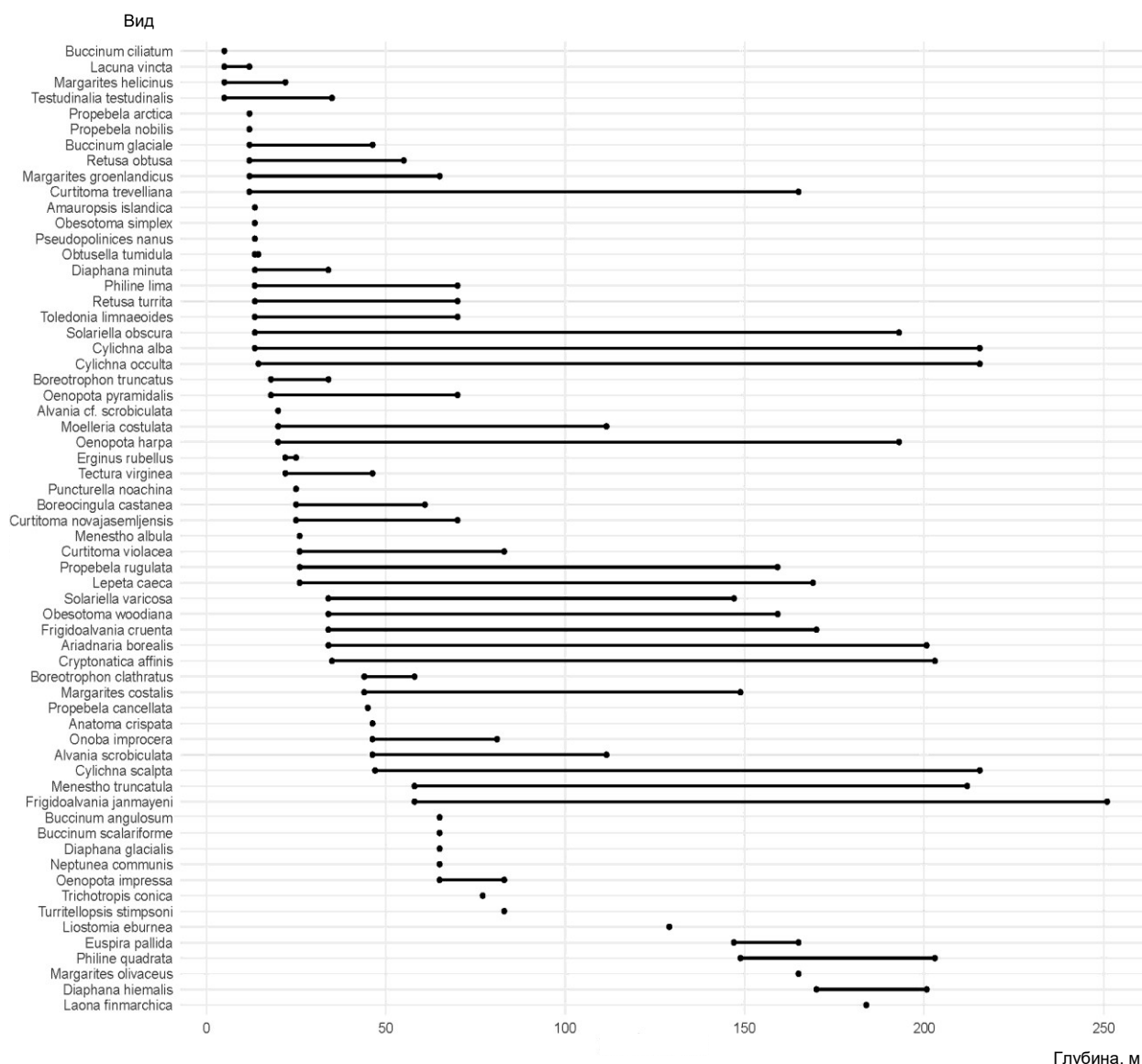


Рис. 2. Видовой состав раковинных Gastropoda с указанием глубинных диапазонов их встречаемости
Fig. 2. Species composition of conch Gastropoda with indication of the depth ranges of their occurrence

На рис. 3 приведены данные о батиметрическом распределении раковинных Gastropoda у берегов архипелага Новая Земля. Кластерный анализ сходства 10-метровых глубинных диапазонов по видовому составу выявил несколько отчетливо обособленных групп (рис. 4). В целом выделяются три основных интервала: 10–160, 160–220 и 220–260 м. Наиболее протяженный интервал 10–160 м, в свою очередь, подразделяется на два подкластера с границей примерно 80 м.

Изменение видового богатства по глубине демонстрирует наибольшее снижение числа видов в интервале 60–100 м, что соответствует разделению внутри верхнего кластера. Таким образом,

глубина примерно 80 м может рассматриваться как важный рубеж в структуре фауны раковинных Gastropoda в исследованном районе.

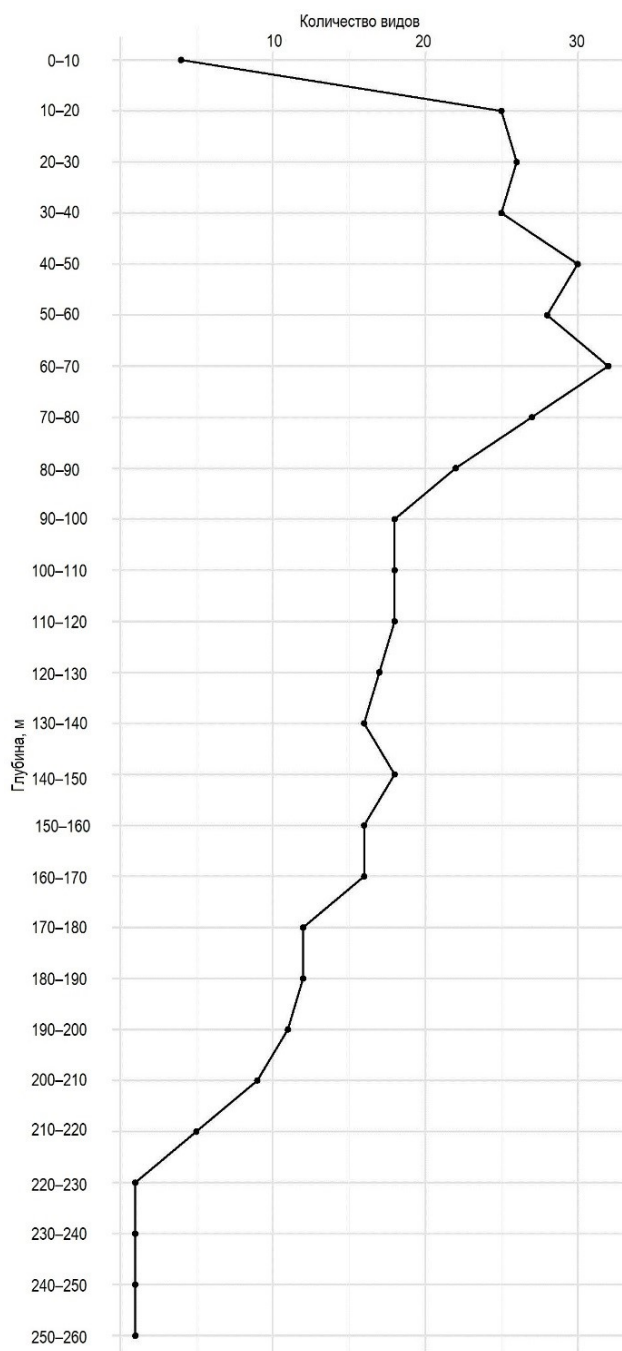


Рис. 3. Батиметрическое распределения раковинных Gastropoda
Fig. 3. Bathymetric distribution of shell-bearing Gastropoda

Резкое увеличение количества видов в диапазоне 0–10 м, а также обособление кластеров глубже 160 м, вероятно, частично обусловлены неравномерностью выборки, поскольку именно в этих диапазонах было выполнено наименьшее число проб. Следовательно, интерпретация этих особенностей требует осторожности и подтверждения дополнительными материалами.

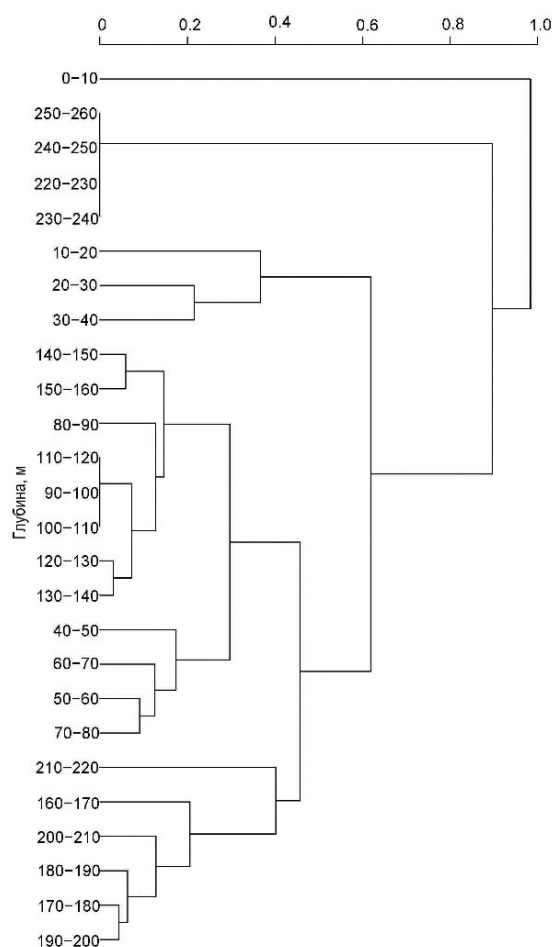


Рис. 4. Кластерный анализ сходства глубинных диапазонов по фауне раковинных Gastropoda
Fig. 4. Cluster analysis of the similarity of deep ranges in the fauna of shell Gastropoda

Выявленный перегиб в распределении видового разнообразия согласуется с ранее полученными данными для Мурманского берега Баренцева моря, где также отмечалось существенное изменение структуры фауны в диапазоне глубин, близком к изобате 80 м [Нехаев, 2015]. Это позволяет предположить, что подобная батиметрическая граница может носить более общий характер для побережья Баренцева моря и прилегающих районов. Мы не обнаружили выраженного пика разнообразия брюхоногих моллюсков, как это было показано для массива данных по всему макрозообентосу у побережья Мурмана [Любина и др., 2014].

Уменьшение числа видов у берегов Мурмана и в других прибрежных районах с увеличением глубины ранее описано для различных таксонов и групп макрозообентоса [Dahle et al., 1998; Любина и др., 2012, 2014]. Таким образом, выявленная в настоящем исследовании тенденция не является уникальной для раковинных Gastropoda и, по-видимому, отражает более общий батиметрический паттерн, характерный для шельфовых районов северных морей.

Наиболее часто снижение видового богатства при удалении от берега связывают с изменением характера донных субстратов. В прибрежной зоне преобладают твердые и разнородные по структуре каменистые и галечные грунты, тогда как на больших глубинах доминируют мягкие илистые и илисто-песчаные осадки. Это соответствует представлению о субстрате как одном из ведущих факторов, определяющих распределение донной фауны, поскольку он формирует как физическую среду обитания, так и условия закрепления, укрытия и питания организмов. Смена типа субстрата, вероятно, приводит к изменению набора экологических ниш и, соответственно, к перестройке видового состава.

Альтернативным объяснением может служить существование прибрежного фронта, описанного И. А. Жирковым [2017] как зоны максимального перемешивания воды, обеспечивающего более активную циркуляцию в верхних горизонтах. В пределах такой зоны возможно усиление обменных процессов и перераспределение взвешенного органического вещества, что потенциально способствует поддержанию более высокого разнообразия по сравнению с более стабильными придонными слоями внешнего шельфа.

Наконец, с увеличением глубины обычно снижается приток доступного органического вещества и общая продуктивность сообществ, что также может приводить к уменьшению числа видов. Однако в исследованном районе наиболее резкое сокращение видового богатства происходит выше обнаруженной нами границы, что позволяет рассматривать данный фактор скорее как дополнительный, усиливающий уже сформировавшийся батиметрический градиент, чем как его основную причину.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о наличии выраженного батиметрического градиента в распределении раковинных *Gastropoda* у берегов Новой Земли и позволяют выделить глубину примерно 80 м как важный структурный рубеж в организации их фауны. Уточнение характера этой границы и факторов, ее формирующих, требует дальнейших исследований с более равномерным охватом различных участков побережья и больших глубин.

Список источников

- Гурьянова Е. Ф., Ушаков П. В. К фауне Черной губы на Новой Земле // Исследования морей СССР. Вып. 6. 1928. С. 3–71.
- Жирков И. А. Биогеография. Общая и частная: суши, моря и континентальных водоемов. М.: Тов-во науч. изданий КМК, 2017. 568 с.
- Зенкевич Л. А. Биология морей СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 739 с.
- Зенкевич Л. А. Физико-географический очерк Белушьяго полуострова на Новой Земле. М.: [Б.и.], 1924. 10 с.
- Любина О. С., Зимина О. Л., Фролова Е. А., Фролов А. А., Ахметчина О. Ю., Нехаев И. О., Дикаева Д. Р., Гарбуль Е. А. Зообентос сублиторали губ Кольского полуострова // Морские экосистемы и сообщества в условиях современных климатических изменений. СПб.: Реноме, 2014. С. 131–148.
- Любина О. С., Зимина О. Л., Фролова Е. А., Фролов А. А., Нехаев И. О., Гарбуль Е. А. Особенности распределения зообентоса в прибрежной зоне Кольского полуострова // Вестн. Мурман. гос. техн. ун-та. 2012. Вып. 15, № 4. С. 776–785.
- Научный отчет комплексной экспедиции на ледоколе «Илья Муромец» в Баренцево и Карское моря 27 июля — 10 августа 2022 г. / Д. В. Моисеев, Н. В. Лебедева, З. Ю. Румянцева, В. В. Водопьянова, Л. В. Павлова; ММБИ РАН. Мурманск, 2023. 60 с.
- Нехаев И. О. Морские раковинные брюхоногие моллюски (Mollusca: Gastropoda) Мурмана: дис. ... канд. биол. наук. Мурманск, 2015. 178 с.
- Ожигин В. К., Ившин В. А., Трофимов А. Г., Карсаков А. Л., Анциферов М. Ю. Воды Баренцева моря: структура, циркуляция, изменчивость. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2016. 260 с.
- Удалов А. А., Веденин А. А., Симаков М. И. Донная фауна залива Благополучия (Новая Земля, Карское море) // Океанология. 2016. Т. 56, № 5. С. 720–730.
- Удалов А. А., Веденин А. А., Чава А. И. Донная фауна залива Степового (Новая Земля, Карское море) // Океанология. 2018. Т. 58, № 6. С. 923–932.
- Удалов А. А., Веденин А. А., Чава А. И., Щука С. А. Донная фауна залива Ога (Новая Земля, Карское море) // Океанология. 2019. Т. 59, № 6. С. 1028–1038.
- Ушаков П. В. Бентонические группировки Маточкина Шара // Исследования морей СССР. Вып. 12. 1931. С. 5–130.
- Филатова З. А., Зенкевич Л. А. Количественное распределение донной фауны Карского моря // Тр. ВГБО. 1957. Т. VIII. С. 3–67.
- Фролова Е. А., Ахметчина О. Ю., Гарбуль Е. А., Дикаева Д. Р., Зимина О. Л., Любина О. С., Нехаев И. О., Пантелеева Н. Н., Фролов А. А. Бентосные сообщества архипелага Земля Франца-Иосифа // Тр. Кольского научного центра РАН. Сер. Океанология. Вып. 2. 2014. Т. 4 (23). С. 179–222. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29085133>
- Чава А. И., Удалов А. А., Веденин А. А., Симаков М. И., Щука С. А., Мокиевский В. О. Донная фауна залива Цивольки (архипелаг Новая Земля, Карское море) // Океанология. 2017. Т. 57, № 1. С. 160–170.
- Brown A., Thatje S. Explaining bathymetric diversity patterns in marine benthic invertebrates and demersal fishes: physiological contributions to adaptation of life at depth // Biol. Rev. 2014, Vol. 89. P. 406–426. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111%2Fbrv.12061>

- Carney R. Zonation of Deep Biota on Continental Margins // *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*. 2005. Vol. 43. P. 211–278.
- Clarke K., Warwick R. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Plymouth: Natural Environment Research Council, Plymouth marine laboratory, 1994. 144 p.
- Dahle S., Denisenko S., Denisenko N., Cochrane S. J. Benthic fauna in the Pechora Sea // *Sarsia*. 1998. Vol. 83. P. 183–210.
- Denisenko S. G., Denisenko N. V., Lehtonen K. K., Andersin A. B., Laine A. O. Macrozoobenthos of the Pechora Sea (SE Barents Sea): Community structure and spatial distribution in relation to environmental conditions // *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 2003. Vol. 258. P. 109–123. <http://dx.doi.org/10.3354/meps258109>
- Jirkov I. A. Biogeography of the Barents Sea benthos // *Invertebrate Zoology*. 2013. Vol. 10 (1). P. 69–88.
- Nekhaev I. O., Krol E. N. Diversity of shell-bearing gastropods along the western coast of the Arctic archipelago Novaya Zemlya: an evaluation of modern and historical data // *Polar Biol.* 2017. Vol. 40. P. 2279–2289. <https://doi.org/10.1007/s00300-017-2140-1>
- Nekhaev I. O. Unusual shallow-water boreal gastropod species associations at the northern part of Arctic archipelago Novaya Zemlya // *Ecol. Monten.* 2022. Vol. 60. P. 61–69. doi:10.37828/em.2022.60.10
- Pogrebov V. B., Fokin S. I., Galtsova V. V., Ivanov G. I. Benthic communities as influenced by nuclear testing and radioactive waste disposal off Novaya Zemlya in the Russian Arctic // *Mar. Poll. Bull.* 1997. Vol. 35. P. 333–339.
- Udalov A., Chikina M., Chava A., Vedenin A., Shchuka S., Mokievsky V. Patterns of benthic communities in arctic fjords (Novaya Zemlya Archipelago, Kara Sea): resilience vs. fragility // *Front Ecol. Evolut.* 2021. Vol. 9. Article No. 777006. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.777006>

References

- Brown A., Thatje S. Explaining bathymetric diversity patterns in marine benthic invertebrates and demersal fishes: physiological contributions to adaptation of life at depth. *Biol. Rev.* 2014, Vol. 89, pp. 406–426. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111%2Fbrv.12061>
- Carney R. Zonation of Deep Biota on Continental Margins. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Reviews*, 2005, Vol. 43, pp. 211–278.
- Chava A. I., Udalov A. A., Vedenin A. A., Simakov M. I., Shchuka S. A., Mokievskiy B. O. Donnaya fauna zaliva Tsivol'ki (arkhipelag Novaya Zemlya, Karskoe more) [Bottom fauna of Tsivolki Bay (Novaya Zemlya Archipelago, Kara Sea)]. *Okeanologiya* [Oceanology], 2017, Vol. 57, No. 1. pp. 160–170. (In Russ.).
- Clarke K., Warwick R. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Plymouth, Natural Environment Research Council, Plymouth marine laboratory, 1994, 144 p.
- Dahle S., Denisenko S., Denisenko N., Cochrane S. J. Benthic fauna in the Pechora Sea. *Sarsia*, 1998, Vol. 83, pp. 183–210.
- Denisenko S. G., Denisenko N. V., Lehtonen K. K., Andersin A. B., Laine A. O. Macrozoobenthos of the Pechora Sea (SE Barents Sea): Community structure and spatial distribution in relation to environmental conditions. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 2003, Vol. 258, pp. 109–123. <http://dx.doi.org/10.3354/meps258109>
- Filatova Z. A., Zenkevich L. A. Kolichestvennoe raspredelenie donnoy fauny Karskogo moraya [Quantitative distribution of the bottom fauna of the Kara Sea]. *Trudy Vsesoyuznogo gidrobiologicheskogo obshchestva* [Transactions of the All-Union Hydrobiological Society], 1957, Vol. VIII, pp. 3–67. (In Russ.).
- Frolova E. A., Akhmetchina O. Yu., Garbul' E. A., Dikaeva D. R., Zimina O. L., Lyubina O. S., Nekhaev I. O., Panteleeva N. N., Frolov A. A. Bontosnye soobshchestva arkhipelaga Zemlya Frantsa-Iosifa [Benthic communities of the Franz Josef Land region]. *Trudy Kol'skogo nauchnogo tsentra RAN* [Transactions Kola Science Centre of the RAS, Oceanology, series 2], 2014, Vol. 4, No. 23, pp. 179–222. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29085133> (In Russ.).
- Gur'yanova E. F., Ushakov P. V. K faune Chernoy guby na Novoy Zemle [To the fauna of the Black Bay on Novaya Zemlya]. *Issledovaniya morey SSSR* [Research of the seas of the USSR], 1928, Vol. 6, pp. 3–71. (In Russ.).
- Jirkov I. A. Biogeography of the Barents Sea benthos. *Invertebrate Zoology*, 2013, Vol. 10, No. 1, pp. 69–88.
- Lyubina O. S., Zimina O. L., Frolova E. A., Frolov A. A., Akhmetchina O. Yu., Nekhaev I. O., Dikaeva D. R., Garbul' E. A. Zoobentos sublitorali gub Kol'skogo poluostrova [Sublittoral zoobenthos of the Kola Peninsula bays]. *Morskie ekosistemy i soobshchestva v usloviyakh sovremennykh klimaticheskikh izmeneniy* [Marine ecosystems and communities in the conditions of current climate changes]. St. Petersburg, Renome, 2014, pp. 131–148. (In Russ.).
- Lyubina O. S., Zimina O. L., Frolova E. A., Frolov A. A., Nekhaev I. O., Garbul' E. A. Osobennosti raspredeleniya zoobentosa v pribrezhnoy zone Kol'skogo poluostrova [Features of zoobenthos distribution in the coastal zone of the Kola Peninsula]. *Vestnik Murmanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Murmansk State Technical University], 2012, Vol. 15(4), pp. 776–785. (In Russ.).
- Moiseev D. V., Lebedeva N. V., Rumyantseva Z. Yu., Vodop'yanova V. V., Pavlova L. V. Nauchnyy otchet kompleksnoy ekspeditsii na ledokole "Il'ya Muromets" v Barentsevo i Karskoe morya 27 iyulya — 10 avgusta 2022 goda

- [Scientific report of the complex expedition on the icebreaker “Ilya Muromets” to the Barents and Kara seas on July 27 —August 10, 2022]. Murmansk, Publ. MMBI RAS, 2023, 60 p.
- Nekhaev I. O., Krol E. N. Diversity of shell-bearing gastropods along the western coast of the Arctic archipelago Novaya Zemlya: an evaluation of modern and historical data. *Polar Biol.*, 2017, Vol. 40, pp. 2279–2289. <https://doi.org/10.1007/s00300-017-2140-1>
- Nekhaev I. O. *Morskie rakovinnye bryukhonogie mollyuski (Mollusca: Gastropoda) Murmana. Dis. ... kand. biol. nauk* [Marine shell-bearing gastropods (Mollusca: Gastropoda) of Murmansk. PhD (Biology)]. Murmansk, 2015, 178 p.
- Nekhaev I. O. Unusual shallow-water boreal gastropod species associations at the Northern part of Arctic archipelago Novaya Zemlya. *Ecol. Monten.*, 2022, Vol. 60, pp. 61–69. doi:10.37828/em.2022.60.10
- Ozhigin V. K., Ivshin V. A., Trofimov A. G., Karsakov A. L., Antsiferov V. Yu. *Vody Barentseva morya: struktura, tsirkulyatsiya, izmenchivost'* [Waters of the Barents Sea: structure, circulation, variability]. Murmansk, Publ. PINRO, 2016, 260 p.
- Pogrebov V. B., Fokin S. I., Galtsova V. V., Ivanov G. I. Benthic communities as influenced by nuclear testing and radioactive waste disposal off Novaya Zemlya in the Russian Arctic. *Mar. Poll. Bull.*, 1997, Vol. 35, pp. 333–339.
- Udalov A., Chikina M., Chava A., Vedenin A., Shchuka S., Mokievsky V. Patterns of benthic communities in arctic fjords (Novaya Zemlya Archipelago, Kara Sea): resilience vs. fragility. *Front Ecol. Evolut.*, 2021, Vol. 9, Article No. 777006. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.777006>
- Udalov A. A., Vedenin A. A., Chava A. I. Donnaya fauna zaliva Stepovogo (Novaya Zemlya, Karskoe more) [Bottom fauna of Stepovoi Bay (Novaya Zemlya, Kara Sea)]. *Okeanologiya* [Oceanology], 2018, Vol. 58, No. 6. pp. 923–932. (In Russ.).
- Udalov A. A., Vedenin A. A., Chava A. I., Shchuka S. A. Donnaya fauna zaliva Oga (Novaya Zemlya, Karskoe more) [Bottom fauna of the Oga Bay (Novaya Zemlya, Kara Sea)]. *Okeanologiya* [Oceanology], 2019, Vol. 59, No. 6. pp. 1028–1038. (In Russ.).
- Ushakov P. V. Bentonicheskie gruppirovki Matochkina Shara [Benthic groupings of the Matochkin Shar]. *Issledovaniya morey SSSR* [Research of the seas of the USSR], 1931, pp. 5–130. (In Russ.).
- Zenkevich L. A. *Biologiya morey SSSR* [Biology of the seas of the USSR]. Moscow, Publ. of the USSR Academy of Sciences, 1963, 739 p.
- Zenkevich L. A. *Fiziko-geograficheskiy ocherk Belush'ego poluostrova na Novoy Zemle* [A physical and geographical sketch of the Belushi Peninsula on Novaya Zemlya]. Moscow, B.I., 1924. 10 p.
- Zhirkov I. A. *Biogeografiya. Obshchaya i chastnaya: sushi, morya i kontinental'nykh vodoemov* [Biogeography. General and private: land, sea and continental reservoirs]. Moscow, KMC Sci. Publ., 2017, 568 p.

Информация об авторах

З. Ю. Румянцева — младший научный сотрудник;

И. О. Нехаев — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник.

Information about the authors

Z. Y. Rumyantseva — Junior Researcher;

I. O. Nekhaev — PhD (Biology), Senior Researcher.

Статья поступила в редакцию 03.04.2026; одобрена после рецензирования 08.06.2026; принята к публикации 08.06.2026.
The article was submitted 03.04.2026; approved after reviewing 08.06.2026; accepted for publication 08.06.2026.

Научная статья
УДК 591.5:595.3
doi:10.37614/2949-1185.2026.5.3.007

СКОРОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ ПОПУЛЯЦИЙ *SEMIBALANUS BALANOIDES* (L.) В ДВУХ ТИПАХ ЛАНДШАФТА ГУБЫ ТЕРИБЕРСКАЯ В ПЕРИОД ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА

Александр Владимирович Гудимов

Мурманский морской биологический институт РАН, Мурманск, Россия

alexgud@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2365-1503>

Аннотация

Разработана методика обнаружения ранних климатических изменений литоральных сообществ на основе биоиндикации по динамике эстуарных популяций баянусов *Semibalanus balanoides* (Crustacea, Cirripedia). Установлено, что многолетние изменения в плотности поселений баянусов связаны с колебаниями климата и зависят от уклона и рельефа биотопа. Реакция популяции на изменения условий среды в биотопе со значительным уклоном литорали наступает позднее и менее выражена, чем в биотопе уплотненного ландшафта.

Ключевые слова:

ранние изменения климата, биоиндикация, баянусы, плотность поселений, смертность, уклон ландшафта, губа Терiberская

Благодарности

Исследования выполнены в рамках темы «Мониторинг донных сообществ морей российской Арктики: экология, биоразнообразие, оценка рисков и рациональное использование гидробионтов» (№ госрегистрации 125013001157-6); автор признателен С. В. Колбеевой и М. В. Макарову за организацию и умелое руководство Береговой экспедицией.

Для цитирования:

Гудимов А. В. Скорость изменения популяций *Semibalanus balanoides* (L.) в двух типах ландшафта губы Терiberская в период потепления климата // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Естественные и гуманитарные науки. 2026. Т. 5, № 3. С. 90–100. doi:10.37614/2949-1185.2026.5.3.007

Original article

RATES OF CHANGES IN THE POPULATION OF *SEMIBALANUS BALANOIDES* (L.) FOR TWO TYPES OF LANDSCAPE OF TERIBERSKAYA BAY DURING CLIMATE WARMING

Alexander V. Gudimov

Murmansk Marine Biological Institute, Russian Academy of Sciences, Murmansk, Russia

alexgud@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2365-1503>

Abstract

A method for early detecting of climate-related changes in littoral communities has been developed using bioindication based on the dynamics of estuarine populations of the barnacle *Semibalanus balanoides* (Crustacea, Cirripedia). It has been established that climate-related changes in barnacle abundance depend on the slope and topography of the biotope. The population's response to environmental changes in a littoral biotope with a significant steep occurs later and is less pronounced than in a biotope with a flat landscape.

Keywords:

early climate change, bioindication, barnacle, population abundance, mortality, landscape slope, Teriberskaya Bay

Acknowledgements

The research was carried out within the framework of the topic «Monitoring of bottom communities of the seas of the Russian Arctic: ecology, biodiversity, risk assessment and rational use of aquatic organisms» (state registration No. 125013001157-6); the author is grateful to S. V. Kolbeeva and M. V. Makarov for the organization and skilful leadership of the coastal expedition.

For citation:

Gudimov A. V. Rates of changes in the population of *Semibalanus balanoides* (L.) for two types of landscape of Teriberskaya Bay during climate warming // Transactions of the Kola Science Centre of RAS. Series: Natural Sciences and Humanities. 2026. Vol. 5, No. 3. P. 90–100. doi:10.37614/2949-1185.2026.5.3.007

Введение

Вопрос о том, как в короткие сроки выявить биологические последствия современных изменений водной среды, в том числе вызванных потеплением климата [Fossheim et al., 2015; Манушин и др., 2020; Polyakov et al., 2020], все еще остается открытым. Впервые была разработана методика обнаружения ранних климатических изменений литоральных сообществ на основе биоиндикации эстуарных популяций баянусов *Semibalanus balanoides* (Crustacea, Cirripedia) [Гудимов, 2023, 2025].

С 2021 г. в ходе исследований береговой экспедиции проводится проверка методики и верификация технологии ее применения. Для этого в первую очередь выполняются исследования экологии баянусов Мурмана, изучаются адаптивные реакции их локальных популяций на сезонные и многолетние изменения условий среды.

Количественные исследования экологии *S. balanoides*, как и других литоральных беспозвоночных арктических морей, то есть особенностей их распределения и выживания в градиенте факторов среды, ранее не проводились, однако без этих базовых знаний индикация любого воздействия, как и влияния климата на популяции донных животных, невозможна или спекулятивна.

Первые результаты береговой экспедиций [Гудимов, 2024] и более ранние многолетние исследования в Кольском заливе [Свитина, Гудимов, 2017; Гудимов, 2023] показали, что сколь-нибудь значительные изменения численности баянусов в эстуарных популяциях происходят только в переходное весенне-летнее время — в период интенсивного снеготаяния и половодья. В остальное время года колебания факторов среды не оказывали заметного воздействия на эстуарные и морские популяции баянусов, подтверждая высокую резистентность этого вида к воздействию внешних факторов. Поэтому в фокусе представленных в данной работе исследований был весенне-летний период, доступный для отбора проб и наблюдений в береговой экспедиции после «открытия дороги» от снежных заносов.

Материал и методы

Экология, градиентное распределение и многолетние изменения в локальных популяциях усоногих рачков-баянусов *S. balanoides* (Crustacea, Cirripedia) были исследованы на литорали Мурманского побережья и в губах Кольского залива. В данной работе основное внимание уделено динамике эстуарных популяций в губе Терiberская.

Плотность и распределение скоплений *S. balanoides* определены по результатам береговой экспедиции ММБИ 2021–2025 гг. путем съемок по маршрутам и прямых подсчетов количества рачков в скоплениях, а также по фотопробам. В каждой точке маршрута выполнены подсчеты в 5–10 пробах (использовали рамку площадью 1 дм²) непосредственно на субстрате (камнях, скалах), без изъятия рачков. Некоторые фотопробы были предоставлены участниками экспедиции. Численность баянусов вычислялась с точностью до 10 экз/м² [Гудимов, 2024]. Были отобраны пробы воды для определения солености в поверхностном слое (на урезе) в отлив. Температура воды измерялась для контроля возможных аномалий.

Полученные данные по солености, как и оценка величины половодья, не привязаны к величине стока и/или толщине снежного покрова, поскольку таких измерений не проводилось, а в свободном доступе эти данные не были найдены. Поэтому величину и степень воздействия половодья оценивали только по солености в эстуарии в весенне-летний период, обычно, после окончания половодья.

Из-за крайней неравномерности плотности скоплений баянусов в эстуариях и потому огромной дисперсии данных (CV и ошибка среднего от 50 до 180 % [цит. по: Свитина, Гудимов, 2017]) сравнение средних при небольшом числе проб не может считаться надежным. При большой дисперсии и маленьких выборках, получаемых в коротких точечных съемках, использовать разницу средних, например по *t*-критерию Стьюдента, не всегда было обоснованным, но больше формальным. Очевидно, применяемое в работе сравнение выборок (групп) за разные годы на основе разницы дисперсий (ANOVA) является более достоверной оценкой таких результатов, с перспективой множественных сравнений нескольких групп и применения Kruskal-Wallis H-test при большем объеме собранных данных в дальнейшем.

В 2025 г. экстенсивный период работ по охвату наибольших площадей для репрезентативного сбора данных был завершен (табл.), отбор проб уменьшен и измерения велись преимущественно в биотопах, перспективных для биоиндикации климата. Губа Териберская относится к таким таргет-биотопам (рис. 1).

Станции мониторинга эстуарных популяций *S. balanoides* в губе Териберская в 2021–2025 гг.
Monitoring stations for estuarine populations of *S. balanoides* in Teriberskaya Bay in 2021–2025

Район исследований	Координаты		Количество проб
	с. ш.	в. д.	
Эстуарий р. Териберка, выше моста	69°09'49"	35°07'43"	45
Бухта Корабельная, участок «Мотобухта»	69°10'27"	35°10'07"	50
Губа Завалишина, эстуарий ручья	69°10'56"	35°14'45"	42

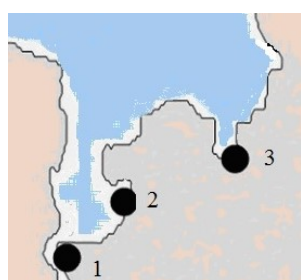


Рис. 1. Локации обследованных участков популяции баянуса *S. balanoides* в губе Териберская: 1 — эстуарий руч. Териберка, 2 — бухта Корабельная (участок Мотобухта), 3 — губа Завалишина

Fig. 1. Locations of surveyed *S. balanoides* population sites in Teriberskaya Bay: 1 — Teriberka River estuary, 2 — Korabelnaya Bay (Motobukhta site), 3 — Zavalishina Bay

Станции 1 и 2 попадают в географические границы эстуария р. Териберка, в то время как в губе Завалишина (ст. 3) поверхностный слой воды в прибрежной зоне находится под большим влиянием впадающих в нее двух ручьев и отчасти под влиянием стока соседней с губой р. Орловка, чем под влиянием стока р. Териберка. Следует уточнить, что сама губа Завалишина является частью губы Орловка, которая, в свою очередь, входит в акваторию губы Териберская.

Результаты и обсуждение

За 2024 и 2025 гг. в литоральных популяциях баянусов Мурманского побережья значительных изменений не произошло, численность оставалась в пределах среднесезонных колебаний.

Наиболее стабильны с 2021 по 2025 гг. были поселения рачков в эстуарии Ретинского ручья (губа Ретинская, Кольский залив), которые можно рассматривать как эталон (точнее, benchmark) стабильности для всех исследованных эстуарных популяций баянусов Мурманского побережья.

Оказалось, что подобная стабильность популяции свойственна и эстуарным скоплениям баянусов в ручье губы Завалишина (губа Териберская), вытекающем из оз. Первое Титовское (рис. 2 и 3). Как и в губе Ретинская, наибольшие скопления баянусов высокой плотности (в среднем — до 12 000 экз/м², максимум — 22 000 экз/м²) находятся здесь в большом пресноводном ручье, а не в литоральном, как, например, у мыса Еловый [Свитина, Гудимов, 2017]. Причем, если баянусы в Ретинском ручье образуют плотные скопления на валунах по его берегам, то в ручье Завалишина баянусы живут непосредственно в самом русле, при этом увеличение стока ручья, маркированное уменьшением сезонной солености в его эстуарии (рис. 2), оказывает не негативное, а, напротив, даже некоторое стимулирующее влияние на рост локальной популяции баянусов. (Возможно, приток биогенов из ручья дает дополнительный рост продукции планктона — пище усоногих рачков?). Установлено, что причины парадоксального выживания и роста баянусов в потоке пресной воды заключаются в особенностях ландшафта и биотопа.

Влияние рельефа и ландшафта было рассмотрено в сравнении двух эстуарных популяций губы Териберская (рис. 1) — ручья губы Завалишина и ручья в районе бухты Корабельная (Мотобухта) (рис. 3), а также отчасти эстуария р. Териберка (рис. 4).

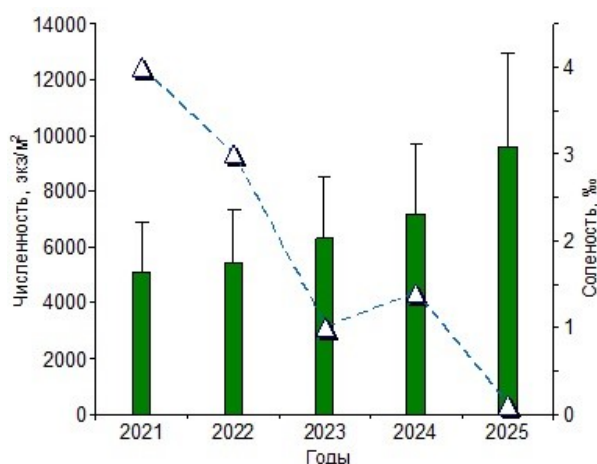


Рис. 2. Стабильность и медленный рост численности баянусов в ручье губы Завалишина (столбцы) и летняя соленость воды (пунктир) в устье ручья; не все различия по годам достоверны (ANOVA, $P > 0.05$) из-за высокой дисперсии данных

Fig. 2. Stability and slow growth of the barnacle abundance in Zavalishina Bay (bars) and summer water salinity (dashed line) at the mouth of the stream; not all annual differences are significant (ANOVA, $P > 0.05$), due to high data variance

Общим доминирующим ландшафтом во всех поселениях баянусов *S. balanoides* на эстуарных участках губы Терiberская, как и Мурманского побережья в целом, является каменисто-валунная литораль на песчаном или илисто-песчаном грунте (рис. 3 и 4).

Изменения внутри этого типа ландшафта зависят от уклона литорали, соотношения площади песчаного грунта и валунов и от размеров самих валунов, что обуславливает два подтипа — с преобладанием песка или валунов (рис. 3). При рассмотрении влияния уклона литорали на популяции баянусов губы Терiberская было выявлено, что влияние ландшафта особенно очевидно при прочих равных условиях в сравниваемых эстуариях и нахождении поселений баянусов в пределах одного макробиотопа «каменисто-валунная литораль».



Рис. 3. Пресноводные ручьи губы Завалишина (А) с уклоном более 20° и Мотобухты (Б), уклон менее 5°
Fig. 3. Freshwater Streams of Zavalishina Bay (А) with slope of about 20°, and Motobuhta (Б), slope >5°

Установлено, что в эстуарии небольшого ручья (Мотобухта) на краю бухты Корабельная (губа Лодейная в губе Терiberская) большую часть года, вне периода весеннего снеготаяния и половодья,

опреснение умеренное (от 10–12 до 25–30 ‰ — в поверхностном слое, на урезе). В самом русле пресноводного ручья в относительно короткий период половодья баянусы на немногих крупных камнях уплощенной песчаной литорали находятся под критическим воздействием опреснения (< 5 ‰ в устье ручья, а в эстуарии соленость падает до 4–6 ‰). Очевидно, воздействие весеннего половодья в русле ручья достигает такой силы, что баянусы в этом биотопе не могут создать сколько-нибудь значительные скопления, поэтому взрослые рачки встречаются лишь единично или мелкими группами, в отличие от ручья губы Завалишина (рис. 5).



Рис. 4. Уплощенная каменисто-валунная литораль с илисто-песчаным грунтом (А — вдоль эстуария ручья Териберка, Б — около 100 м выше моста); белые точки на камнях — скопления баянусов *S. balanoides*
Fig. 4. Flattened rocky-boulder littoral on silty-sand ground (А — along the estuary of Teriberka River, Б — 100 m above the bridge), with clusters of *S. balanoides* barnacles on rocks (white dots)

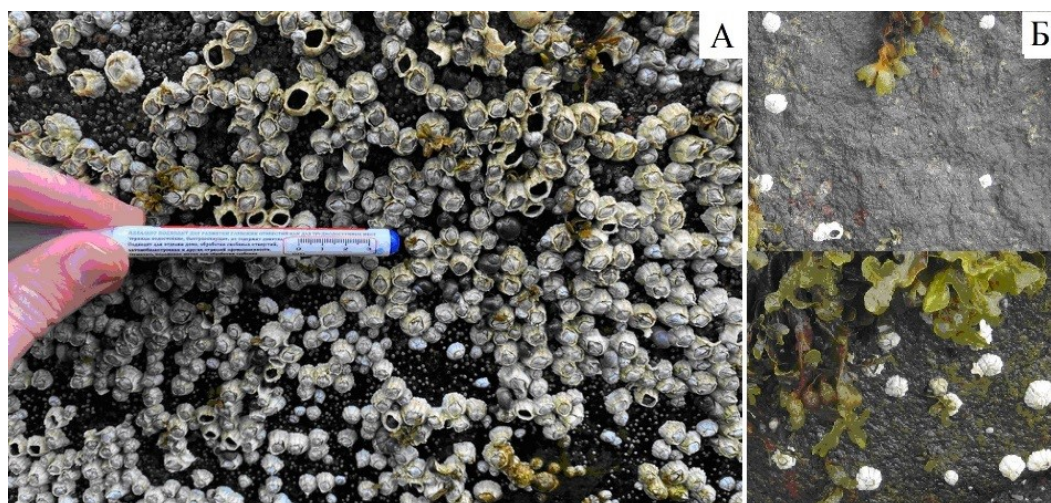


Рис. 5. Плотные скопления баянусов *S. balanoides* на камнях в русле ручья губы Завалишина (А) и редкие по берегу ручья Мотобухты (Б)
Fig. 5. Dense clusters of *S. balanoides* barnacles on rocks in the stream bed of Zavalishina Bay (А) and sparse ones along the bank of Motobuhta Stream (Б)

Осевшая ранней весной (в марте — апреле) молодь в период пика снеготаяния может массово погибать, что и наблюдалось здесь в 2021–2023 гг. (до 100 % в 2023 г.). Смертность взрослых баянусов в небольших скоплениях по берегу ручья Мотобухты также возросла и к 2023 г. составляла около 20 %.

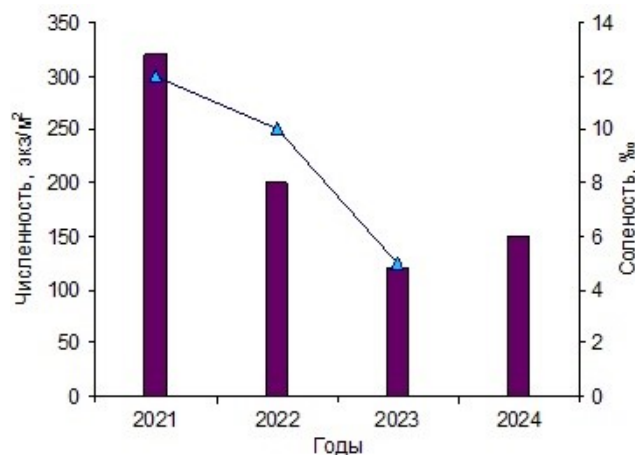


Рис. 6. Численность взрослых баянусов в ручье Мотобухты (бухта Корабельная) в 2021–2024 гг.
Fig. 6. The abundance of adult barnacles in Motobukhta Stream (Korabelnaya Bay) in 2021–2024

Одна из причин увеличения смертности заключается в том, что весна 2023 г. была аномально теплой (входит в тройку самых теплых с 1936 г.). В среднем температура воздуха весной была на 2,3 °С выше многолетней нормы

¹, что, несомненно, вызвало ускорение снеготаяния. В итоге воздействие половодья 2023 г. на популяции баянусов, очевидно, стало одним из наибольших по мощности (по объему стока пресной воды в единицу времени) и, вероятно, прошло в более короткие сроки. В условиях сильного сезонного опреснения плотность скоплений баянусов в ручье Мотобухты продолжала убывать (рис. 6), хотя 2024 г. был более засушливый, что позволило подрасти молоди 2022–2023 гг. и пополнить скопления взрослых баянусов.

Основная причина низкой численности рачков в русле ручья Мотобухты, однако, заключается в особенностях рельефа этого уплотненного биотопа (см. рис. 3Б) и в том, что все камни (субстрат для поселений баянусов) невысоко поднимаются над грунтом (их основания глубоко в песке). Следовательно, большую часть времени весной они практически полностью затопляются пресной водой в течение каждого отлива, даже в таком небольшом ручье.

В то же время по берегам ручья (в 5–10 м от русла и выше по уклону) плотность в редких поселениях баянусов среднего горизонта повышалась до 300–800 экз/м² (см. рис. 5Б), а в 15–30 м от русла ручья в биотопе каменистой литорали, в фации крупных валунов в отдельных скоплениях достигала максимальной плотности — 27000–28000 экз/м² (с учетом подростовой молоди 2022–2023 гг.).

На литорали соседней губы Завалишина (часть губы Териберская) в самом центре русла большого ручья (см. рис. 3А), вытекающего из озера и действующего постоянно круглый год, численность баянусов в среднем горизонте на порядок и более (в 20–30 раз в среднем — около 6000 экз/м²) выше, чем в мелком ручье Мотобухты (рис. 7 и 5А), причем смертность взрослых не превышала 5 % и только к 2024 г. увеличилась до 10 % в среднем (максимум — до 30 %) в отдельных скоплениях (рис. 5А и 8).

Сравнение двух биотопов каменисто-валунной литорали показывает их сходство по большинству абиотических факторов и условиям водной среды. Вне сезона половодья соленость на урезе в зоне эстуариев обоих ручьев имела близкие значения (22–30 ‰), а в сезон падала до 1–6 ‰, прочие условия (температура воды и воздуха, сроки прилива/отлива, освещенность) двух биотопов также были подобны.

Анализ результатов пятилетнего мониторинга [Гудимов, 2024] привел к заключению, что основная причина, определяющая разность в обилии рачков этих двух местообитаний, заключается не в мощности потока пресной воды, а в уклоне и рельефе литорального ландшафта. В ручье Мотобухты пологий берег и уплотненная литораль (см. рис. 3Б), а в ручье губы Завалишина — выраженный склон с преобладанием крупных валунов (см. рис. 3А).

В период отлива на пологом берегу наиболее опресненная вода поверхностного слоя опускается на дно уже с середины отлива и задерживается до его последней фазы, оказывая максимально негативное воздействие на донную фауну среднего горизонта. В то время как на крутом берегу верхний слой пресной воды быстро покидает средний горизонт литорали уже в первую половину отлива и оказывает более длительное воздействие на беспозвоночных в нижней части среднего горизонта и в нижнем

¹ URL: <http://mpr.gov-murman.ru>

горизонте, где застаивается и уже смешивается с морской водой, при этом численность баянусов в нижнем горизонте всегда была ниже, чем в среднем.

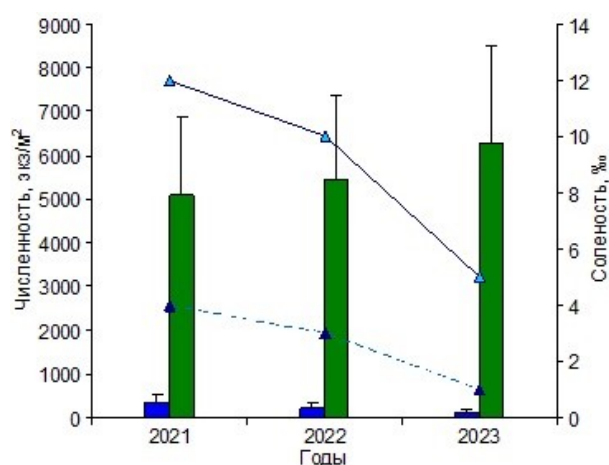


Рис. 7. Средняя численность взрослых баянусов в эстуарии ручья Мотобукхты (синие бары и сплошная линия солености) и ручья губы Завалинина (зеленые бары и пунктир) относительно изменений летней солености
Fig. 7. Average abundance of adult barnacles in the estuary of Motobukhta Stream (blue bars and solid salinity line) and the stream estuary of Zavalishina Bay (green bars and dotted line) relative to changes in summer salinity

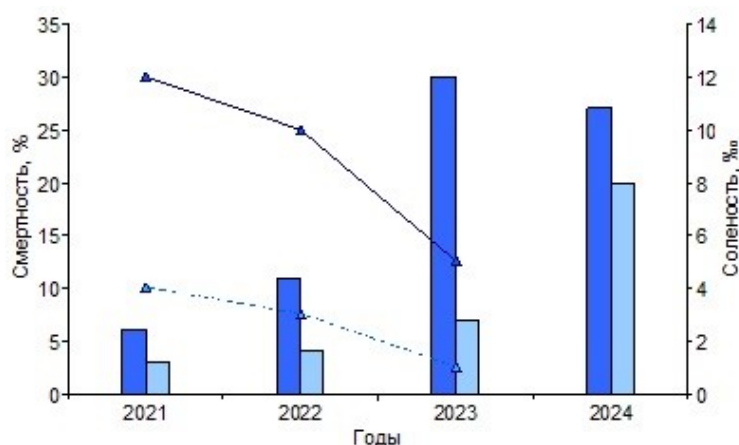


Рис. 8. Уровень смертности взрослых баянусов в эстуарии ручьев Мотобукхты (синие бары и сплошная линия солености) и губы Завалинина (голубые бары и пунктир) относительно изменений летней солености; различия достоверны ($P < 0,05$)
Fig. 8. Mortality rate of adult barnacles in the Motobukhta stream estuary (blue bars and solid salinity line) and the Zavalishina Bay stream (light blue bars and dotted line) relative to changes in summer salinity; differences are significant (ANOVA, $P < 0.05$)

Итак, несмотря на то, что в период весеннего половодья баянусы в большом ручье губы Завалишина находятся в период отлива под сильным воздействием мощного потока пресной воды, их численность намного выше, чем в малом ручье бухты Корабельная.

Очевидно, главное воздействие климатически обусловленного пресноводного стока на баянусов связано не столько с его пиковыми значениями в половодье, сколько с продолжительностью экспозиции рачков в пресной воде и при солености менее 5 ‰ (ниже критической). Общая продолжительность (суммарная экспозиция) в валунном биотопе с уклоном ручья Завалишина намного меньше, а каждая экспозиция в пресной воде во время отлива короче, чем в песчаной, уплотненной Мотобукhte.

Соответственно, при меньшем воздействии межгодовые изменения численности баянусов в биотопе с уклоном идут с меньшей скоростью, чем в уплощенном эстуарном биотопе.

В этом отношении третья эстуарная популяция баянусов губы Териберская в устье ручья Териберка (около 100 м выше моста) занимает промежуточное положение, находясь на пологом песчаном склоне, но при этом на возвышении — на относительном «островке» из группы крупных валунов (см. рис. 4Б). Несмотря на то, что скопления баянусов находятся в отлив в 15–20 м от основного русла ручья Териберка, эта локальная популяция не имеет значительного опреснения от реки, как нет здесь и влияния ручья. Поэтому данную локацию можно считать референтной в отношении влияния рельефа на поселения баянусов в руслах ручьев. Плотность скоплений взрослых рачков здесь была относительно стабильна за весь период наблюдений (2021–2025 гг.), составляя в среднем около 6000 экз/м², то есть в несколько раз выше, чем в скоплениях вокруг «островка» на более мелких камнях (несмотря на их увлажнение и защиту от солнца среди водорослей), что также является подтверждением влияния ландшафта, так как на возвышении экспозиции рачков в поверхностном слое опреснения всегда короче, чем на плоском грунте.

Следовательно, влияние ландшафта и рельефа на популяции баянусов определяется главным фактором эстуария — продолжительностью сезонных экспозиций в воде крайне низкой солености, близкой или равной критической. В отдельные годы амплитуда колебаний солености и ее сезонное падение достигали на Мурмане аномальных значений [Свитина, Гудимов, 2017; Гудимов, 2023], в первую очередь из-за возрастания паводкового стока, наблюдаемого на северных реках (в среднем на 15–20 %) в период интенсивного потепления климата [Фролова и др., 2022].

По данным Росгидромета¹, глобальное потепление климата за прошедшие 30 лет привело к пересмотру базовой нормы «средней многолетней температуры» воздуха для Мурманской области в сторону ее увеличения на 1,1 °С (1991–2020 гг.) относительно периода с 1961 по 1990 гг., который являлся стандартным для долгосрочной оценки изменения климата.

Рост температуры продолжается, и 2021–2023 — это теплые годы с наибольшей положительной аномалией весенней и летней температуры начиная с 1936 г. Годовое количество осадков в этот период увеличилось в среднем на 20 % выше нормы, как следствие, увеличился и общий объем поступления пресной воды с паводками, и объем весеннего половодья.

По нашим наблюдениям, подтвержденным измерениями солености, период весенне-летнего снеготаяния и паводка в 2024 г. был растянут и не имел той интенсивности как в прошлые годы. После окончания половодья соленость быстро выросла (к концу июля до 15 и до 32 ‰ в устье ручьев Завалишина и Мотобухты соответственно). Очевидно, дело еще и в том, что летние месяцы 2024 г. были относительно жаркими для Мурмана и с минимальным количеством осадков. Вследствие уменьшения стока и увеличения испарения соленость во всех биотопах значительно возросла и нигде не имела лимитирующих и критических значений (менее 5 ‰).

Несмотря на то, что смертность взрослых рачков увеличилась как следствие мощного половодья 2023 г., численность баянусов в губе Завалишина и Мотобухте возросла (см. рис. 2, 6 и 7) в 2024 г. за счет подросшего поколения, осевшего в 2022–2023 гг. В 2024 г. было также очень много сеголеток (до 90 000 экз/м² в среднем горизонте, особенно, на дальнем крае эстуария ручья Завалишина), но они не учитывались при подсчетах плотности скоплений. Смертность сеголеток в Мотобухте также была максимальной в 2023 г. [Гудимов, 2024].

Существует еще одна точка зрения на причины влияния двух типов ландшафта на донную фауну литорали. Уплощенная песчаная литораль рассматривается как «диссипативный» спектр «плоского склона, условий низкой энергии и более мелкого осадка» [Brown, McLachlan, 1990, цит. по: Fujii, 2012] и, напротив, фокусирующего и отражающего энергию более крутого склона, где формируются условия для более высокой энергии и более крупного осадка. Общая морфология и динамика пляжа является, по мнению авторов [Brown, McLachlan, 1990], одним из преобладающих факторов, контролирующих распределение и численность фаунистических комплексов приливной зоны.

¹ URL: <http://mpr.gov-murman.ru>

Публикации такого рода еще редки, а для арктических и субарктических экосистем отсутствуют. Очевидно, в экстремальных условиях литорали арктических морей влияние типа ландшафта на энергетику биотопа и изменения донной фауны еще более значительны.

Таким образом, было обнаружено, что степень эстуарного опреснения связана с климатом и его влияние обусловлено типом биотопа; в частности, от ландшафта и рельефа литорали зависят результаты и сроки биоиндикации ранних климатических изменений в популяциях баянусов [Гудимов, 2025].

Как модифицируется влияние климата на распределение и обилие других литоральных беспозвоночных в биотопах разного рельефа и уклона ландшафта, еще предстоит узнать. До последнего времени многолетние исследования динамики популяций литоральных организмов Баренцева и Белого морей и их связи с комплексом природных факторов представлены единичными работами. Наиболее подробно изучены многолетние изменения популяций литоральных беспозвоночных на Белом море в сообществах мягких грунтов [Савченко, Наумов, 2020; Филиппова и др., 2023]. Влияние рельефа рассматривается здесь попутно и косвенно, через изменение степени воздействия льда на бентос литоральных грунтов [Савченко, Наумов, 2020].

По эпифауне твердых грунтов подобные публикации не обнаружены, за исключением исследований динамики популяции мидий на банках и коргах Белого моря (например, [Луканин и др., 1986]). Целенаправленные исследования влияния климата на сезонные и многолетние изменения литоральной фауны, в том числе эстуариев, и их связи с колебаниями солености воды (или других факторов) ранее не проводились. Количественные данные о пространственно-временном изменении популяций литоральной эпифауны северных морей отсутствуют.

Полученные первые результаты о связи локальных популяций баянусов в губе Терiberской с колебаниями экологических факторов и особенностями ландшафта литорали стали пионерными и должны быть продолжены в целях оперативной биоиндикации влияния климата на прибрежную экосистему.

Заключение

Установлено, что климатические изменения в плотности локальных поселений баянусов и их выживании в эстуарии находятся в зависимости от уклона ландшафта эстуарного биотопа. Возрастание гибели рачков в эстуарных биотопах уплощенного ландшафта литорали, таких как Мотобухта в бухте Корабельная, вызвано намного большей по длительности экспозицией баянусов в поверхностном слое воды с соленостью, близкой к критической, чем на литорали с уклоном в губе Завалишина. Значительное увеличение смертности происходит при максимальном опреснении в половодье и возникает в годы аномального весеннего паводка, обусловленного потеплением климата.

Доказано и подтверждено мониторингом в референтной популяции, что процесс биоиндикации климата зависит от рельефа и ландшафта эстуария. Уклон ландшафта оказывает влияние на состояние, уязвимость и скорость изменения эстуарных поселений вида-биоиндикатора, находящихся в условиях наибольшего сезонного опреснения вод. Очевидно, что реакция популяции на изменения климата в биотопе со значительным уклоном литорали наступает позднее (на 1–3 года?) и менее выражена, чем в биотопе уплощенного ландшафта.

Из-за периодического и значительного пополнения молодью некоторых эстуарных популяций биоиндикация влияния климата по показателю смертности более надежна, чем по изменению численности рачков.

Выполненные комплексные работы по исследованию влияния ландшафта и рельефа на формирование, устойчивость и реакции эстуарных поселений баянусов при климатических изменениях условий среды создают фундаментальную основу для применения метода ранней биоиндикации влияния климата на морскую экосистему.

Список источников

Гудимов А. В. Баянусы и климат: ландшафт имеет значение (уроки уникальной береговой экспедиции) // Морские исследования и образование (MARESEDU-2024): материалы XIII Междунар. науч.-практ. конф. Т. IV (IV). Тверь: ПолиПРЕСС, 2025. С. 536–541.

- Гудимов А. В. Изменения литоральных популяций рачков-балянусов *Semibalanus balanoides* (L.) Кольского залива и Восточного Мурмана в период потепления климата в Арктике // Тр. Кольского научного центра РАН. Сер. Естественные и гуманитарные науки. 2024. Т. 3, № 3. С. 38–46. <https://doi.org/10.37614/2949-1185.2024.3.3.004>
- Гудимов А. В. Краевые популяции балянуса *Semibalanus balanoides* (Crustacea, Cirripedia) как биоиндикатор влияния ранних климатических изменений среды // Сборник материалов Всероссийской научной конф. с междунар. участием, посвященной 85-летию Беломорской биостанции им. Н.А. Перцова Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2023. С. 50–51.
- Луканин В. В., Наумов А. Д., Федяков В. В. Цикличность развития поселений *Mytilus edulis* в Белом море // Докл. АН СССР. 1986. Т. 287, № 5. С. 78–84.
- Манушин И. Е., Стрелкова Н. А., Любин П. А., Журавлева Н. Е., Захаров Д. В., Вязникова В. С. Многолетняя динамика биомассы макрозообентоса в восточной части Баренцева моря (за период с 1924 по 2014 гг.) // Зоол. журн. 2020. Т. 99, № 7. С. 745–756.
- Савченко О. Н., Наумов А. Д. Тридцатилетняя динамика биомассы некоторых видов литоральных сообществ в двух небольших губах Канда拉克ского залива (Белое море) // Зоол. журн. 2020, Т. 99, № 7. С. 728–744
- Свитина В. С., Гудимов А. В. Многолетние колебания численности популяции усоногих раков *Semibalanus balanoides* (L.) (Crustacea) на эстуарной литорали кута Кольского залива // Вестн. Мурман. гос. техн. ун-та. Вып. 20. 2017. С. 352–362.
- Филиппова Н. А., Герасимова А. В., Козин В. В., Кайров А. И., Максимович Н. В. Организация сообществ макробентоса мягких грунтов литорали губы Чупа Белого моря: многолетний аспект // Тр. Зоол. Ин-та РАН. 2023. Т. 27, № 2. С. 350–376. 10.31610/trudyzin/2023.327.2.350
- Фролова Н. Л., Магрицкий Д. В., Киреева М. Б., Григорьева В. Ю., Гельфан А. Н., Сазонова А. А., Шевченко А. И. Сток рек России при происходящих и прогнозируемых изменениях климата: обзор публикаций. 1. Оценка изменений водного режима рек России по данным наблюдений // Водные ресурсы. 2022. Т. 49. С. 251–269.
- Polyakov I. V., Alkire M. B., Bluhm B., Wassmann P. Borealization of the Arctic Ocean in response to anomalous advection from Sub-Arctic seas // Front. Mar. Sci. 2020. No. 7. P. 491. doi:10.3389/fmars.2020.00491
- Brown A. C., McLachlan A. Ecology of Sandy Shores. Amsterdam: Elsevier, 1990. 340 p.
- Fuji T. Climate change, sea-level rise and implications for coastal and estuarine shoreline management with particular reference to the ecology of intertidal benthic macrofauna in NW Europe // Biology. 2012. Vol. 1, No. 3. P. 597–616. <https://doi.org/10.3390/biology1030597>
- Fossheim M., Primicerio R., Johannesen E., Ingvaldsen R. B., Aschan M. M., Dolgov A. V. Recent warming leads to a rapid borealization of fish communities in the Arctic // Nat. Clim. Change. 2015. Vol. 5. P. 673–677. <https://doi.org/10.1038/nclim ate26 47>

References

- Brown A. C., McLachlan A. Ecology of Sandy Shores. Amsterdam, Elsevier, 1990. 340 p.
- Filippova N. A., Gerasimova A. V., Kozin V. V., Kairov A. I., Maksimovich N. V. Organizatsiya makrobentosnykh soobshchestv na myagkikh pochvakh pribrezhnoy zony Chupskoy bukhty Belogo morya: dolgosrochnyy aspekt [Organization of macrobenthos communities in soft soils of the littoral zone of the Chupa Bay of the White Sea: a long-term aspect]. *Trudy Zoologicheskogo instituta Rossiyskoy akademii nauk* [Proceedings of the Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences], 2023, Vol. 27, No. 2. pp. 350–376. 10.31610/trudyzin/2023.327.2.350 (In Russ.).
- Fossheim M., Primicerio R., Johannesen E., Ingvaldsen R. B., Aschan M. M., Dolgov A. V. Recent warming leads to a rapid borealization of fish communities in the Arctic. *Nat. Clim. Change*, 2015, Vol. 5, pp. 673–677. <https://doi.org/10.1038/nclim ate26 47>
- Frolova N. L., Magritskiy D. V., Kireyeva M. B., Grigor'yeva V. Yu., Gel'fan A. N., Sazonova A. A., Shevchenko A. I. Сток рек России при происходящих и прогнозируемых изменениях климата: обзор публикаций. 1. Оценка изменений водного режима рек России по данным наблюдений [River flow in Russia under current and predicted climate changes: review of publications. 1. Assessment of changes in the water regime of Russian rivers based on observational data]. *Vodnye resursy* [Water Resources], 2022, Vol. 49, pp. 251–269. (In Russ.).
- Fuji T. Climate change, sea-level rise and implications for coastal and estuarine shoreline management with particular reference to the ecology of intertidal benthic macrofauna in NW Europe. *Biology*, 2012, Vol. 1, No. 3, pp. 597–616. <https://doi.org/10.3390/biology1030597>
- Gudimov A. V. Balyanusy i klimat: landshaft imeyet znachenie (uroki unikal'noy beregovoy ekspeditsii) [Barnacles and climate: landscape matters (lessons from an unique coastal expedition)]. *Morskiye issledovaniya i obrazovaniye*

(MARESEDU-2024): *Materialy XIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Marine Research and Education (MARESEDU-2024): Proceedings of the XIII International Scientific and Practical Conference]. Tver', PoliPRESS, 2025, Vol. IV (IV), pp. 536–541. (In Russ.).

Gudimov A. V. *Izmeneniya litoral'nykh populyatsiy rachkov-balyanusov Semibalanus balanoides (L.) Kol'skogo zaliva i Vostochnogo Murmana v period potepleniya klimata v Arktike* [Changes in the littoral populations of the barnacles *Semibalanus balanoides* (L.) of Kola Bay and Eastern Murman during the period of climate warming in the Arctic]. *Trudy Kol'skogo nauchnogo tsentra RAN. Seriya: Yestestvennye i gumanitarnye nauki* [Transactions Kola Science Centre of the RAS. Series: Natural Sciences and Humanities], 2024, Vol. 3, No. 3, pp. 38–46. <https://doi.org/10.37614/2949-1185.2024.3.3.004> (In Russ.).

Gudimov A. V. *Krayevye populyatsii balyanusa Semibalanus balanoides (Crustacea, Cirripedia) kak bioindikator vliyaniya rannikh klimaticheskikh izmeneniy sredy* [Marginal populations of *Semibalanus balanoides* (Crustacea, Cirripedia) as a bioindicator of the early climatic changes in the environment]. *Sbornik materialov vserossiyskoy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem, posvyashchennoy 85-letiyu Belomorskoy biostantsii imeni N.A. Pertsova Biologicheskogo fakul'teta MGU imeni M.V. Lomonosova* [Proceedings of the All-Russian scientific conference with international participation, dedicated to the 85th anniversary of the White Sea Biological Station named after on the N.A. Pertsov, Faculty of Biology, Moscow State University, M.V. Lomonosov], Moscow, Publ. KMK, 2023, pp. 50–51. (In Russ.).

Lukanin V. V., Naumov A. D., Fedyakov V. V. *Tsiklicheskiye razvitiye poseleniy Mytilus edulis v Belom more* [Cyclical development of *Mytilus edulis* settlements in the White Sea]. *Dokl. Akademii nauk SSSR* [Doklady Academy of Sciences of the USSR], 1986, Vol. 287, No. 5, pp. 78–84. (In Russ.).

Manushin I. Ye., Strelkova N. A., Lyubin P. A., Zhuravlova N. Ye., Zakharov D. V., Vyaznikova V. S. *Mnogoletnyaya dinamika biomassy makrozoobentosa v vostochnoy chasti Barentseva morya (za period s 1924 po 2014 goda)* [Long-term dynamics of macrozoobenthos biomass in the Eastern Barents Sea in 1924–2014]. *Zoologicheskii zhurnal* [Zool. J.], 2020, Vol. 99, No. 7, pp. 745–756. (In Russ.).

Polyakov I. V., Alkire M. B., Bluhm B., Wassmann P. *Borealization of the Arctic Ocean in response to anomalous advection from Sub-Arctic seas*. *Front. Mar. Sci.*, 2020, No. 7, pp. 491. doi:10.3389/fmars.2020.00491

Savchenko O. N., Naumov A. D. *Tridtsatiletnyaya dinamika biomassy nekotorykh vidov pribrezhnykh soobshchestv v dvukh mal'nykh zalivakh Kandalakshskogo zaliva (Beloje more)* [Thirty-year dynamics of the biomass of some species of littoral communities in two small bays of Kandalaksha Bay (White Sea)]. *Zoologicheskii zhurnal* [Zool. J.], 2020, Vol. 99, No. 7, pp. 728–744. (In Russ.).

Svitina V. S., Gudimov A. V. *Mnogoletniye kolebaniya chislennosti populyatsii usonogikh rakov Semibalanus balanoides (L.) (Crustacea) na estuar'noy litorali kuta Kol'skogo zaliva* [Long-term fluctuations in population of barnacle *Semibalanus balanoides* (L.) (Crustacea) in the estuarine zone of the Kola Bay]. *Vestnik Murmanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Murmansk State Technical University], 2017, Vol. 20, pp. 352–362. (In Russ.).

Информация об авторе

А. В. Гудимов — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник.

Information about the author

A. V. Gudimov — PhD (Biology), Leading Researcher.

Статья поступила в редакцию 27.04.2026; одобрена после рецензирования 09.07.2026; принята к публикации 09.07.2026.
The article was submitted 27.04.2026; approved after reviewing 09.07.2026; accepted for publication 09.07.2026.

Научная статья
УДК 595.14.142.2 (268.48)
doi:10.37614/2949-1185.2026.5.3.008

СТРУКТУРА ТАКСОЦЕНОВ ПОЛИХЕТ В ЗАЛИВЕ ГРЁН-ФЬОРД (ЗАПАДНЫЙ ШПИЦБЕРГЕН)

Динара Раилевна Дикаева

Мурманский морской биологический институт РАН, Мурманск, Россия
dinara.dikaeva@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9494-6088>

Аннотация

На основе материала, собранного в экспедиции ММБИ РАН в 2021 г. в заливе Грён-фьорд (Шпицберген), проанализирован видовой состав и структура таксоценов полихет. Распределение таксоценов полихет в заливе Грён-фьорд демонстрирует четкую зональность, обусловленную сменой стабильных условий обитания на больших глубинах изменчивыми условиями мелководных «приледниковых» районов. Изменчивость условий среды (изменение глубины, температуры, солености, грунта) приводит к смене доминирующих видов *Maldane sarsi* и *Leitoscoloplos acutus* и, как следствие, к изменению структуры таксоценов полихет. Структура таксоценов полихет в кутовой части залива отражает изменчивые условия перигляциальной зоны Западного Шпицбергена и может служить индикатором изменений условий среды.

Ключевые слова:

полихеты, таксоцен, биомасса, численность, Грён-фьорд

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания ММБИ РАН. Автор выражает признательность участникам экспедиции на НИС «Дальние Зеленцы» за отбор бентосных проб.

Для цитирования:

Дикаева Д. Р. Структура таксоценов полихет в заливе Грён-фьорд (Западный Шпицберген) // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Естественные и гуманитарные науки. 2026. Т. 5, № 3. С. 101–115. doi:10.37614/2949-1185.2026.5.3.008

Original article

STRUCTURE OF POLYCHAETE TAXOCENES IN THE GRØNFJORD BAY (WESTERN SVALBARD)

Dinara R. Dikaeva

Murmansk Marine Biological Institute, Russian Academy of Sciences, Murmansk, Russia
dinara.dikaeva@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9494-6088>

Abstract

Based on material collected during the 2021 expedition of the MMBI RAS to Grønfjord Bay (Spitsbergen), the species composition and structure of polychaete taxocenoses were analyzed. The distribution of polychaete taxocenoses in Grønfjord Bay exhibits distinct zonation, caused by the transition from stable habitats at great depths to the variable conditions of shallow periglacial areas. Variability of environmental conditions (changes in depth, temperature, salinity, soil) leads to a change in the dominant species *Maldane sarsi* and *Leitoscoloplos acutus* and, as a consequence, to a change in the structure of polychaete taxocenoses. The structure of polychaete taxocenoses in the apex of the bay reflects the variable conditions of the periglacial zone of Western Spitsbergen and can serve as an indicator of changing environmental conditions.

Keywords:

polychaete (Annelida), taxocen, biomass, abundance, Grønfjord Bay

Acknowledgements:

This study was carried out as part of government contracts with Murmansk Marine Biological Institute. The author expresses his gratitude to the participants of the expedition to the R/V “Dalniye Zelentsy” for taking benthic samples.

For citation:

Dikaeva D. R. Structure of Polychaete taxocenoses in the Grønfjord Bay (Western Svalbard) // Transactions of the Kola Science Centre of RAS. Series: Natural Sciences and Humanities. 2026. Vol. 5, No. 3. P. 101–115. doi:10.37614/2949-1185.2026.5.3.008

Введение

Архипелаг Шпицберген расположен в шельфовой перигляциальной зоне [Матишов, 1984], на стыке взаимодействия атлантических и арктических вод. Со стороны океана в заливы архипелага

поступают теплые соленые атлантические воды, а со стороны суши, в результате таяния ледников, — холодные пресные воды с большим количеством взвеси и моренного материала [Митяев и др., 2005; Тарасов, 2009; Мещеряков, 2017], оказывая значительное влияние на распределение, видовой состав и структуру донных сообществ в заливах. В последние десятилетия многими исследователями отмечается увеличение температуры атлантических вод, а также потепление промежуточных и придонных слоев во фьордах Западного Шпицбергена. Климатические изменения приводят к сокращению площадей и времени существования ледового покрова и, как следствие, увеличению гидродинамической активности в прибрежной зоне [Павлидис и др., 2007]. Данные изменения оказывают влияние на донные бентосные сообщества, прежде всего через донно-пелагическую связь, поскольку меняется продолжительность фотосинтетического периода и доступность органического вещества для донных беспозвоночных [Carroll et al., 2008; Cochrane et al., 2012]. Изменения условий среды оказывают влияние на состав и структуру донных беспозвоночных, в том числе полихет [Wlodarska-Kowalczyk, Pearson, 2004; Пантелеева и др., 2005, 2007, 2009; Любина и др., 2011; Дикаева, Фролова, 2014; Дикаева, 2023], поэтому изучение видового состава и количественных характеристик многощетинковых червей в период климатических изменений представляет большой интерес.

В настоящее время распределение бентосных сообществ, в том числе полихет, во фьордах и заливах Западного Шпицбергена изучено достаточно полно [Wlodarska-Kowalczyk, Pearson, 2004; Фролова и др., 2005; Renaud et al., 2007; Пантелеева и др., 2007, 2009; Дикаева, Фролова, 2014, 2018; Фролова, Дикаева, 2009; Любина и др., 2011; Weslawski et al., 2012; Дикаева, 2023]. В составе донных сообществ в заливах Западного Шпицбергена на мягких илисто-песчаных, глинистых грунтах отмечено доминирование (по биомассе, метаболизму) полихет *Maldane sarsi* и *Spiochaetopterus typicus* [Wlodarska-Kowalczyk, Pearson, 2004; Любина и др., 2011; Дикаева, Фролова, 2014, 2018; Дикаева, 2023]. В заливах и фьордах Западного Шпицбергена отмечено снижение биомассы донных организмов от внешних районов к внутренним при возрастании численности особей. Данная закономерность обусловлена градиентом факторов среды, создаваемым ледниковыми водами в куту фьордов и теплыми атлантическими водными массами в их открытой части [Wlodarska-Kowalczyk, Pearson, 2004; Kedra et al., 2010; Любина и др., 2011; Дикаева, 2023].

Настоящая работа продолжает изучение состава и структуры таксоценов полихет в районе залива Грён-фьорд [Фролова, 2006; Фролова, Дикаева, 2009, 2012; Дикаева, Фролова, 2014, 2018; Дикаева, Зимина, 2017, Дикаева, 2023] с целью выявления изменений в составе доминирующих видов в разные периоды исследований.

Район исследования

Залив Грён-фьорд расположен в юго-западном побережье о. Западный Шпицберген. Залив вытянут с севера на юг. На его восточном берегу расположен пос. Баренцбург. В мелководной части акватории имеется подводная терраса. Ниже по всему периметру фьорда происходит свал глубин, крутизна которого достигает 60–70°. Глубина в кутовой части фьорда составляет 65–85 м, на остальной акватории — 130–145 м [Тарасов, 2009].

Залив Грён-фьорд характеризуется сменой условий седиментации вдоль длинной оси. Одной из основных особенностей его строения является четкое разделение на две области — внешнюю и внутреннюю. Между ними наблюдаются различия в геоморфологическом строении, гидрологическом режиме и воздействии современных ледников. Внешняя область занимает более 70 % площади залива. В рельефе дна выделяются две блюдцеобразные впадины глубиной 145 и 137 м. Внутренняя область занимает менее 30 % площади залива, представляет собой прибрежное мелководье шириной менее 150 м и подводное плато, отделенное от мелководья уступом высотой 10–15 м. Воздействие современных ледников на внешнюю часть залива незначительно. Внутренняя область подвержена интенсивному воздействию современных ледников и по праву может называться перигляциальной. Основной сток двух крупных рек Альдегонда и Грён-фьорда, впадающих в залив, формируется за счет талых ледниковых вод [Мещеряков, 2017]. Установлено, что талые ледниковые воды выносят в залив Грён-фьорд в большом объеме осадочный материал, а вблизи ледников поверхностные воды залива

существенно опреснены и содержат значительное количество взвешенного материала. Осаждение этого материала происходит внутри фьорда — на расстоянии первых километров [Тарасов, 2009]. Особенности геоморфологического строения Грён-фьорда определяют характерные черты его донной фауны [Фролова, 2006].

Материал и методы

Материалом послужили 15 количественных проб с 5 станций, отобранные с борта НИС «Дальние Зеленцы» в ходе комплексной экспедиции Мурманского морского биологического института 27 ноября 2021 г. [Научный отчет..., 2022] (рис. 1).

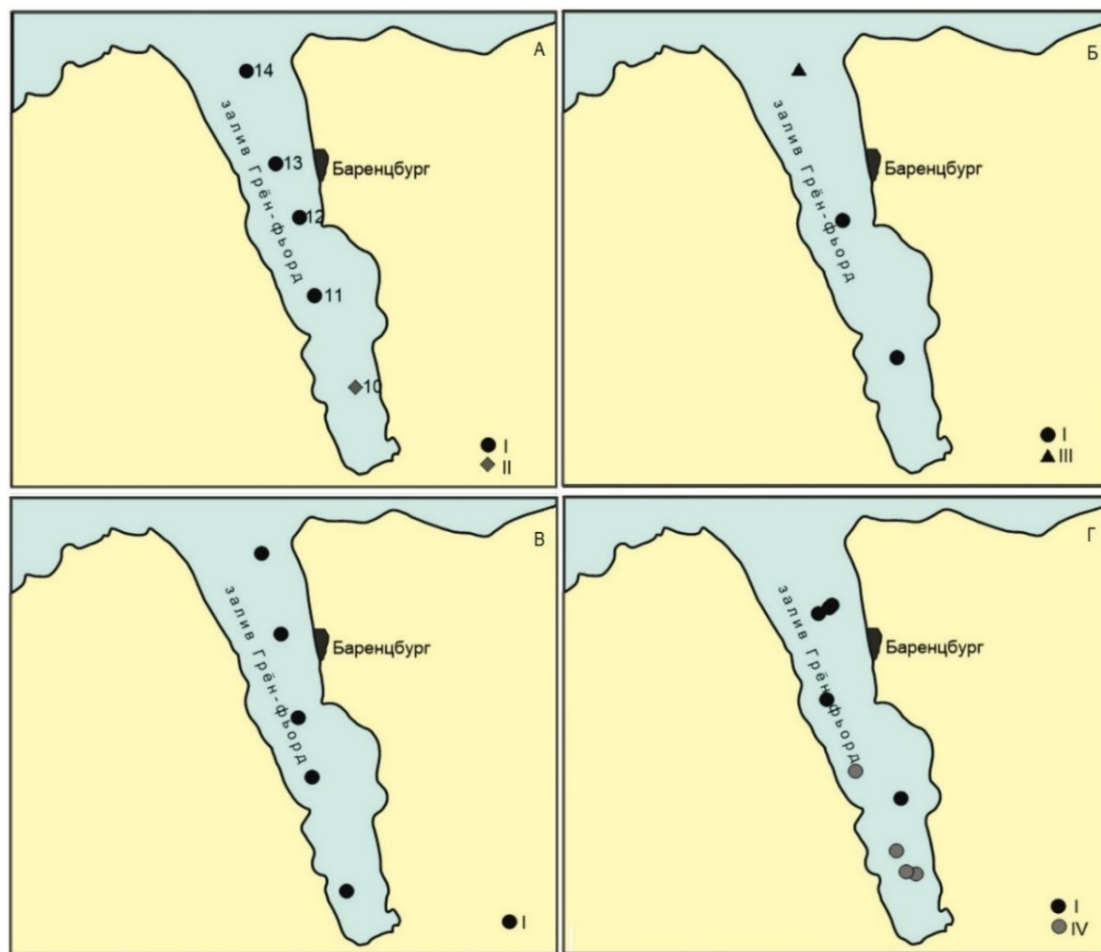


Рис. 1. Карта-схема расположения бентосных станций и таксоценов полихет в заливе Грён-фьорд в 2021 г. (А), 2019 г. (Б), 2015 г. (В), 2001–2003, 2008 гг. (Г):
I — *Maldane sarsi*, II — *Leitoscoloplos acutus*, III — *Nicomache lumbricalis*, IV — *Cirratulidae* gen. sp.
Fig. 1. Map of benthic stations and polychaete species complexes in the Grønfjord Bay in 2021 (A), 2019 (Б), 2015 (В), 2001–2003, 2008 (Г):
I — *Maldane sarsi*, II — *Leitoscoloplos acutus*, III — *Nicomache lumbricalis*, IV — *Cirratulidae* gen. sp.

Отбор проб с глубины от 48 до 148 м проводили дночерпателем ван-Вина (площадь захвата 0,1 м²) в трехкратной повторности. Собранный грунт промывали через капроновое сито с размером ячеек 0,75 мм, фиксировали 4 %-м формалином с последующим переводом беспозвоночных в 70 %-й спирт. При взвешивании полихет массу трубок, построенных из частичек ила и песка, не учитывали. Массу полихет *Spiochaetopterus typicus* M. Sars, 1856 и полихет семейства Serpulidae определяли

с учетом массы «живых» трубок. Мелких полихет *Galathowenia oculata* (Zachs, 1923) взвешивали вместе с песчаными трубками. Массу без трубок пересчитывали с учетом коэффициента отношения чистой массы к массе с трубкой (1/7) [Лейбсон, 1939]. Измерение температуры и солености проводили в ходе рейса СТД-зондом SEACAT SBE 19 Plus V2, состав грунта определяли визуально. Идентификация многощетинковых червей осуществлялась автором. Выделение групп станций по сходству видового состава выполняли с помощью кластерного анализа методом попарного присоединения, на основе коэффициента сходства Брэя — Кёртиса [Bray, Curtis, 1957] в программе PAST. Достоверность выделения станций выделяли с помощью многомерного дисперсионного анализа PERMANOVA. В качестве меры обилия при выявлении доминантной группы видов использовали показатель относительной интенсивности метаболизма, позволяющий оценить значимость отдельных видов как по биомассе, так и по численности особей:

$$M = kN^{0,28} \cdot B^{0,72},$$

где N — численность организмов, экз/м²; B — биомасса, г/м²; k — таксоно-специфический коэффициент удельной интенсивности метаболизм, кДж/ч (для седентарных и эрантных полихет — 0,5 и 0,74 соответственно) [Алимов, 1979; Денисенко и др., 2006].

Название таксоцену присваивали по виду, доминирующему в метаболизме. Доминирующий вид выделяли по максимальному значению в метаболизме. Для оценки роли абиотических факторов и их связи с таксономической структурой был использован метод канонического анализа соответствий (canonical correspondence analysis, CCA). Для определения видов, вносящих наибольший вклад в сходство/различие в группах, использовали метод SIMPER.

Результаты и обсуждение

В районе исследований зарегистрирован 61 таксон многощетинковых червей, 53 определены до вида (табл. 1). Количество видов на станциях распределено равномерно (от 27 до 33), максимум был отмечен во внешней части залива (ст. 13) на песчанистых илах с щебнем на глубине 148 м, минимум — в средней части залива Грён-фьорд (ст. 12) на песчано-илистых, глинистых грунтах на глубине 132 м (табл. 2). В районе работ наиболее широко распространенные таксоны (частота встречаемости достигала 100 %): *Cirratulidae* gen. sp., *Enipo torelli* (Malmgren, 1865), *Eteone* agg. *flava* (Fabricius, 1780), *Gattyana cirrhosa* (Pallas, 1766), *Heteromastus filiformis* (Claparède, 1864), *Lumbrineridae* gen. sp., *Maldane sarsi* Malmgren, 1865, *Pholoe assimilis* Örsted, 1845, *Leitoscoloplos acutus* (Verrill, 1873), *Spio armata* (Thulin, 1957), *Terebellides* agg. *stroemii* Sars, 1835.

Биомасса полихет в районе исследований варьировала от 21 до 142 г/м², в среднем — 87±11 г/м². Максимальные значения отмечены в центральной части залива на глубине 148 м на песчано-илистых, глинистых грунтах с небольшим количеством камней (ст. 13), минимальные — у входа в залив на глубине 137 м на песчано-илистых грунтах с большим количеством камней (ст. 14) (табл. 2).

Плотность поселения полихет в заливе Грён-фьорд варьирует от 1303 до 5380 экз/м², в среднем составляя 3379±605 экз/м². Максимальные значения плотности поселения зарегистрированы во внутренней части залива на песчано-илистых, глинистых грунтах с камнями и гравием на глубине 48 м (ст. 10), минимальные — во внешней части залива на песчано-илистых грунтах с большим количеством камней на глубине 137 м (ст. 14).

Сравнение станций по видовой структуре методом кластерного анализа на основе интенсивности метаболизма позволило выделить группировки станций в исследованном районе (рис. 2), однако их статистическая достоверность не была подтверждена (PERMANOVA: $F = 14,46$, $p = 0,1003$).

В результате кластерного анализа на уровне сходства 0,7 выделилась группировка станций (11, 12, 13) со схожим видовым составом и интенсивностью метаболизма. При меньшем уровне сходства выделяются станции (10 и 14), не вошедшие в вышеизложенную группировку при пороговом уровне сходства 50 %. Условия среды (глубина, температура, соленость, характера грунта), а также обилие доминирующих видов на данных станциях достаточно сильно различаются. В связи с этим мы рассматриваем каждую станцию как самостоятельный таксоцен.

Таблица 1

Видовой состав полихет в районе залива Грён-фьорд в 2021 г.
Polychaete species composition in the in the Grønfjord Bay in 2021

Вид	Номер станции				
	10	11	12	13	14
<i>Ampharete finmarchica</i> (M. Sars, 1865)	–	–	–	+	+
<i>Amphicteis gunneri</i> (M. Sars, 1835)	+	+	–	–	–
<i>Amphitrite groenlandica</i> Malmgren, 1866	–	–	+	–	–
<i>Anobothrus gracilis</i> (Malmgren, 1866)	–	–	–	–	+
<i>Artacama proboscidea</i> Malmgren, 1866	–	–	–	+	–
<i>Bylgides</i> sp.	+	–	–	+	–
<i>Capitella capitata</i> (Fabricius, 1780)	–	+	+	+	+
<i>Circeis armoricana</i> Saint-Joseph, 1894	–	–	–	–	+
<i>Circeis spirillum</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	–	+
Cirratulidae gen. sp.	+	+	+	+	+
<i>Cirratulus cirratus</i> (O. F. Müller, 1776)	–	+	+	–	–
<i>Cistenides hyperborea</i> Malmgren, 1866	+	+	+	+	–
<i>Cossura longocirrata</i> Webster & Benedict, 1887	–	–	+	–	–
<i>Enipo torelli</i> (Malmgren, 1865)	+	+	+	+	+
<i>Eteone agg. flava</i> (Fabricius, 1780)	+	+	+	+	+
<i>Eteone spetsbergensis</i> Malmgren, 1865	+	–	–	–	–
<i>Euchone analis</i> (Krøyer, 1856)	+	–	–	–	–
Flabelligeridae gen. sp.	–	–	–	–	+
<i>Galathowenia oculata</i> (Zachs, 1923)	+	+	+	+	–
<i>Gattyana cirrhosa</i> (Pallas, 1766)	+	+	+	+	+
<i>Glycera capitata</i> Örsted, 1842	+	–	+	–	+
<i>Harmothoe imbricata</i> (Linnaeus, 1767)	+	–	–	–	–
<i>Heteromastus filiformis</i> (Claparède, 1864)	+	+	+	+	+
<i>Hyalopomatus clapedii</i> Marenzeller, 1878	–	–	–	–	+
<i>Laonice cirrata</i> (M. Sars, 1851)	+	+	+	–	–
<i>Laphania boeckii</i> Malmgren, 1866	+	–	–	–	+
<i>Leitoscoloplos acutus</i> (Verrill, 1873)	+	+	+	+	+
<i>Levinsonia gracilis</i> (Tauber, 1879)	–	–	–	–	+
<i>Lumbriclymene minor</i> Arwidsson, 1906	–	+	+	+	–
Lumbrineridae gen. sp.	+	+	+	+	+
<i>Lysippe labiata</i> Malmgren, 1866	+	+	+	+	–
<i>Maldane sarsi</i> Malmgren, 1865	+	+	+	+	+
<i>Melinna elisabethae</i> McIntosh, 1885	–	–	–	+	–
<i>Myriochele heeri</i> Malmgren, 1867	–	–	–	–	+
<i>Nephtys ciliata</i> (Müller, 1788)	+	–	–	–	–
<i>Nephtys pente</i> Rainer, 1984	–	–	–	+	–
<i>Nicomache lumbricalis</i> (Fabricius, 1780)	–	–	–	–	+
<i>Nothria hyperborea</i> (Hansen, 1878)	+	–	–	+	+
<i>Ophelina acuminata</i> Örsted, 1843	+	+	+	–	–
<i>Ophelina cylindricaudata</i> (Hansen, 1879)	+	–	–	–	–
<i>Paradoneis lyra</i> (Southern, 1914)	–	–	–	+	–
<i>Petaloproctus tenuis</i> (Théel, 1879)	–	–	+	+	+
<i>Pholoe assimilis</i> Örsted, 1845	+	+	+	+	+
<i>Phyllodoce groenlandica</i> Örsted, 1842	+	+	+	+	–
<i>Polycirrus medusa</i> Grube, 1850	–	+	–	–	–
<i>Polydora socialis</i>	–	–	–	+	–
Polynoinae gen. sp.	–	–	–	–	+
<i>Praxillella gracilis</i> (M. Sars, 1861)	–	–	–	–	+

Окончание таблицы 1

Вид	Номер станции				
	10	11	12	13	14
<i>Rhodine gracilior</i> Tauber, 1879	+	—	—	—	—
<i>Saphobranchia longisetosa</i> (Marenzeller, 1890)	—	+	—	+	—
<i>Scalibregma inflatum</i> Rathke, 1843	+	+	—	+	+
<i>Scoletoma fragilis</i> (O.F. Müller, 1776)	+	+	+	+	—
<i>Spio limicola</i> Verrill, 1879	+	—	+	+	+
<i>Spio armata</i> (Thulin, 1957)	+	+	+	+	+
<i>Spio malmgreni</i> Sikorski in Jirkov, 2001	—	+	—	—	—
<i>Spiochaetopterus typicus</i> M Sars, 1856	+	+	+	+	—
Spionidae gen. sp.	—	+	—	—	—
Syllidae gen. sp.	—	—	—	—	+
<i>Terebellides</i> agg. <i>stroemii</i> Sars, 1835	+	+	+	+	+
Terebellidae gen. sp.	—	+	—	+	—
<i>Travisia forbesii</i> Johnston, 1840	—	—	—	+	+

Таблица 2

Характеристика станций отбора проб в заливе Грён-фьорд в 2021 г.
Characteristics of sampling stations in the Grønfyord Bay in 2021

Номер станции	<i>H</i> , м	Характеристика грунта	<i>S</i> , ‰	<i>T</i> , °C	<i>n</i>	<i>B</i> , г/м ²	<i>N</i> , экз/м ²	<i>M</i> , кДж/ч	Доминирующий вид (по метаболизму)
10	48	Коричневый песчаный ил, глина, камни, мелкая галька	34,23	0,23	32	46±7	5380±472	74±74	<i>Leitoscoloplos acutus</i>
11	135	Песчаный ил, вязкая глина, немного камней	34,66	2,99	29	110±12	3003±1282	105±105	<i>Maldane sarsi</i>
12	132	Песчаный ил, черная глина	34,72	3,31	27	114±15	2937±430	112±112	<i>Maldane sarsi</i>
13	148	Песчаный ил, глина с мелким щебнем, немного камней	34,74	3,39	33	142±14	4270±828	138±138	<i>Maldane sarsi</i>
14	137	Песчаный ил, камни	34,72	3,25	31	21±5	1303±15	28±28	<i>Maldane sarsi</i>

Примечание. *H* — глубина, *S* — соленость, *T* — температура, *n* — количество видов на станции, *B* — биомасса, *N* — плотность распределения полихет, *M* — метаболизм.

Первый кластер объединил станции 11, 12, 13 расположенные в центральной части залива на глубинах от 132 до 148 м на илисто-песчаных, глинистых грунтах с небольшим количеством камней. В районе исследования температура воды варьировала от 2,99 до 3,39 °C, соленость — от 34,66 до 34,74 ‰. Здесь, в глубоководных районах, на мягких илисто-песчаных грунтах отмечен таксоцен, в котором по метаболизму и биомассе доминирует *Maldane sarsi*, субдоминантом выступает *Leitoscoloplos acutus*. Доля *Maldane sarsi* в общей биомассе и метаболизме, составляет 68 и 54 % соответственно. Данный таксоцен характеризуется высокими значениями биомассы (122±14 г/м²) и плотностью поселения (3403±847 экз/м²).

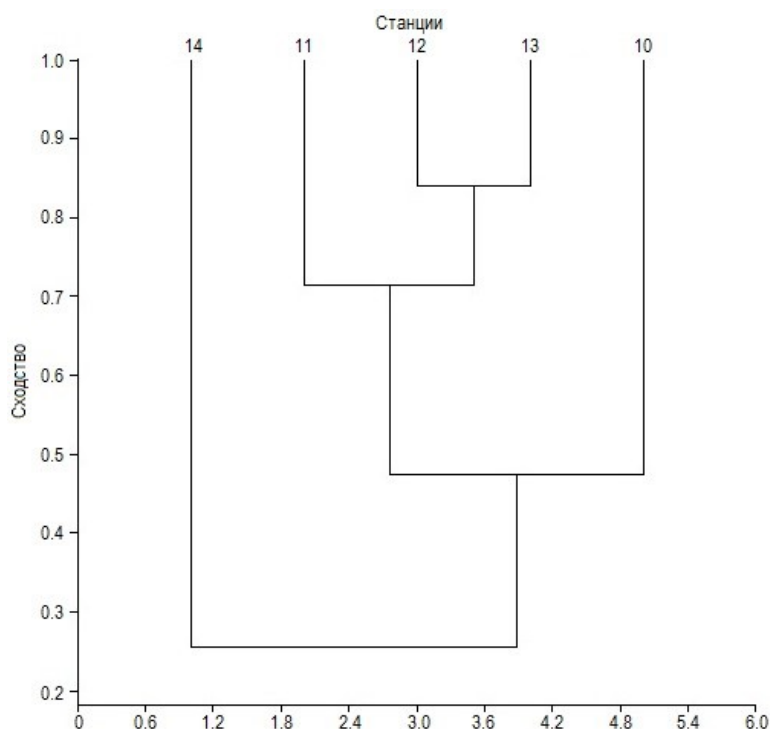


Рис. 2. Дендрограмма сходства видовой структуры полихет в заливе Грён-фьорд в 2021 г.
Fig. 2. Dendrogram of the similarity of the polychaete species structure in the Grønfjord Bay in 2021

Таблица 3

Структура доминирования видов в таксоценозах полихет в заливе Грён-фьорд в 2021 г.
Quantitative characteristics of polychaete taxocenes in the Grønfjord Bay in 2021

Доминирование	<i>Scoloplos acutus</i> (ст. 10)			<i>Maldane sarsi</i> (ст. 11, 12, 13)			<i>Maldane sarsi</i> (ст. 14)		
	<i>B</i> , %	<i>N</i> , %	<i>M</i> , %	<i>B</i> , %	<i>N</i> , %	<i>M</i> , %	<i>B</i> , %	<i>N</i> , %	<i>M</i> , %
<i>Maldane sarsi</i>	12,5	3,9	10,6	67,4	12,2	54,5	28,4	6,9	22,5
<i>Leitoscoloplos acutus</i>	11,0	27,1	16,6	5,6	39,6	12,6	11,8	32,7	18,5
Cirratulidae gen. sp.	8,4	23,4	13,4	3,7	15,7	7,2	2,8	9,2	4,6
Lumbrineridae gen. sp.	10,5	9,6	13,4	3,4	7,5	7,6	9,1	15,9	14,0
<i>Spiochaetopterus typicus</i>	2,7	0,1	1,3	4,8	0,6	3,5	—	—	—
<i>Ophelina cylindricaudata</i>	4,5	10,8	6,6	—	—	—	—	—	—
<i>Ophelina acuminata</i>	4,5	4,5	5,3	0,3	0,07	0,3	—	—	—
<i>Terebellides</i> agg. <i>stroemii</i>	6,0	1,9	5,1	2,9	0,9	2,7	11,4	3,1	9,3
<i>Glycera capitata</i>	0,04	0,06	0,06	0,02	0,03	0,03	14,1	0,3	7,9
<i>Scoletoma fragilis</i>	8,6	0,3	4,1	1,4	0,1	1,2	—	—	—
<i>Nephtys ciliata</i>	8,3	0,06	3,7	—	—	—	—	—	—

Примечание. *B* — биомасса, *N* — плотность распределения полихет, *M* — метаболизм.

Отдельно выделены станции 10, 14, находящиеся во внутренней и внешней части залива Грён-фьорд. Станция 14 расположена на глубине 137 м, на песчано-илистых грунтах с камнями, температура воды составляла 3,25 °С, соленость — 34,72 ‰. Здесь, как и в центральной части залива, отмечен таксоцен, где по метаболизму доминирует *Maldane sarsi*, субдоминантом выступает *Leitoscoloplos acutus*. Данный таксоцен отличается минимальными значениями биомассы (21 ± 5 г/м²) и плотностью поселения (1300 ± 15 экз/м²). Снижение количественных характеристик происходит за счет уменьшения обилия вида *Maldane sarsi*. Доля этого вида в метаболизме падает до 23 % (табл. 3). Снижение обилия

вида *M. sarsi* приводит к увеличению вклада в общий метаболизм вида *Leitoscoloplos acutus*, полихет семейства Lumbrineridae, а также *Terebellides* agg. *stroemii*, *Glycera capitata*. В данном районе отсутствуют виды (*Spiochaetopterus typicus*, *Ophelina cylindrica*, *Ophelina acuminata*, *Scoletoma fragilis*, *Nephtys ciliata*), присутствующие в других районах. Вероятно, условия среды (состав донных осадков, сильная гидродинамика водных масс) во внешней части залива создают неблагоприятные условия для их обитания в данном районе.

Отдельно выделена станция (ст. 10), расположенная в кутовой части залива. Условия среды (глубина, температура, соленость, грунт) в кутовой части залива достаточно сильно отличаются от условий среды во внешней и средней части залива. В кутовой части залива отмечены низкие значения температуры (0,23 °C) и солености (34,23 ‰) придонных вод, а также преобладание песчано-илистых грунтов с включением камней и гальки. С изменением глубины, солености, характера грунта отмечено изменение состава и структуры таксоценов полихет. Здесь в кутовом мелководном районе на твердых илисто-песчаных грунтах в районе влияния холодных придонных вод формируется таксоцен, в котором доминирует *Leitoscoloplos acutus*, субдоминантом выступает *Maldane sarsi*. В данном таксоцене доля вида *Maldane sarsi* (в общей биомассе, численности, метаболизме) сильно снижается (13, 4 и 11 %) (см. табл. 3). Таксоцен отличается низкими значениями биомассы (46 г/м²), но высокой плотностью поселения (5380 экз/м²) за счет обильного развития вида *Leitoscoloplos acutus*, а также мелких экземпляров Lumbrineridae gen. sp. и Cirratulidae gen. sp.

При продвижении от внешней к внутренней части залива Грён-фьорд с изменением условий среды (глубины, температуры, солености, характера грунта, водных масс) наблюдается изменение структуры таксоценов полихет.

Во внешней и центральной части залива формируются таксоцены со сходным составом доминантов и субдоминантов (*Maldane sarsi*, *Leitoscoloplos acutus*), однако их количественные характеристики закономерно снижаются от центральной к внешней части залива.

В центральной (глубоководной) части залива Грён-фьорд на мягких илисто-песчаных грунтах формируется таксоцен с доминированием *Maldane sarsi* (субдоминантом выступает *Leitoscoloplos acutus*), характеризующийся высокой биомассой и плотностью поселения. Высокие показатели обилия определяются сочетанием благоприятных условий среды и обилием пищевых ресурсов. Адвекция атлантических водных масс во внешней части залива усиливает поступление органического вещества в донные осадки, создавая обильную кормовую базу. Стабильные условия среды и благоприятный тип субстрата в сочетании с относительно высокими температурами придонных вод создают благоприятные условия для питания и развития детритофагов, что приводит к обильному развитию *Maldane sarsi* и, как следствие, к увеличению общей биомассы и плотности поселения в таксоцене.

Во внешней части залива Грён-фьорд также отмечен таксоцен с доминированием *Maldane sarsi*, субдоминантом выступает *Leitoscoloplos acutus*, характеризующийся низкими значениями биомассы и плотностью поселения. Преобладание песчаного грунта во внешней части залива свидетельствует о сильной динамике придонных вод, способствующей размыву донных осадков. В условиях активной гидродинамики, где процессы переноса осадков доминируют над процессами их образования, создаются неблагоприятные условия для развития детритофагов. Это приводит к снижению количественных показателей доминирующего вида, но не изменяет его доминирующего положения в структуре таксоценов. Снижение обилия вида *Maldane sarsi* приводит к увеличению вклада в общий метаболизм видов *Leitoscoloplos acutus* и полихет семейства Lumbrineridae. Основной вклад в различие между таксоценом центральной (ст. 11, 12, 13) и внешней части (ст. 14) залива вносит вид *Maldane sarsi* (55,7 %), меньший — виды *Leitoscoloplos acutus* (9,5 %) и Cirratulidae gen. sp. (6,7 %) (табл. 3).

Значительные изменения структуры таксоценов полихет происходят в кутовой части залива. Здесь в условиях высокой изменчивости среды и преобладания твердых грунтов с низким содержанием органических веществ крупный детритофаг *Maldane sarsi* замещается мелким видом *Leitoscoloplos acutus* (субдоминантами выступают Cirratulidae gen. sp. и Lumbrineridae gen. sp.), в результате чего формируется таксоцен с низкой биомассой и высокой плотностью поселения. Донные сообщества, обитающие в «приледниковых» районах залива, подвержены постоянным изменяющимся условиям среды. Приливные ледники, расположенные во внутренних участках арктических фьордов, сбрасывают холодные пресные воды с большим количеством обломочного материала и минеральной взвеси, большая часть которых оседает на дно фьордов. Высокая скорость седиментации приводит к образованию

плотных глинистых отложений с низким содержанием органического вещества, что оказывает влияние на распределение донных сообществ в данных районах. Изменчивость условий среды (снижение глубины, температуры, солености) и преобладание твердых грунтов с низким содержанием питательных веществ приводит к снижению обилия *Maldane sarsi* (его доля в биомассе падает до 14 %, в численности — до 4 %) и увеличению доминирования по плотности поселения и метаболизму мелких видов *Leitoscoloplos acutus*, а также Cirratulidae gen. sp. и Lumbrineridae gen. sp., способных быстро приспосабливаться к изменяющимся условиям среды. Сходная картина распределения донных организмов в кутовых «приледниковых» и «ледниковых» заливах Западного Шпицбергена отмечена ранее [Włodarska-Kowalczyk, Pearson, 2004; Renaud et al., 2007; Фролова, Дикаева, 2009; Любина и др., 2011; Дикаева, Фролова, 2014, 2018; Дикаева, 2023]. Основной вклад в различие между таксоценозами центральной и кутовой части залива вносят виды Cirratulidae g. sp. (14,6 %), *Leitoscoloplos acutus* (12,1 %), Lumbrineridae gen. sp. (10,2 %) (табл. 4).

Таблица 4

Вклад таксонов полихет в общее различие между группами,
выделенными с помощью кластерного анализа
Contribution of polychaete taxa to the overall difference between groups identified by cluster analysis

Таксон	Среднее различие, %	Вклад в различия, %	Накопленные различия, %
Кластер 1 (ст. 10) — кластер 2 (ст. 11, 12, 13), среднее различие — 51,16 %			
<i>Maldane sarsi</i>	29,36	57,40	57,40
<i>Ophelina cylindricaudata</i>	2,62	5,11	62,51
<i>Ophelina acuminata</i>	1,86	3,64	66,15
<i>Spiochaetopterus typicus</i>	1,62	3,17	69,32
Lumbrineridae gen. sp.	1,59	3,11	72,43
<i>Nephtys ciliata</i>	1,44	2,81	75,24
Cirratulidae gen. sp.	1,41	2,77	78,01
<i>Leitoscoloplos acutus</i>	1,4	2,73	80,75
<i>Scoletoma fragilis</i>	1,34	2,69	83,44
Кластер 1 (ст. 10) — кластер 3 (ст. 14), среднее различие — 58,03 %			
Cirratulidae gen. sp.	8,45	14,59	14,59
<i>Leitoscoloplos acutus</i>	7,02	12,10	26,69
Lumbrineridae gen. sp.	5,92	10,20	36,89
<i>Ophelina cylindricaudata</i>	4,90	8,46	45,35
<i>Scoletoma fragilis</i>	4,05	6,98	52,32
<i>Ophelina acuminata</i>	3,82	6,58	58,9
<i>Nephtys ciliata</i>	2,69	4,65	63,55
<i>Glycera capitata</i>	2,11	3,64	71,43
<i>Heteromastus filiformis</i>	1,92	3,31	74,75
Кластер 2 (ст. 11, 12, 13) — кластер 3 (ст. 14), среднее различие — 71,46 %			
<i>Maldane sarsi</i>	39,81	55,71	55,71
<i>Leitoscoloplos acutus</i>	6,81	9,53	65,24
Cirratulidae gen. sp.	4,79	6,71	71,96
<i>Spiochaetopterus typicus</i>	2,81	3,94	75,9
Lumbrineridae gen. sp.	2,42	3,39	79,29
<i>Heteromastus filiformis</i>	1,81	2,54	81,84
<i>Glycera capitata</i>	1,49	2,08	83,92
<i>Scoletoma fragilis</i>	1,03	1,45	85,38
<i>Terebellides agg. stroemii</i>	1,00	1,40	86,78

Дополнительную информацию о связи видовой структуры сообществ полихет с факторами среды можно получить, рассмотрев результаты канонического анализа (ССА) (рис. 3). Для описания грунта использовались процентные доли основных размерных фракций: песка, ила, глины, камней. Виды, представленные единичными находками, из анализа были исключены. Положение станций на графике соответствует результатам, полученным при кластеризации (см. рис. 2).

Первая ось объясняет 59,8 % вариабельности структуры полихет ($\text{eigenvalue} = 0,1803$, $p = 0,389$), вторая — 29,5 % ($\text{eigenvalue} = 0,0889$, $p = 0,367$). График показал, что распределение видов обусловливается совместным влиянием комплекса абиотических факторов среды. В левой части графика сгруппированы глубоководные станции (11, 12, 13) центральной части залива, со стабильными морскими условиями среды. Здесь выделена группа видов, предпочитающих мягкие илисто-песчаные, глинистые грунты, высокие температуры воды, нормальную соленость. Достаточно сильно выделилась мелководная станция, кутовой части залива (ст. 10), отличающаяся жесткими грунтами, низкой температурой и пониженной соленостью. На диаграмме виды *Spio arctica*, *Pholoe assimilis*, *Ophelina acuminata*, *Scoletoma fragilis*, *Enipo torelli*, *Nothria hyperborea* располагаются на значительном удалении от центра. Такое размещение свидетельствует о том, что для этих видов на данной станции созданы оптимальные условия для обитания. Также отдельно находится глубоководная станция (ст. 14) внешней части залива, отличающаяся преобладанием илисто-песчаных, каменистых грунтов. В верхней части диаграммы выделяются виды *Scalibregma inflatum*, *Petaloproctus tenuis*, *Glycera capitata*, *Ampharete finmarchica*, *Capitella capitata*, увеличивающие свои количественные характеристики (метаболизм) в этом районе (ст. 14).

Анализ полученных результатов и данных предыдущих исследований показал, что во все периоды исследований в глубоководных районах залива Грён-фьорд на мягких илисто-песчаных, глинистых грунтах доминирует *Maldane sarsi* [Дикаева, Фролова, 2014, 2018; Дикаева, 2023]. Однако сравнение полученных результатов с данными предыдущих исследований показывает некоторые изменения в составе доминирующих видов (по метаболизму) в кутовой части залива. Так, в августе 2001–2003 и 2008 гг. здесь доминировали полихеты семейства Cirratulidae, преобладающие в районах с высокой концентрацией минеральной взвеси [Wlodarska-Kowalczyk, Pearson, 2004; Дикаева, 2009; Фролова, Дикаева, 2009; Любина и др., 2011]. При продвижении от внешней к кутовой части залива Грён-фьорд в 2015, 2019 гг. на глубине от 71 до 87 м доминировал *Maldane sarsi*, в 2021 г. в кутовой части залива на глубине 48 м доминировал *Leitoscoloplos acutus* (см. рис. 1). Вероятно, это связано с разной глубиной и сезоном отбора проб. Пробы в 2001, 2002, 2003, 2008 гг. были получены с глубины 37–67 м в июле-августе, в период интенсивного поступления осадочного материала в кутовую часть залива в результате речного и ледникового стока, что привело к доминированию мелких видов полихет семейства Cirratulidae. В 2015 и 2019 гг. в кутовой части залива Грён-фьорд пробы взяты на больших глубинах (71–128 м), где доминирующим видом был *Maldane sarsi*. Настоящее исследование проведено в зимний период 2021 г. на небольшой глубине (48 м), когда вынос осадочного вещества минимален из-за замерзания речной системы и снижения стока талых ледниковых вод, в кутовой части залива в таксоцено доминировал вид *Leitoscoloplos acutus* с мелкими размерами тела.

Заключение

Распределение таксоценов полихет в заливе Грён-фьорд демонстрирует четкую пространственную зональность, обусловленную сменой стабильных условий обитания на больших глубинах изменчивыми условиями мелководных приледниковых районов. Изменчивость условий среды (изменение глубины, температуры, солености, характер грунта) приводит к перестройке структуры таксоценов полихет, выражающейся в изменении соотношения основных доминирующих видов. Во внешней и центральной части залива формируются таксоцены со сходным составом доминантов и субдоминантов (*Maldane sarsi*, *Leitoscoloplos acutus*), но их количественные характеристики закономерно снижаются от центральной к внешней части залива. В центральной части фьорда, на мягких илистых грунтах с высоким обилием пищи, наблюдаются максимальные значения биомассы и плотности поселения полихет за счет обильного развития *Maldane sarsi*. Во внешней части залива, где преобладают песчаные грунты и отмечается усиление гидродинамической активности, количественные характеристики таксоценов значительно снижаются. В изменчивых мелководных «приледниковых» районах с преобладанием твердых грунтов и низким содержанием питательных веществ крупный детритофаг *Maldane sarsi* замещается мелким видом *Leitoscoloplos acutus*, что приводит к формированию таксоценов, отличающегося низкой биомассой, но высокой плотностью поселения. Сравнение полученных данных с данными предыдущих исследований [Дикаева, Фролова, 2014, 2018; Дикаева, 2023] показало стабильность состава доминирующих видов в глубоководных районах залива, что свидетельствует о постоянстве

условий среды и обилии пищевых ресурсов. Состав доминирующих видов в кутовой «приледниковой» зоне отличается значительной межгодовой изменчивостью, что является прямым отражением высокой вариабельности абиотических факторов (температуры, солености, глубины, грунта). Структура таксоценов полихет кутовой части залива отражает изменчивые условия перигляциальной зоны Шпицбергена и может служить индикатором изменений условий среды. Современные данные дополняют сведения о распределении полихет в заливах и фьордах Западного Шпицбергена и служат основой для дальнейших мониторинговых исследований.

Список источников

- Алимов А. Ф. Интенсивность обмена у водных пойкило-термных животных // Общие основы изучения водных экосистем. Л.: Наука, 1979. С. 5–21.
- Денисенко Н. В., Денисенко С. Г., Фролов А. А. Зообентос Горла, Воронки Белого моря: структура и особенности распределения в прибрежье Кольского полуострова // Морские беспозвоночные Арктики, Антарктики и Субантарктики / Зоол. ин-т РАН. СПб., 2006. С. 15–34. (Исследования фауны морей. Вып. 56 (64)).
- Дикаева Д. Р., Зими́на О. Л. Распределение полихет на литорали залива Грён-фьорд (Западный Шпицберген) в зимне-весенний период 2016 г. // Морские исследования и образование (MARESEDU-2017): тр. VI Междунар. науч.-практ. конф. (Москва, 30 октября — 2 ноября 2017 г.). Тверь: ПолиПРЕСС, 2017. С. 456–458.
- Дикаева Д. Р. Распределение сообществ полихет в районе Западного Шпицбергена // Изв. РАН. Сер. биол. № 5. 2023. С. 546–556. <https://doi.org/10.31857/S102634702110067X>
- Дикаева Д. Р., Фролова Е. А. Распределение сообществ полихет в районе Западного Шпицбергена в зимний период (декабрь 2015 г.) // Докл. РАН. Науки о Земле. 2018. Т. 480, № 5. С. 1–5. <https://doi.org/10.7868/S0869565218050274>
- Дикаева Д. Р., Фролова Е. А. Современное распределение сообществ полихет во фьордах Западного Шпицбергена // Вестн. Мурман. гос. техн. ун-та. 2014. Т. 17, № 1. С. 119–127.
- Лейбсон Р. Г. Количественный учет донной фауны Мотовского залива // Тр. ВНИРО. 1939. Т. 4. С. 127–192.
- Любина О. С., Зими́на О. Л., Фролова Е. А., Любин П. А., Фролов А. А., Дикаева Д. Р., Ахметчина О. Ю., Гарбуль Е. А. Особенности распределения бентосных сообществ во фьордах Западного Шпицбергена // Проблемы Арктики и Антарктики. 2011. № 1 (87). С. 28–40.
- Матишов Г. Г. Дно океана в ледниковый период. Л.: Наука, 1984. 176 с.
- Мещеряков Н. И. Современное осадконакопление в заливе Грён-фьорд (Западный Шпицберген): автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Мурманск, 2017. 30 с.
- Митяев М. В., Погодина И. А., Герасимова М. В. Фациальная изменчивость современных отложений залива Грён-фьорд, Западный Шпицберген // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 5. Апатиты: КНЦ РАН, 2005. С. 190–202.
- Моисеев Д. В., Громов М. С. Термохалинные условия в заливах и фьордах о. Западный Шпицберген летом 2003 и 2008 гг. // Проблемы морской палеоэкологии и биогеографии в эпоху глобальных изменений: материалы VIII Всерос. школы по морской биологии и IX Междунар. науч. конф. «Комплексные исследования природы архипелага Шпицберген» (Мурманск, 12–14 ноября 2009 г.). М.: ГЕОС, 2009. С. 332–335.
- Научный отчет комплексной экспедиции на НИС «Дальние Зеленцы» в Баренцево море с 10 марта по 14 апреля 2021 г. / Дерябин А. А., Максимовская Т. М., Пастухов И. А. [и др.]; ММБИ РАН. Мурманск, 2022. 110 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49370684>
- Павлидис Ю. А., Леонтьев И. О., Никифоров С. Л., Рахольд Ф., Григорьев М. Н., Разумов С. Р., Васильев А. А. Генеральная прогнозная схема развития прибрежной зоны Арктических морей Евразии в 21 веке // Океанология. 2007. Т. 47, № 1. С. 129–140. <https://doi.org/10.1134/S0001437007010146>
- Пантелеева Н. Н., Ахметчина О. Ю., Зими́на О. Л., Любина О. С., Нехаев И. О., Фролов А. А., Фролова Е. А. Особенности развития беспозвоночных залива Грён-фьорд (Западный Шпицберген) в летний период // Проблемы морской палеоэкологии и биогеографии в эпоху глобальных изменений: материалы VIII Всерос. школы по морской биологии и IX Междунар. науч. конф. «Комплексные исследования природы архипелага Шпицберген» (Мурманск, 12–14 ноября 2009 г.). М.: ГЕОС, 2009. С. 337–353.
- Пантелеева Н. Н., Любина О. С., Нехаев И. О., Фролов А. А., Артюх О. Л., Ахметчина О. Ю. О разнообразии фауны беспозвоночных Грён-фьорда (Западный Шпицберген) и влияние методов сбора материала на результат // Биоразнообразие сообществ морских и пресноводных экосистем России: материалы Шестой Всерос. школы по морской биологии (Мурманск, 1–2 ноября 2007 г.) / ММБИ КНЦ РАН. Мурманск, 2007. С. 140–141.
- Тарасов Г. А. Современное водно-ледниковое осадкообразование в заливе Грён-фьорд (Шпицберген) // Проблемы морской палеоэкологии и биогеографии в эпоху глобальных изменений: материалы VIII Всерос. школы

- по морской биологии и IX Междунар. науч. конф. «Комплексные исследования природы архипелага Шпицберген» (Мурманск, 12–14 ноября 2009 г.). М.: ГЕОС, 2009. С. 394–400.
- Фролова Е. А., Гарбуль Е. А., Гудимов А. В., Фролов А. А. Донные биоценозы залива Грён-фьорд (Западный Шпицберген) // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 5. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2005. С. 480–499.
- Фролова Е. А., Дикаева Д. Р. Биогеографический состав многощетинковых червей фьордов и заливов Западного Шпицбергена // Комплексные исследования природы Шпицбергена: материалы XI Междунар. конф. (Мурманск, ноябрь 2012 г.). Вып. 11. М.: ГЕОС, 2012. С. 238–248.
- Фролова Е. А., Дикаева Д. Р. Сообщества полихет сублиторали системы Ис-фьорда (Западный Шпицберген) // Проблемы морской палеоэкологии и биогеографии в эпоху глобальных изменений: материалы VIII Всерос. школы по морской биологии и IX Междунар. науч. конф. «Комплексные исследования природы архипелага Шпицберген» (Мурманск, 12–14 ноября 2009 г.). М.: ГЕОС, 2009. С. 407–411.
- Фролова Е. А. Полихеты залива Грён-фьорд (Западный Шпицберген) // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 6. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2006. С. 379–386.
- Bray J. R., Curtis J. T. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin // *Ecol. Monogr.* 1957. Vol. 27. P. 325–349. URL: <http://www.jstor.org/stable/1942268> (дата обращения: 18.05.2026).
- Carroll M. L., Denisenko S. G., Renaud P. E., Ambrose W. G., Jr. Benthic infauna of the seasonally ice-covered western Barents Sea: patterns and relationships to environmental forcing // *Deep Sea Res. Pt II.* 2008. Vol. 55. P. 2340–2351. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2008.05.022>
- Cochrane S. K. J., Pearson T. H., Greenacre M., Costelloe J., Ellingsen I. H. et al. Benthic fauna and functional traits along a Polar Front transect in the Barents Sea — Advancing tools for ecosystem-scale assessments // *J. Mar. Syst.* 2012. Vol. 94. P. 204–217.
- Kedra M., Włodarska-Kowalczyk M., Wesławski J. M. Decadal change in macrobenthic soft-bottom community structure in a high Arctic fjord (Kongsfjord, Svalbard) // *Polar Biol.* 2010. Vol. 33. P. 1–11. <https://doi.org/10.1007/s00300-009-0679-1>
- Renaud P. E., Włodarska-Kowalczyk M., Trannum H., Holte B., Wesławski J. M., Cochrane S., Dahle S., Gulliksen B. Multidecadal stability of benthic community structure in a high-Arctic glacial fjord (van Mijenfjord, Spitsbergen) // *Polar Biol.* 2007. Vol. 30, iss. 3. P. 295–305. <https://doi.org/10.1007/s00300-006-0183-9>
- Wesławski J. M., Włodarska-Kowalczyk M., Kedra M., Legezyńska J., Kotwiski L. Eight species that rule today's European Arctic fjord benthos / J. M. Wesławski [et al.] // *Pol. Polar Res.* 2012. Vol. 33, No. 3. P. 225–238. <https://doi.org/10.2478/v10183-012-0016-1>
- Włodarska-Kowalczyk M., Pearson T. Soft-bottom faunal associations and factors affecting species distributions in an Arctic glacial fjord (Kongsfjord, Spitsbergen) // *Polar Biol.* 2004. Vol. 27. P. 155–167. <https://doi.org/10.1007/s00300-003-0568-y>

References

- Алимов А. Ф. Интенсивность обмена у водных пойкило-термных животных [Intensity of metabolism in aquatic poikilothermal animals]. *Общие основы изучения водных экосистем [General principles of studying aquatic ecosystems]*. Ленинград, Наука, 1979, pp. 5–21. (In Russ.).
- Bray J. R., Curtis J. T. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.*, 1957, Vol. 27, pp. 325–349. <http://www.jstor.org/stable/1942268>
- Carroll M. L., Denisenko S. G., Renaud P. E., Ambrose W. G., Jr. Benthic infauna of the seasonally ice-covered western Barents Sea: patterns and relationships to environmental forcing. *Deep Sea Res. Pt II*, 2008, Vol. 55, pp. 2340–2351. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2008.05.022>
- Cochrane S. K. J., Pearson T. H., Greenacre M., Costelloe J., Ellingsen I. H., et al. Benthic fauna and functional traits along a Polar Front transect in the Barents Sea — Advancing tools for ecosystem-scale assessments. *J. Mar. Syst.*, 2012, Vol. 94, pp. 204–217.
- Denisenko N. V., Denisenko S. G., Frolov A. A. Zoobentos Gorla, Voronki Belogo morya: структура и особенности распределения в прибрежье Колского полуострова [Zoobenthos of the gorlo and voronka straights of the White Sea: structure and distribution patterns in coastal areas of the Kola Peninsula]. *Морские беспозвоночные Арктики, Антарктики и Субантарктики. Исследования фауны морей. Вып. 56 (64)* [Marine Invertebrates of the Arctic, Antarctic and Subantarctic. Explorations of the fauna of the Seas, Vol. 56 (64)]. Saint Petersburg, Publ. Zool. Institute RAS, 2006, pp. 15–34. (In Russ.).
- Deryabin A. A., Maksimovskaya T. M., Pastukhov I. A., Gurba A. N., Kalinka O. P., Chovgan O. V. Научный отчет комплексной экспедиции на НИС “Дальние Зелёные” в Барентсево море с 10 марта по 14 апреля 2021 года

- [Scientific report of the complex expedition on the R/V «Dalnie Zelentsy» to the Barents Sea from 10 March to 14 April 2021]. Murmansk, Publ. MMBI RAS, 2022, 110 p. (In Russ.). <https://elibrary.ru/item.asp?id=49370684>
- Dikaeva D. R., Frolova E. A. Raspredelenie soobshchestv polikhet v rayone Zapadnogo Shpitsbergena v zimniy period (dekabr' 2015 goda) [Distribution of polychaete communities in the West Spitsbergen area in winter (December 2015)]. *Doklady Rossiyskoy akademii nauk. Nauki o Zemle* [Doklady RAS. Earth Sciences], 2018, Vol. 480, No. 5, pp. 1–5. (In Russ.). <https://doi.org/10.7868/S0869565218050274>
- Dikaeva D. R., Frolova E. A. Sovremennoe raspredelenie soobshchestv polikhet vo f'ordakh Zapadnogo Shpitsbergena. [Modern distribution of Polychaeta communities in fjords of West Spitsbergen]. *Vestnik Murmanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Murmansk State Technical University], 2014, Vol. 17, No. 1, pp. 119–127. (In Russ.).
- Dikaeva D. R. Raspredelenie soobshchestv polikhet v rayone Zapadnogo Shpitsbergena [Distribution of polychaete communities in West Spitsbergen]. *Izvestiya RAN. Seriya biologicheskaya* [Bulletin of the Russian Academy of Science. Biological Series], 2023, No. 5, pp. 546–556. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S102634702110067X>
- Dikaeva D. R., Zimina O. L. Raspredelenie polikhet na litorali zaliva Gren-ford (Zapadnyy Shpitsbergen) v zimne-vesenniy period 2016 goda [Distribution of polychaetes on the littoral of Grønfjord Bay (Western Spitsbergen) in the winter-spring period of 2016]. *Morskie issledovaniya i obrazovanie (MARESEDU-2017). Trudy VI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (Moskva, 30 oktyabrya — 2 noyabrya 2017 goda)* [Marine research and education (MARESEDU-2017). Proceedings of the VI International scientific and practical conference (Moscow, 30 October — 2 November 2017)]. Tver', PoliPRESS, 2017, pp. 456–458. (In Russ.).
- Frolova E. A., Dikaeva D. R. Biogeograficheskiy sostav mnogoshchetinkovykh chervev f'ordov i zalivov Zapadnogo Shpitsbergena [Biogeographical composition of polychaete worms in the fjords and bays of Western Spitsbergen]. *Kompleksnye issledovaniya prirody Shpitsbergena. Materialy mezhdunarodnoy konferentsii (Murmansk, 1–3 noyabrya 2012 goda). Vyp. 11* [Complex Investigations of the Svalbard Archipelago Nature. Proceedings of the International Scientific Conference (Murmansk, 1–3 November 2012). Iss. 11]. Moscow, GEOS, 2012, pp. 238–248. (In Russ.).
- Frolova E. A., Dikaeva D. R. Soobshchestva polikhet sublitorali sistemy Is-forda (Zapadnyy Shpitsbergen) [Polychaete communities of the sublittoral Isfjord system (Western Spitsbergen)]. *Problemy morskoy paleoekologii i biogeografii v epokhu global'nykh izmeneniy. Materialy VIII Vserossiyskoy shkoly po morskoy biologii i IX Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii “Kompleksnye issledovaniya prirody arhipelaga Shpitsbergen” (Murmansk, 12–14 noyabrya 2009 goda)* [Materials of the VIII All-Russian School on Marine Biology and the IX International Scientific Conference “Complex investigations of Spitsbergen nature” (Murmansk, 12–14 November 2009)]. Moscow, GEOS, 2009, pp. 407–411. (In Russ.).
- Frolova E. A., Garbul' E. A., Gudimov A. V., Frolov A. A. Donnye biotsenozy zaliva Gren-ford (Zapadnyy Shpitsbergen) [Bottom biocenoses of the Grønfjord (Western Spitsbergen)]. *Kompleksnye issledovaniya prirody Shpitsbergena. Vyp. 5* [Complex Investigations of Spitsbergen Nature. Iss. 5]. Apatity, Publ. KSC RAS, 2005, pp. 480–499. (In Russ.).
- Frolova E. A. Polikhety zaliva Gren-ford (Zapadnyy Shpitsbergen) [Polychaetes of Grønfjord (Western Spitsbergen)]. *Kompleksnye issledovaniya prirody Shpitsbergena. Vyp. 6* [Complex Investigations of Spitsbergen Nature. Iss. 6]. Apatity, Publ. KSC RAS, 2006, pp. 379–386. (In Russ.).
- Kedra M., Włodarska-Kovalczuk M., Weslawski J. M. Decadal change in macrobenthic soft-bottom community structure in a high Arctic fjord (Kongsfjord, Svalbard). *Polar Biol.*, 2010, Vol. 33, pp. 1–11. <https://doi.org/10.1007/s00300-009-0679-1>
- Leybson R. G. Kolichestvennyy uchet donnoy fauny Motovskogo zaliva [Quantitative accounting of the bottom fauna of Motovsky Bay]. *Trudy VNIRO* [Transaction of VNIRO], 1939, Vol. 4, pp. 127–192. (In Russ.).
- Lyubina O. S., Zimina O. L., Frolova E. A., Lyubin P. A., Frolov A. A., Dikaeva D. R., Akhmetchina O. Yu., Garbul' E. A. Osobennosti raspredeleniya bentosnykh soobshchestv vo f'ordakh Zapadnogo Shpitsbergena [Features of the distribution of benthic communities in the fjords of Western Spitsbergen]. *Problemy Arktiki i Antarktiki* [Arctic and Antarctic Research], 2011, No. 1 (87), pp. 28–40. (In Russ.).
- Matishov G. G. *Dno okeana v lednikovyy period* [The ocean floor during the Ice Age]. Leningrad, Nauka, 1984, 176 p.
- Meshcheryakov N. I. *Sovremennoe osadkonakopleniye v zalive Gren-ford (Zapadnyy Shpitsbergen). Diss. kand. geograf. nauk* [Modern sedimentation in the Grønfjord Bay (Western Spitsbergen). PhD (Geography) avtoref. diss.]. Murmansk, 2017, 29 p.
- Mityaev M. V., Pogodina I. A., Gerasimova M. V. Fatsial'naya izmenchivost' sovremennykh otlozheniy zaliva Gren-ford, Zapadnyy Shpitsbergen [Facies variability of modern deposits in Grønfjord Bay, West Spitsbergen]. *Kompleksnye issledovaniya prirody Shpitsbergena* [Complex investigations of Spitsbergen Nature]. Apatity, Publ. KSC RAS, 2005, pp. 190–202. (In Russ.).
- Moiseev D. V., Gromov M. S. Termoxalinnyy'e usloviya v zalivax i f'ordax o. Zapadnyy Shpitsbergen letom 2003 i 2008 gg. [Termohaline conditions in bays and fjords of Spitsbergen Island in summer 2003 and 2008]. *Problemy morskoy*

- paleoekologii i biogeografii v epokhu global'nykh izmeneniy. Materialy VIII Vserossiyskoy shkoly po morskoy biologii i IX Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii "Kompleksnye issledovaniya prirody arhipelaga Shpitsbergen"* (Murmansk, 12–14 noyabrya 2009 goda). [Materials of the VIII All-Russian School on Marine Biology and the IX International Scientific Conference "Complex investigations of Spitsbergen nature" (Murmansk, 12–14 November 2009)]. Moscow, GEOS, 2009, pp. 337–353. (In Russ.).
- Panteleeva N. N., Akhmetchina O. Yu., Zimina O. L., Lyubina O. S., Nekhaev I. O., Frolov A. A., Frolova E. A. Osobennosti razvitiya bespozvonochnykh zaliva Gren-ford (Zapadnyy Shpitsbergen) v letniy period [Features of the development of invertebrates in the Grønfjord (Western Spitsbergen) in summer]. *Problemy morskoy paleoekologii i biogeografii v epokhu global'nykh izmeneniy. Materialy VIII Vserossiyskoy shkoly po morskoy biologii i IX Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii "Kompleksnye issledovaniya prirody arhipelaga Shpitsbergen"* (Murmansk, 12–14 noyabrya 2009 goda) [Materials of the VIII All-Russian School on Marine Biology and the IX International Scientific Conference "Complex investigations of Spitsbergen nature" (Murmansk, 12–14 November 2009)]. Moscow, GEOS, 2009, pp. 337–353. (In Russ.).
- Panteleeva N. N., Lyubina O. S., Nekhaev I. O., Frolov A. A., Artyukh O. L., Akhmetchina O. Yu. O raznoobrazii fauny bespozvonochnykh Gren-forda (Zapadnyy Shpitsbergen) i vliyaniye metodov sbora materiala na rezul'tat [On the diversity of the invertebrate fauna of Grønfjord (Western Spitsbergen) and the influence of the collection methods on the results]. *Bioraznoobrazie soobshchestv morskikh i presnovodnykh ekosistem Rossii. Materialy Shestoy Vserossiyskoy shkoly po morskoy biologii* (Murmansk, 1–2 noyabrya 2007 goda) [Biodiversity of Marine and Freshwater Ecosystems in Russia. Materials of the VI All-Russian School on Marine Biology (Murmansk, 1–2 November 2007)]. Murmansk, Publ. MMBI KSC RAS, 2007, pp. 140–141. (In Russ.).
- Pavlidis Yu. A., Leontiev I. O., Nikiforov S. L., Rahold F., Grigoriev M. N., et al. General'naya prognoznaya shema razvitiya pribrezhnoy zony Arkticheskikh morej Evrazii v 21 veke [General forecast scheme of development of the coastal zone of the Arctic seas of Eurasia in the 21st century]. *Okeanologiya* [Oceanology], 2007, Vol. 47, No. 1, pp. 129–140. (In Russ.). <https://doi.org/10.1134/S0001437007010146>
- Renaud P. E., Włodarska-Kowalczyk M., Trannum H., Holte B., Weslawski J. M., Cochrane S., Dahle S., Gulliksen B. Multidecadal stability of benthic community structure in a high-Arctic glacial fjord (van Mijenfjord, Spitsbergen). *Polar Biol.*, 2007, Vol. 30, iss. 3, pp. 295–305. <https://doi.org/10.1007/s00300-006-0183-9>
- Tarasov G. A. Sovremennoe vodno-lednikovoe osadkoobrazovanie v zalive Gren-ford (Shpitsbergen) [Modern water-glacial sedimentation in the Grønfjord (Spitsbergen)]. *Problemy morskoy paleoekologii i biogeografii v epokhu global'nykh izmeneniy. Materialy VIII Vserossiyskoy shkoly po morskoy biologii i IX Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii "Kompleksnye issledovaniya prirody arhipelaga Shpitsbergen"* (Murmansk, 12–14 noyabrya 2009 goda). [Materials of the VIII All-Russian School on Marine Biology and the IX International Scientific Conference "Complex investigations of Spitsbergen nature" (Murmansk, 12–14 November 2009)]. Moscow, GEOS, 2009, pp. 394–400. (In Russ.).
- Weslawski J. M., Włodarska-Kowalczyk M., Kedra M., Legezyńska J., Kotwiski L. Eight species that rule today's European Arctic fjord benthos. *Pol. Polar Res.*, 2012, Vol. 33, No. 3, pp. 225–238. <https://doi.org/10.2478/v10183-012-0016-1>
- Włodarska-Kowalczyk M., Pearson T. Soft-bottom faunal associations and factors affecting species Distributions in an Arctic glacial fjord (Kongsfjord, Spitsbergen). *Polar Biol.*, 2004, Vol. 27, pp. 155–167. <https://doi.org/10.1007/s00300-003-0568-y>

Информация об авторе

Д. Р. Дикаева — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник.

Information about the author

D. R. Dikaeva — PhD (Biology), Senior Researcher.

Статья поступила в редакцию 03.04.2026; одобрена после рецензирования 10.07.2026; принята к публикации 11.07.2026.
The article was submitted 03.04.2026; approved after reviewing 10.07.2026; accepted for publication 11.07.2026.

ИСТОРИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 327(304.5) (001) (316.4)
doi:10.37614/2949-1185.2026.5.3.009

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИСЛЕДОВАНИЯ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА НЕОЛИТА — РАННЕГО МЕТАЛЛА НА КАРЕЛЬСКОМ БЕРЕГУ БЕЛОГО МОРЯ

**Надежда Валентиновна Лобанова¹, Константин Энрикович Герман²,
Татьяна Станиславовна Шелехова³**

^{1,2}Институт языка, литературы и истории Карельского научного центра РАН, Петрозаводск, Россия

³Институт геологии Карельского научного центра РАН, Петрозаводск, Россия

¹hopelob@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5168-034X>

²germangermanik@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7025-4888>

³shelekh@krc.karelia.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0170-554X>

Аннотация

Представлены научные результаты работ (2019–2021 гг.) по проекту РФФИ 18-09-40110 «Материальная культура древних жителей Карельского берега Белого моря: археология, палеогеография, приспособление населения к природным условиям прибрежной зоны в эпоху неолита — раннего металла». Рассматриваются изучение и реконструкция природной среды среднего голоцена, форм адаптации населения к природным условиям и специфической материальной культуры морских охотников и рыбаков Карельского берега Белого моря эпох неолита — раннего металла.

Ключевые слова:

Карельский берег Белого моря, археологические памятники, археологические и палеогеографические исследования

Благодарности

Статья подготовлена в рамках государственного задания Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук» (ИЯЛИ КарНЦ РАН).

Для цитирования:

Лобанова Н. В., Герман К. Э., Шелехова Т. С. Междисциплинарные исследования обитания человека неолита — раннего металла на Карельском берегу Белого моря // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Естественные и гуманитарные науки. 2026. Т. 5, № 3. С. 116–125. doi:10.37614/2949-1185.2026.5.3.009

HISTORICAL SCIENCES

Original article

INTERDISCIPLINARY STUDIES OF HUMAN HABITATION NEOLITHIC — EARLY METAL ON THE KARELIAN SHORE OF THE WHITE SEA

Nadezhda V. Lobanova¹, Konstantin E. German², Tatiana S. Shelekhova³

^{1,2}Institute of Linguistics, Literature and History, Karelian Research Centre RAS, Petrozavodsk, Russia

³Institute of Geology, Karelian Research Centre RAS, Petrozavodsk, Russia

¹hopelob@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5168-034X>

²germangermanik@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7025-4888>

³shelekh@krc.karelia.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0170-554X>

Abstract

The article describes the research work results on the project of the RFBR fund 18-09-40110 "Material culture of the ancient inhabitants of the Karelian coast of the White Sea: archeology, paleogeography, adaptation of the population to the natural conditions of the coastal zone in the Neolithic — Early Metal age." The study and reconstruction of the natural surroundings and specific material culture of marine hunters and fishermen of the Karelian coast of the White Sea of the Neolithic era — early metal, forms of adaptation of the population to the natural conditions of the coastal zone are considered.

Keywords:

Karelian Shore of the White Sea, archaeological sites, archaeological and paleogeographical research

Acknowledgements

The article was prepared within the framework of the state assignment of the Federal State Budgetary Institution of Science of the Federal Research Center "Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences" (IALI KarRC RAS).

For citation:

Lobanova N. V., German K. E., Shelekhova T. S. Interdisciplinary studies of the human habitat of the Neolithic — early metal on the Karelian coast of the White Sea // Transactions of the Kola Science Centre. Series: Natural Sciences and Humanities. 2026. Vol. 5, No. 3. P. 116–125. doi:10.37614/2949-1185.2026.5.3.009

Первые в Карелии мультидисциплинарные исследования археологических памятников были осуществлены в конце 1960-х — начале 1970-х гг. в Беломорье (низовья реки Выг) Ю. А. Савватеевым и Э. И. Девятовой [Савватеев, 1970, 1977; Девятова, 1976]. В течение восьми полевых сезонов целенаправленно раскапывались стоянки, находящиеся под угрозой разрушения при строительстве каскада Выгских ГЭС. Полученные археологические и геолого-палинологические данные, серия абсолютных датировок (25) позволили в той или иной степени выяснить время существования многочисленных стоянок вблизи петроглифов и особенности природной среды эпохи среднего голоцена. В дальнейшем наступил большой перерыв почти в 50 лет, когда полевые работы в Прибеломорье не велись. Они смогли возобновиться лишь в 2019–2021 гг. в рамках гранта РФФИ «Древности». В исследованиях приняли участие научные сотрудники КарНЦ РАН (ИЯЛИ, ИГ) и Геологического Института Кольского научного центра РАН: Н. В. Лобанова, К. Э. Герман, Т. С. Шелехова, А. А. Вашков и Т. С. Толстобров (рис. 1).



Рис. 1. Территория работ по проекту «Древности»
Fig. 1. Area of works the Antiquities project

Основная цель проекта — изучение и реконструкция специфической материальной культуры морских охотников и рыбаков Карельского берега Белого моря эпох неолита — раннего металла, форм приспособления населения к природным условиям прибрежной зоны.

Для достижения данной цели решались следующие комплексные задачи:

- 1) уточнить хронологию и периодизацию памятников (предварительные выводы о возрасте основаны на крайне малочисленных керамических находках);
- 2) выяснить характер и детали планировки полуземлянок, расположенных в один ряд и, предположительно, образующих единую жилую структуру;
- 3) провести сравнительный анализ их инвентаря со сходными по времени жилыми комплексами Остроботнии (Финляндия);
- 4) сделать физико-химические анализы осадков, костных остатков и других органических материалов и на их основе с учетом полученных археологических данных реконструировать палеоландшафт и палеоклимат;
- 5) установить геологические и палеогеографические особенности размещения древних памятников;
- 6) подготовить и опубликовать серию статей по результатам работ и научно-популярное издание об археологических памятниках западного Беломорья.

В результате проведенных мультидисциплинарных исследований основная цель проекта была достигнута, несмотря на сложные условия их проведения во время распространения коронавирусной инфекции.

Подходы и методы

Методология и методика раскопок в районе Сонострова и Пежострова впервые разработана и опробована Н. В. Лобановой в 2004–2005, 2014 гг., она была использована и в данном проекте с учетом рекомендаций Положения о порядке проведения археологических полевых работ и составления научной отчетной документации (утверждено постановлением Бюро Отделения историко-филологических наук РАН от 12 апреля 2023 г. № 15).

Всего к 2019 г. на семи поселениях визуально зафиксировано не менее ста пятидесяти жилищных или хозяйственного характера депрессий, три из которых были раскопаны в 2004–2005 и 2014 гг. [Лобанова, 2007, 2014]. При выборе объектов для археологических исследований учитывалась степень их физической сохранности, а также наличие соединенных между собой предполагаемыми проходами оснований котлованов. В пределы раскопов включались не только сами прослеживаемые на поверхности впадины, но и примыкающие к ним со всех сторон участки. Культурный слой снимался последовательными зачистками по 5–6 см условных горизонтов с помощью ручных инструментов. Подошва каждого условного горизонта нивелировалась, фотографировалась и наносилась на планы, как и все находки и каменные конструкции. Дополнительно процесс раскопок фиксировался на цифровую видеокамеру. В ходе работ велся отбор образцов почвы для спорово-пыльцевого анализа, угля для датировки по C14, а также закладка разведочных археологических и геологических шурфов для уточнения границ памятника и выяснения характера палеосреды во время обитания людей на данной террасе.

С целью установления палеогеографических особенностей территории изучались донные отложения озерных котловин, геологических разрезов шурфов и стенок раскопов. Для реконструкции относительного перемещения береговой линии моря использован метод изолированных бассейнов [Hafsten, 1960; Donner et al., 1977], основанный на определении пространственного и временного положения изоляционных контактов, то есть переходной зоны от моря к пресному озеру, в колонках донных отложений из котловин озер. На основании спорово-пыльцевого анализа донных осадков озерных котловин определялись изменения растительности, палеоэкологические и климатические условия прилегающей к объектам исследований территории. В разрезах фиксировались литологические особенности современных осадков, в которые заключен памятник, отбирались образцы на спорово-пыльцевое исследование осадков и на определение абсолютного возраста опорных геологических слоев радиоуглеродным методом. При помощи геоморфологических методов уточнялся генезис современных осадков, определялась направленность современных геологических процессов в районе расположения древних памятников.

Археологические исследования

В процессе обследования прибрежных участков Карельского берега были открыты новые археологические памятники с жилищными впадинами (рис. 2), уточнены сведения о ранее обнаруженных

поселениях, проведены раскопки жилищно-хозяйственных структур [Лобанова и др., 2022]. На их территории вскрыты соединенные между собой жилища-полуземлянки (рис. 3), выяснены некоторые планировочно-конструктивные детали построек. В них расчищены необычные каменные очаги (Соностровский тип), не имеющие аналогов на других территориях Фенноскандинавии, прослежены входы/выходы и переходы между жилищами, собран каменный инвентарь, фрагменты асбестовой керамики, палеостеологические материалы.

В 2019 г. были проведены работы по археологическому обследованию прибрежных районов Белого моря в районе бухты Корабельная и озера Верхнее Попово. Уточнены границы ранее известных памятников и открыто поселение с жилищами Соностров VII. В 2020–2021 г. осуществлены первые археологические раскопки хозяйственно-жилищных комплексов на поселениях Соностров III и Корабельная Бухта II [Лобанова, Шелехова, 2024]. На поселении Сонострове III зафиксирована цепочка из четырех овальных западаний общей длиной 45 м, глубиной не более 45 см и размерами 8–9×4–4,5 м (рис. 3).

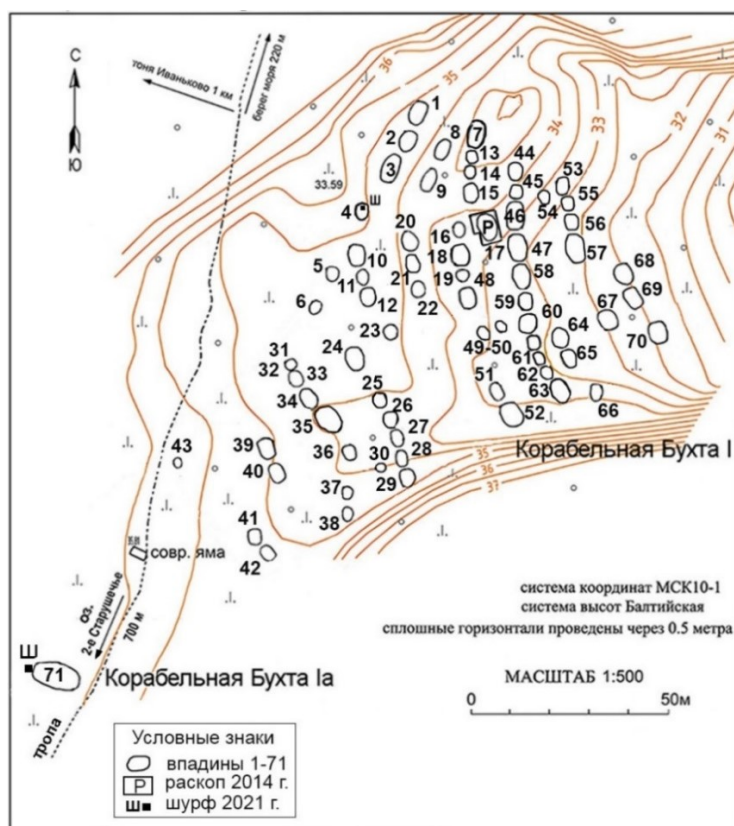


Рис. 2. План поселения эпохи раннего металла Корабельная Бухта I и одиночной жилищной впадины неолита Корабельная Бухта Ia
Fig. 2. Plan of the Early Metal Age site Korabelnaya Buhta I and the separate house depression Korabelnaya Buhta Ia of the Neolithic

Раскопки двух жилищных впадин вместе с примыкающей к одной из них округлой хозяйственной ямой позволили впервые достоверно выявить входы/выходы и переходы между полуземлянками. Прямоугольная форма жилищных котлованов характерна для всех раскопанных на Карельском берегу впадин, что явно говорит об использовании в домостроении деревянных каркасов. Постройки соединялись друг с другом короткими и широкими коридорами (1,2–1,4 м), совпадали по организации внутреннего пространства и характеру находок. В каждой расчищены два очага, вытянутые параллельно стенкам (рис. 4). Скорее всего, еще не исследованные в данном комплексе два жилища по своему устройству будут такими же, как и раскопанные.

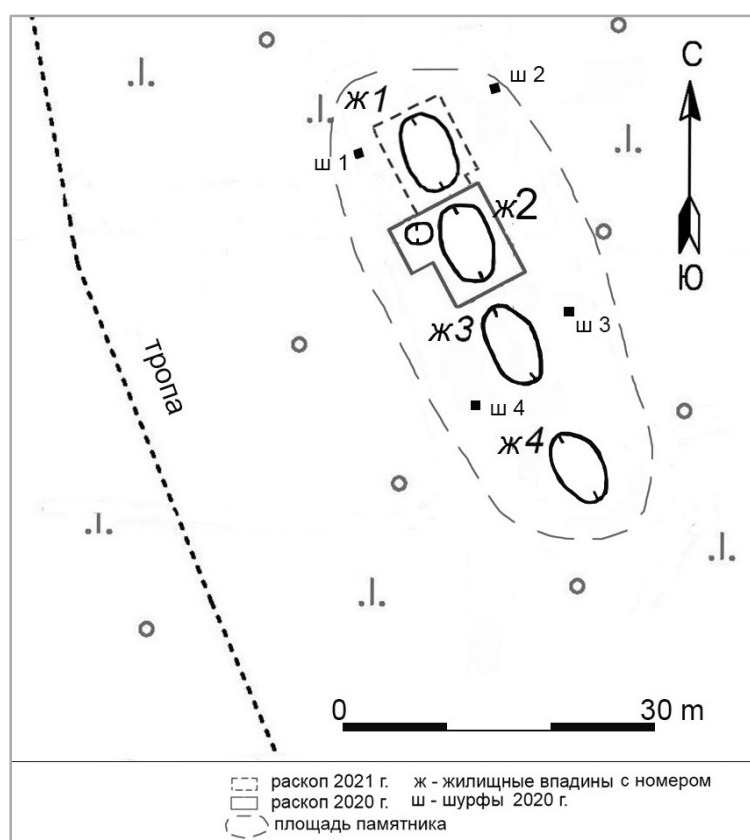


Рис. 3. План поселения эпохи раннего металла Соностров III
Fig. 3. Plan of the Early Metal Age site Sonostrov III

Собранные в жилищах артефакты принадлежали энеолитической культуре асбестовой керамики. В каменном инвентаре преобладали изделия и технологические отходы из местного высококачественного молочного кварца.

На поселении Соностров III в очагах и вблизи от них собрано значительное число обожженных косточек, принадлежавших копытным (северный олень), мелким лесным животным (заяц, лисица) и птице.

На основании общего огромного количества выявленных на Карельском берегу между островами Соностров энеолитических полужемляночных жилищ и хозяйственных объектов (150), особенностей их размещения вдали от источников пресной воды и ряда других показателей, можно сделать вывод о том, что зимой и, вероятно, ранней весной вблизи морского побережья обитали относительно крупные группы охотников, охотившихся на морских животных. Известно, что культура морских зверобоев Беломорья уходит своими корнями в эпоху неолита, о чем ярко повествуют петроглифы Белого моря. Обломки костей морских млекопитающих — тюленей, морских зайцев, гренландских тюленей, белух — практически везде встречены на стоянках вблизи Белого моря [Савватеев, 1991, с. 164–165; Аськеев и др., 2024, с. 87–88]. Представлены также палеозоологические материалы от крупных копытных — лосей и оленей [Лобанова, 2009, с. 45].

Памятников неолитического времени с одиночными полужемляночными жилищами известно только два — Соностров V и Корабельная Бухта Ia. Постройка на Сонострове V исследована раскопками еще в 2005 г., о втором жилище получены пока небольшие предварительные сведения. Оба памятника относятся к пласту североευропейских древностей — культуре Сярьяисниemi и, безусловно, вызывают не меньший научный интерес, чем энеолитические. В целом эта культура изучена слабо, а жилые сооружения в Беломорье, на Кольском полуострове или западнее достоверно не зафиксированы.



Рис. 4. Раскоп жилищной впадины 2 на поселении эпохи раннего металла Соностров III
Fig. 4. Excavations of the Early Metal Age house depression in the Sonostrov III site

Неолитические жилища Соностров V и Корабельная Бухта Ia занимали более высокие террасы, чем энеолитические, отличались также меньшей глубиной залегания в материке. В древности они располагались недалеко от пресноводных водоемов, которые в настоящее время превратились в болота. В связи с этим и принимая во внимание большее число и разнообразие находок в жилище на Сонострове V, можно предполагать более продолжительное обитание небольшого коллектива людей на этих участках не только зимой, но и, возможно, в другие сезоны.

Палеогеографические исследования

Одна из важных задач изучения археологических объектов — определение их возраста. В районе проведенных работ это затруднено значительным омоложением органического материала в связи с его неглубоким залеганием на площадках морских террас. В таких случаях могут помочь косвенные методики определения возраста этих объектов, например, геолого-геоморфологические методы. Все памятники расположены на относительно плоских поверхностях цокольно-аккумулятивных морских террас. В ходе исследования современного рельефа территории выполнялась гипсометрическая привязка древних стоянок. Каждая из видимых сегодня террас — бывшая береговая зона моря. Для того чтобы определить время, когда уровень моря соответствовал террасе, использовался метод изолированных бассейнов, разработанный скандинавскими учеными [Donner et al., 1977] и успешно применяемый геологами в российской части Фенноскандии [Суббето и др., 2012; Корсакова и др., 2016; Шелехова и др., 2023; Shelekhova et al., 2024]. Для этого в озерах, ранее бывших или заливами, или понижениями морского дна, а затем при изменении уровня моря отделившимися от него, устанавливаются переходные зоны. С помощью радиоуглеродного датирования данных осадков определяется время,

когда терраса, на которой находится стоянка, еще была морем и, соответственно, определяется дата, древнее которой стоянка не может быть.

Накопление данных по возрасту переходной зоны в озерных котловинах на разных гипсометрических отметках позволяет построить гляциоэвстатическую кривую. Наличие такой кривой в районе работ помогает установить время выхода из-под уровня моря тех озерных котловин, вблизи которых расположены археологические стоянки, а значит, помогает установить предельный вероятный возраст стоянок. Результаты, полученные при помощи микропалеонтологического (в том числе спорово-пыльцевого анализа), раскрывают для нас особенности природных условий во время существования археологических стоянок в регионе.

С целью установления изменения береговой линии моря и в дальнейшем корреляции по отношению к ней археологических памятников на трех ключевых участках Карельского берега Белого моря были изучены донные осадки из 11 озер. На ключевом участке в устье реки Керети изучено пять озер, в районе Сонострова — три (рис. 5), в районе Корабельной бухты — три водоема.



Рис. 5. Отбор проб донных отложений из озера у Сонострова
Fig. 5. Sampling of bottom sediments from the lake near Sonostrov

Палеогеографические исследования с использованием спорово-пыльцевого и диатомового анализов позволили выявить основные особенности развития природной среды исследуемой территории в голоцене. На основе данных спорово-пыльцевого анализа была реконструирована растительность с раннего голоцена (бореального) до настоящего времени. Установлено, что в раннем голоцене здесь преобладали сосновые и березово-сосновые леса, а в среднем голоцене как результат потепления климата — сосново-еловые леса. В позднем голоцене здесь произрастали северотаежные сосновые и сосново-елово-березовые леса [Шелехова и др., 2023]. Согласно радиоуглеродным анализам и микропалеонтологическим данным, береговая линия моря 6500 лет назад находилась на абсолютной отметке около 29 м над уровнем моря. Через 200 лет она резко снизилась до 22 м и примерно 1800 лет назад соответствовала 10 м над уровнем моря. Следовательно, люди не могли поселиться здесь ранее 6300 лет назад.

Выводы

Междисциплинарные научные исследования по проекту фонда РФФИ 18-09-40110 «Материальная культура древних жителей Карельского берега Белого моря: археология, палеогеография, приспособление населения к природным условиям прибрежной зоны в эпоху неолита — раннего металла», безусловно, внесли весомый вклад в решение вопросов хронологии и периодизации, культурных и хозяйственных традиций древнего приморского населения, в выяснение особенностей природной среды северо-западного Прибеломорья в эпоху неолита — раннего металла. Собрана значительная по объему научно-исследовательская база по археологии, геологии и палеогеографии указанной территории. Получены важные данные о времени освобождения изучаемой территории от Белого моря и возможности ее дальнейшего освоения человеком. Реконструировано изменение береговой линии моря на трех ключевых участках протяженностью около 40 км вдоль берега моря (Кереть, Корабельная, Соностров), получено более 20 датировок ¹⁴С. Построены графики перемещения береговой линии моря и карты миграции береговой линии, выполнена корреляция расположения археологических объектов относительно мигрирующей береговой линии, установлены предельный возраст археологических памятников и палеореконструкция природных условий местообитания древних людей.

Проведенные работы подтвердили актуальность комплексных исследований, позволяющих получить новые данные о материальной культуре и жизнедеятельности приморского населения, формах приспособления человека эпохи неолита — раннего металла к природной среде побережья Белого моря.

Список источников

- Аськеев И. В., Жульников А. М., Аськеев А. О., Аськеев О. В., Тарасов А. Ю. Морская охота на ластоногих (Pinnipedia) на побережье Белого моря в энеолите // Поволжская археология. 2024. № 3 (49). С. 73–93.
- Девятова Э. И. Геология и палинология голоцена и хронология памятников первобытной эпохи в юго-западном Беломорья. Л.: Наука, 1976. 122 с.
- Корсакова О. П., Колька В. В., Толстоброва А. Н., Лаврова Н. Б., Толстобров Д. С., Шелехова Т. С., Тимофеева М. Г. Донные отложения в изолированных бассейнах побережья Белого моря: литология, стратиграфия, вещественный состав (на примере безымянного озера из района Чупа, северная Карелия) // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2016. Т. 24, № 3. С. 81–101.
- Лобанова Н. В. Адаптационные процессы в культуре населения Карелии эпохи неолита. Адаптация культуры населения Карелии к особенностям местной природной среды периодов мезолита — Средневековья // Гуманитарные исследования. Вып. 4. 2009. С. 44–68.
- Лобанова Н. В. Доисторические памятники Карельского берега Белого моря: открытия 2003–2013 гг. // Природное и культурное наследие Белого моря: перспективы сохранения и развития: сб. докл. Первой Междунар. науч.-практ. конф. Чупа, 2014. С. 76–82.
- Лобанова Н. В. Древние поселения в окрестностях деревни Соностров на западном берегу Белого моря // Комплексные гуманитарные исследования в бассейне Белого моря. Петрозаводск: Острова, 2007. С. 54–65.
- Лобанова Н. В., Шелехова Т. С., Ваишков А. А., Толстобров Д. С. Древнее население Карельского берега Белого моря: природная среда, материальная культура, образ жизни. Петрозаводск: РК Принт, 2022. 104 с.
- Лобанова Н. В., Шелехова Т. С. Комплексные исследования энеолитических поселений в прибрежной зоне на западном берегу Белого моря // Археология Севера: памятники, проблемы, гипотезы: сб. докл. Общерос. науч. конф., Соловки, 9–13 сентября 2024 г. / отв. ред.-сост. А. Я. Мартынов, В. Я. Шумкин. Архангельск: Лоция; Соловки: Соловецкий гос. ист.-арх. и природ. музей-заповедник, 2024. С. 30–42.
- Савватеев Ю. А. Залавруга: в 2 ч. Ч. 1. Петроглифы. Л.: Наука, 1970. 443 с.
- Савватеев Ю. А. Залавруга: в 2 ч. Ч. 2. Стоянки. Л.: Наука, 1977. 324 с.
- Савватеев Ю. А. Рыболовство и морской промысел в Карелии // Рыболовство и морской промысел в эпоху мезолита — раннего металла в лесной и лесостепной зоне Восточной Европы. Л.: Наука, 1991. С. 164–181.
- Субетто Д. А., Шевченко В. И., Лудикова А. В., Кузнецов Д. Д., Сапелко Т. В., Лисицын А. П., Евзеров В. Я., ван Бек П., Суо М., Субетто Г. Д. Хронология изоляции озер Соловецкого архипелага и скорость современного озерного осадконакопления // Доклады Академии наук. Серия «Геология». 2012. Т. 446, № 2. С. 183–190.
- Шелехова Т. С., Лаврова Н. В., Ваишков А. А., Толстобров Д. С. Палеогеографические реконструкции природной среды на Карельском берегу Белого моря (район. о. Соностров) // Морские и озерные бассейны восточной периферии Балтийского щита в четвертичное время: материалы всерос. конф. и полевого симп. (г. Апатиты,

10–15 сентября 2024 г.) / отв. ред. А. Е. Рыбалко, О. П. Корсакова. Апатиты: Изд-во Кольского науч. центра РАН, 2024. С. 108–112.

- Шелехова Т. С., Лаврова Н. Б., Тихонова Ю. С., Толстобров Д. С., Ваишков А. А. Палеогеография и природная среда Карельского побережья Белого моря в голоцене по данным изучения озерных осадков в районе устья реки Кереть // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2023. Т. 31, № 4. С. 130–146.
- Donner J., Eronen M., Jungner H. The dating of the Holocene relative sealevel changes in Finnmark, North Norway // Norsk geografisk Tidsskrift. 1977. Vol. 31. P. 103–128.
- Hafsten U. Pollen-analytical investigations in South Norway // Geology of Norway / O. Holtedahl (ed.); Norges Geologiske Undersøkelse. 1960. P. 434–462.
- Shelekhova T., Lavrova N., Lobanova N., Tolstobrov D., Vashkov A., Lazareva O., Rodionov G. Paleogeographical reconstructions of the Holocene environment on the Karelian shore of the White Sea (Keret area, Russia) // The Holocene. 2024, March. Vol. 34, Iss. 3. P. 306–324.

References

- As'keev I. V., Zhul'nikov A. M., As'keev A. O., As'keev O. V., Tarasov A. Yu. Morskaya ohota na lastonogih (Pinnipedia) na poberezh'e Belogo morya v eneolite [Pinniped sea hunting (Pinnipedia) on the coast of the White Sea in the Eneolithic]. *Povolzhskaya arheologiya* [Volga Archeology], 2024, No. 3 (49), pp. 73–93. (In Russ.).
- Devyatova E. I. *Geologiya i palinologiya golocena i khronologiya pamyatnikov pervobytnoy epokhi v yugo-zapadnom Belomor'ya* [Geology and palynology of the Holocene and chronology of monuments of the primitive epoch in the southwestern White Sea region]. Leningrad, Nauka, 1976, 122 p.
- Donner J., Eronen M., Jungner H. The dating of the Holocene relative sealevel changes in Finnmark, North Norway. *Norsk geografisk Tidsskrift*, 1977, Vol. 31, pp. 103–128.
- Hafsten U. Pollen-analytical investigations in South Norway. *Geology of Norway, Norges Geologiske Undersøkelse*, 1960, pp. 434–462.
- Korsakova O. P., Kol'ka V. V., Tolstobrova A. N., Lavrova N. B., Tolstobrov D. S., Shelekhova T. S., Timofeeva M. G. Donnye otlozheniya v izolirovannykh bassejnakh poberezh'ya Belogo morya: litologiya, stratigrafiya, veshchestvennyy sostav (na primere bezymyannogo ozera iz rajona Chupa, severnaya Kareliya) [Bottom sediments in isolated basins of the White Sea coast: lithology, stratigraphy, material composition (using the example of an unnamed lake from the Chupa region, North Karelia)]. *Stratigrafiya. Geologicheskaya korrelyatsiya* [Stratigraphy. Geological correlation], 2016, Vol. 24, No. 3, pp. 81–101. (In Russ.).
- Lobanova N. V. Adaptatsionnye process v kul'ture naseleniya Karelii epokhi neolita. Adaptatsiya kul'tury naseleniya Karelii k osobennostyam mestnoj prirodnoj sredy periodov mezolita – Srednevekov'ya [Adaptation processes in the culture of the Karelian population of the Neolithic era. Adaptation of the culture of the population of Karelia to the peculiarities of the local natural environment of the Mesolithic — Medieval periods]. *Gumanitarnye issledovaniya* [Humanitarian Studies], 2009, Vyp. 4, pp. 44–68. (In Russ.).
- Lobanova N. V. Doistoricheskie pamyatniki Karel'skogo berega Belogo morya: otkrytiya 2003–2013 gg. [Prehistoric monuments of the Karelian coast of the White Sea: discoveries of 2003–2013] *Prirodnoe i kul'turnoe nasledie Belogo morya: perspektivy sohraneniya i razvitiya. Sb. dokladov pervoy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Natural and cultural heritage of the White Sea: prospects for conservation and development: collection of documents. The First International Scientific and Practical Conference]. Chupa, 2014, pp. 76–82. (In Russ.).
- Lobanova N. V. Drevnie poseleniya v okrestnostyah derevni Sonostrov na zapadnom beregu Belogo morya [Ancient settlements in the vicinity of the village of Sonostrov on the western shore of the White Sea]. *Kompleksnye humanitarnye issledovaniya v bassejne Belogo moray* [Comprehensive humanitarian studies in the White Sea basin]. Petrozavodsk, Ostrova, 2007, pp. 54–65. (In Russ.).
- Lobanova N. V., Shelekhova T. S. Kompleksnye issledovaniya eneoliticheskikh poselenij v pribrezhnoy zone na zapadnom beregu Belogo morya [Comprehensive studies of Eneolithic settlements in the coastal zone on the western shore of the White Sea]. *Arheologiya Severa: pamyatniki, problemy, gipotezy: sbornik dokladov obshcherossiyskoj nauchnoy konferencii, Solovki, 9–13 sentyabrya 2024 g.* [Archeology of the North: monuments, problems, hypotheses: collection of reports of the All-Russian Scientific Conference, Solovki, September 9–13, 2024]. Arhangel'sk, Lociya; Solovki, Soloveckij gosudarstvennyy istoriko-arhitekturnyj i prirodnyj muzej-zapovednik, 2024, pp. 30–42. (In Russ.).
- Lobanova N. V., Shelekhova T. S., Vashkov A. A., Tolstobrov D. S. Drevnee naselenie Karel'skogo berega Belogo morya: prirodnyaya sreda, material'naya kul'tura, obraz zhizni [The ancient population of the Karelian coast of the White Sea: natural environment, material culture, lifestyle]. Petrozavodsk, RK Print, 2022, 104 p.
- Savvateev Yu. A. *Rybolovstvo i morskoy promysel v Karelii* [Fishing and marine industry in Karelia] *Rybolovstvo i morskoy promysel v epokhu mezolita — rannego metalla v lesnoj i lesostepnoj zone Vostochnoj Evropy* [Fishing

and marine industry in the Mesolithic — Early Metal age in the forest and forest-steppe zone of Eastern Europe]. Leningrad, Nauka, 1991, pp. 164–181.

Savvateev Yu. A. *Zalavruga. Ch. 1. Petroglify* [Zalavruga. Part 1. Petroglyphs]. Leningrad, Nauka, 1970, 443 p.

Savvateev Yu. A. *Zalavruga. Ch. 2. Stoyanki* [Zalavruga. Part 2. Parking lots]. Leningrad, Nauka, 1977, 324 p.

Shelekhova T. S., Lavrova N. B., Tihonova Yu. S., Tolstobrov D. S., Vashkov A. A. Paleogeografiya i prirodnaya sreda Karel'skogo poberezh'ya Belogo morya v golocene po dannym izucheniya ozernyh osadkov v rajone ust'ya reki Keret' [Paleogeography and natural environment of the Karelian coast of the White Sea in the Holocene according to the study of lake sediments near the mouth of the Keret River]. *Stratigrafiya. Geologicheskaya korrelyaciya* [Stratigraphy. Geological correlation], 2023, Vol. 31, No. 4, pp. 130–146. (In Russ.).

Shelekhova T. S., Lavrova N. V., Vashkov A. A., Tolstobrov D. S. Paleogeograficheskie rekonstrukcii prirodnoj sredy na Karel'skom beregu Belogo morya (rajon. o. Sonostrov) [Paleogeographic reconstructions of the natural environment on the Karelian coast of the White Sea (Sonostrov island area)]. *Morskie i ozernye bassejny vostochnoj periferii Baltijskogo shchita v chetvertichnoe vremya. Materialy vserossijskoj konferencii i polevogo simpoziuma (g. Apatity, 10–15 sentyabrya 2024 g.)* [Marine and lake basins of the eastern periphery of the Baltic Shield in the Quaternary: materials of the All-Russian conference and field simulation (Apatity, September 10–15, 2024)]. Apatity, KNC RAN, 2024, pp. 108–112. (In Russ.).

Shelekhova T., Lavrova N., Lobanova N., Tolstobrov D., Vashkov A., Lazareva O., Rodionov G. Paleogeographical reconstructions of the Holocene environment on the Karelian shore of the White Sea (Keret area, Russia). *The Holocene*. 2024. Vol. 34, Iss. 3, March 2024, P. 306–324.

Subetto D. A., Shevchenko V. I., Ludikova A. V., Kuznecov D. D., Sapelko T. V., Lisicyn A. P., Evzerov V. Ya., van Beek P., Suo M., Subetto G. D. Hronologiya izolyacii ozer Soloveckogo arhipelaga i skorost' sovremennogo ozernogo osadkonakopleniya [Chronology of isolation of lakes in the Solovetsky Archipelago and the rate of modern lake sedimentation]. *Doklady Akademii nauk. Seriya "Geologiya"* [Reports of the Academy of Sciences. The series "Geology"], 2012, Vol. 446, No. 2, pp. 183–190. (In Russ.).

Информация об авторах

Н. В. Лобанова — старший научный сотрудник;

К. Э. Герман — старший научный сотрудник;

Т. С. Шелехова — старший научный сотрудник.

Information about the author

N. V. Lobanova — Senior Researcher;

K. E. German — Senior Researcher;

T. S. Shelekhova — Senior Researcher.

Статья поступила в редакцию 15.08.2026; одобрена после рецензирования 09.09.2026; принята к публикации 09.09.2026.

The article was submitted 15.08.2026; approved after reviewing 09.09.2026; accepted for publication 09.09.2026.

Научная статья
УДК 94 (470. 22) «1917/1991»
doi:10.37614/2949-1185.2026.5.3.010

САМОДЕЯТЕЛЬНАЯ РУССКАЯ ПОЭЗИЯ НА ГРАНИЦЕ ВОЮЮЩЕЙ ИМПЕРИИ (ИЗ ИСТОРИИ РУССКОЙ ПЕЧАТИ В ФИНЛЯНДИИ В ГОДЫ ПЕРВОЙ МИРОВОЙ ВОЙНЫ)

Елена Юрьевна Дубровская

Институт языка, литературы и истории Карельского научного центра РАН, Петрозаводск, Россия

ldubrovskaya@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1893-7873>

Аннотация

На материалах впервые вводимых в научный оборот писем военнослужащих в редакции русских газет из фондов Национального архива Финляндии и стихотворных публикаций участников и очевидцев событий переломного в судьбах России и Финляндии 1917 г. исследованы стихотворные и прозаические тексты их обращений «во власть». Несмотря на стилистические особенности, рассмотренные «эго-документы» содержат значимый историко-антропологический материал и служат уникальным источником для исследования политических символов и политической культуры периода Первой мировой войны, языковых клише, а также индивидуальных описаний, в которых фиксировались восприятие и оценка российскими моряками и армейцами всего происходившего в гарнизонных городах Финляндии во время Российской революции 1917 г. Автор приходит к заключению, что проанализированные источники массового происхождения позволяют изучить на локальном материале основные толерантные и конфликтные мифы, идеи и лексемы, которые в предреволюционные годы и во время революционных потрясений использовались для создания «образа врага», образов вождей и вожаков, а также образов «нового» времени. Отмечена роль языка источника и его особое значение как способа самовыражения «человека с ружьем», прослеживается влияние творчества Н. А. Некрасова на самодеятельную русскую поэзию солдат и матросов, на формирование их политической культуры.

Ключевые слова:

Финляндия, российские военные, революция 1917 г., «письма во власть», стихотворные тексты, Н. А. Некрасов, политическая культура

Благодарности

Статья выполнена при поддержке федерального бюджета по теме государственного задания КарНЦ РАН № 124022000029-0.

Для цитирования:

Дубровская Е. Ю. Самодеятельная русская поэзия на границе воюющей империи (из истории русской печати в Финляндии в годы Первой мировой войны) // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Естественные и гуманитарные науки. 2026. Т. 5, № 3. С. 126–142. doi:10.37614/2949-1185.2026.5.3.010

Original article

AMATEUR RUSSIAN POETRY ON THE BORDER OF THE WARRING EMPIRE (FROM THE HISTORY OF THE RUSSIAN PRESS IN FINLAND DURING THE WORLD WAR I)

Elena Yu. Dubrovskaya

Institute of Language, Literature and History of the Karelian Science Centre of the RAS, Petrozavodsk, Russia

ldubrovskaya@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1893-7873>

Abstract

On the materials of the first introduced into scientific circulation letters of servicemen addressed to the editorial office of Russian newspapers from the funds of the National Archives of Finland and poetic publications of participants and eyewitnesses of the events of the turning point in the fate of Russia and Finland in 1917, poetic and prose texts of their appeals "to power" were examined. Despite the stylistic features, the reviewed "ego documents" contain significant historical and anthropological material and serve as a unique source for the study of political symbols and political culture of the period of the World War I, language clichés, as well as individual descriptions that recorded the perception and assessment by Russian sailors and army men of everything that happened in the garrison cities of Finland during the Russian Revolution 1917. The author concludes that the analyzed sources of mass origin make it possible to study the main tolerant and conflict myths, ideas and tokens on local material, which in the pre-revolutionary years and during revolutionary upheavals were used to create the "image of the enemy," the images of leaders, as well as images of the "new" time. The role of the source language and its special significance as a way of self-expression of "a man with a gun" is noted, the article studies the influence of the poetry by N. A. Nekrasov on the amateur Russian poetry of soldiers and sailors as well as on the formation of their political culture.

Keywords:

Finland, Russian servicemen, revolution 1917, "letters to power", poetic texts, N. A. Nekrasov, political culture

Acknowledgments

The study was funded from the federal budget as part of the state project No. 124022000029-0 assigned to the Karelian Science Centre of the Russian Academy of Sciences.

For citation:

Dubrovskaya E. Yu. Amateur Russian poetry on the border of the warring Empire (from the history of the Russian press in Finland during the World War I) // Transactions of the Kola Science Centre. Series: Natural Sciences and Humanities. 2026. Vol. 5, No. 3. P. 126–142. doi:10.37614/2949-1185.2026.5.3.010

Введение

Исследование печатных и рукописных источников, связанных с историей частей и соединений российской армии и флота, дислоцированных в Финляндии в годы Первой мировой войны [Дубровская, 2024], пробуждает интерес к текстам писем солдат, матросов и офицеров нижнего звена, находившихся во время революционных событий на территории бывшего Великого княжества Финляндского, которое более столетия сохраняло автономный статус в составе Российской империи.

Особенно привлекают внимание обращения российских военнослужащих в редакции русских газет, выходивших здесь в 1917–1918 гг., и стихотворные тексты, которые встречаются в этих письмах. До недавнего времени литературоведы называли такие тексты «наивной литературой», сейчас принятым является обозначение «самодеятельная литература». Ее изучение предпринимают историки литературы, литературоведы, фольклористы, социальные антропологи, специалисты в области семиотики и других гуманитарных дисциплин. В данном случае эти поэтические сочинения, их содержание, смысловое и образное наполнение, авторы, фольклорно-литературные контексты представляют интерес в аспекте исторических обстоятельств, которые инициировали самодеятельное авторство и популяризацию произведений «народной литературы».

Изучение субъективных аспектов исторических процессов, человека и социальных групп в истории, их самочувствия, умонастроения, эмоций — всего того, чем занимаются, в частности, «интеллектуальная история», историческая антропология [Козлова, 1998; Кром, 2000], невозможно без обращения к культурным, прежде всего, словесным феноменам не просто как к «источникам», но как к предмету исследования, что методологически важно.

Известный исследователь теоретических подходов и методов смежных социальных и гуманитарных наук О. С. Поршнева вслед за выдающимся специалистом в области источниковедения и методологии новейшей истории России А. К. Соколовым отмечает, что источники личного происхождения выступают, прежде всего, как массовые источники, «такие, которые служат способом социальной идентификации людей и обозначения реально стоявших перед ними проблем». По наблюдениям ученых, «язык источника приобретает в этом случае особую важность как способ самовыражения человека. Повторяемость и устойчивость речевых практик в источниках может служить основой для более широких обобщений в социальной истории» [Поршнева, 2009, с. 50–52, 65; Соколов, 1999, с. 73, 108].

Вместе с тем, отметив, что междисциплинарность является «неотъемлемым атрибутом исторической антропологии и выступает как характерная черта исторического познания в современную эпоху», О. С. Поршнева подчеркивает необходимость следовать строгим профессиональным требованиям к исследованию источников, выработанным исторической наукой, избегать прямого «перенесения» методов смежных дисциплин в историческое исследование и подчиняться его целям, логике и нормам [Поршнева, 2009, с. 51].

Наряду с историко-генетическим, историко-типологическим, историко-сравнительным методами московская исследовательница Е. С. Сениявская рассматривает философскую герменевтику в качестве одной из методологических основ разработанной ею особой научной отрасли — военной антропологии, которая занимается изучением человека на войне. Знакомство с теоретическими разработками Е. С. Сениявской позволяет применить метод психологической реконструкции (непосредственного проникновения, «вживания» исследователя в изучаемую эпоху, его способностью поставить себя на место создателя источника и таким образом понять смысл исторического явления), но с постоянным учетом «исторической дистанции между интерпретатором и текстом» [Сениявская, 1999, с. 24–26].

Современные историки, разрабатывающие проблемы трансформации народного традиционного сознания под воздействием общественных перемен Российской революции 1917 г., отмечают актуальность изучения явлений из сферы аффективного и эмоционального. Не менее интересны вопросы о способах исторической интерпретации прошлого, об использовании в агитационной и пропагандистской деятельности активистов демократических организаций определенных образов и символов, которые вместе с революционной темой были внесены в русскую классическую литературу на уровне массового сознания [Колоницкий, 2017, с. 55–57; Аксенов, 2020].

Рассматриваемые «эго-документы» — порядка четырехсот писем моряков и армейцев — зачастую исходили от тех, кто весной-летом 1917 г. были избраны в русские Советы и комитеты разного уровня, действовавшие в финляндской столице Гельсингфорсе (Хельсинки) и в других гарнизонах Финляндии. Эти источники хранятся в обширной коллекции «Русские военные бумаги» Национального архива Финляндии¹. Большинство писем в редакцию «Известий Гельсингфорского Совета депутатов армии, флота и рабочих» остались неопубликованными, как и те, что были обнаружены в фондах Российского Государственного архива Военно-морского флота в Санкт-Петербурге [КА, РГА ВМФ].

Изучение впервые вводимых в научный оборот солдатских и матросских писем, прежде всего рифмованных текстов, принадлежащих перу «поэтов из народа», дает возможность увидеть, какие представления были сформированы у рядовых моряков и армейцев усилиями большевиков и меньшевиков, эсеров и анархистов. На уровне массового сознания определенные символы, внесенные вместе с революционной темой в русскую классическую литературу, наполнялись иным содержанием, подчас весьма отличавшимся от того, что виделось партийным лидерам [Колоницкий, 1994].

Автор предполагает рассмотреть роль языка источника, который приобретал особое значение как способ самовыражения человека, и проследить влияние творчества Н. А. Некрасова на самостоятельную русскую поэзию солдат и матросов, на формирование их политической культуры революционного периода.

«Народ-богатырь» и пространство «своего/чужого» города

В сентябре 1916 г., в разгар Первой мировой войны, в журнале «Гельсингфорский приходской листок», издававшемся в столице автономного Финляндского княжества появилось стихотворение, подписанное инициалами А.Х. и стилизованное под некрасовские строки поэмы «Кому на Руси жить хорошо».

Автором стихотворения был сам издатель журнала настоятель гельсингфорского Успенского собора протоиерей Александр Александрович Хотовицкий. Уроженец г. Кременца Волынской губернии, сын ректора Волынской духовной семинарии, выпускник Санкт-Петербургской духовной академии, в начале XX в. он служил настоятелем домовой Русской православной церкви в Нью-Йорке. В 1914 г., прибыв к новому месту служения в Гельсингфорсе, он вскоре приступил к выпуску нового русскоязычного журнала в Финляндском княжестве [А.Х., 1916; История библиотеки..., 2003].

В августе 1917-го протоиерей Хотовицкий по настоянию Преосвященного Тихона (Беллавина), тогда митрополита Московского и Коломенского был перемещен на должность ключаря Московского кафедрального собора Христа Спасителя. С этого времени начался путь на голгофу протоиерея, прославленного в лике новомучеников Финской православной (1994), а затем и Русской православной церквами. Как и тысячи других, его жизнь оборвалась в 1937 г. на Бутовском полигоне.

За четыре военных года о. Александр сумел издать в великокняжеской столице двадцать номеров журнала, предназначенного для русского православного населения Финляндии и военнотружущих многочисленных русских гарнизонов, размещавшихся на Балтийском побережье и на внутренних финляндских территориях.

Образ Руси-богатыря, так детально выписанный в творчестве А. Н. Некрасова и во многом повлиявший на формирование героического символа Родины как феномена массового и во многом мифологизированного сознания, в стихотворных публикациях на страницах русских журналов периода Первой мировой войны наделен теми же приметами богатырской мифологии. Народ-богатырь обладает недюжинною силой, служит миру, заступает за обездоленных, узнаваем по атрибутам, необходимым для богатырских подвигов.

¹ Дела коллекции нередко состоят из разрозненных документов и не имеют общей пагинации, как и в случае с письмами в редакцию гельсингфорских «Известий».

Немало, друг, заботушки тебе по левой рученьке...
А справа тоже хлопотно: всегда держать тут надобно
готовый кулачок,
Держать его в перчаточке, из брони прочно скованной,
Для боя приспособленной, могучей и стальной.
По всей по этой линии богатырю приходится
Покрякивать, покрякивать соседкам: «Осади!» [А.Х., 1916]

Обращаясь к русскому читателю в Финляндии, прежде всего к российским солдатам, матросам и офицерам, которые были призваны защищать северо-западные рубежи воюющей империи, протоиерей А. Хотовицкий апеллировал к образу спасителя-богатыря, используя саму метрику некрасовской поэмы как условный код, облегчающий доступ к душе и сознанию русского читателя. Богатырю свойственно быть одиноким в жизни и единоборстве, вот почему сражающаяся Россия в изображении автора предстает воином, в одиночку противостоящим враждебному окружению (хотя в действительности она могла рассчитывать на своих союзников по Антанте — военной коалиции государств, объединившихся против Германии, Австро-Венгрии и Турции).

Соседки, ух, коварные, чуть зазевался молодец,
уже готовы бомбочку под сердце подложить,
чтоб разорвать на часточки, на мелкие кусочечки,
чтоб духу не осталось от русского могущества,
чтоб тешились недруги, без сожаленья глядячи,
на молодца разбитого, красавца исполинного,
чтоб русского орла подрезать крылья мощные,
чтобы потом бахвалиться: «Была-де Русь великая,
была-де, да сплыла...» [А.Х., 1916].

Былинный образ сражающейся и окруженной недругами России предстал на страницах «Гельсингфорского приходского листка» не в традиционном для фольклора женском, а в более соответствующем реалиям «боевой обстановки» мужском воплощении. Это роднит его с образом русского народа, богатыря не только телом, но и духом, о котором в поэме Некрасова говорит Савелий, богатырь святорусский:

Ты думаешь, Матренушка,
мужик — не богатырь?
И жизнь его не ратная,
И смерть ему не писана
В бою — а богатырь!
Цепями руки кручены,
Железом ноги кованы,
Спина... леса дремучие
Прошли по ней — сломались.
А грудь? Илья-пророк
По ней гремит-катается
На колеснице огненной...
Все терпит богатырь!
И гнется, да не ломится,
Не ломится, не валится...
Ужель не богатырь! [Некрасов, 2007, с. 477]

В условиях военного времени, когда вчерашнему крестьянину были уготованы и «ратная жизнь», и смерть в бою, протоиерей Хотовицкий неизменно писал о необходимости окружить заботой фронтовиков, находившихся в Финляндии на излечении, высоко оценивал работу финляндских лазаретов, обслуживавших российскую армию [Дубровская, 2024, с. 109–110].

Среди офицеров, солдат и матросов, оказавшихся в войсках, расквартированных в Финляндском княжестве, были представители всех российских губерний, в том числе и земляки Н. А. Некрасова. Так,

на пограничном пропускном пункте в г. Торнео, на границе со Швецией, в годы Первой мировой служили уроженцы Ярославской губернии. Младший унтер-офицер Петр Ильич Ильин из Рыбинска и ратник 1-го разряда рядовой Михаил Смирнов из Ярославля. Военная служба, на которую они были призваны в 1912 г., не закончилась для них через три года, а затянулась до весны 1918-го, времени вывода российских войск из ставшей независимой Финляндии. Годом моложе их был ратник 1-го разряда младший унтер-офицер Федор Федорович Пушкин, родившийся в 1892 г. и поступивший на службу в 1913 г. из дер. Телячья Колобовской волости Пошехонского уезда [КА, 13573].

Для людей, попавших на северо-западную границу империи из «коренной» России, Финляндия, ее гарнизонные города, да и сама столица Гельсингфорс оставались особым, отчужденным от русского культурного контекста миром, и не только в силу иноязычного окружения. Оппозиция «восток/запад» на уровне восприятия символов остро ощущалась выходцами из России, несмотря на государственную и имперскую семиотику городского центра великокняжеской столицы.

В романе «Капитальный ремонт», посвященном судьбе Балтийского флота во время Первой мировой войны, писатель-маринист Леонид Соболев, один из последних выпускников Морского кадетского корпуса, описывает финляндскую столицу, какой увидел ее, прибыв сюда для прохождения службы накануне военных событий. Правда, не в мужественном воплощении, как обычно представлялась приехавшим главная военно-морская база российского флота на Балтике, а в женском облике, более соответствующем образу Хельсинки — дочери Балтийского моря, — в восприятии самих финнов:

Гельсингфорс стоял на граните своих набережных у тихой воды рейдов аккуратнo и чистенькo, как белокурая крепкая фрёкен в крахмальном переднике у кафельной плиты над тазом теплой воды: чистый, неторопливый, хозяйственно-удобный город. Зеленые трамваи катились, как игрушки. Витрины каждого магазинчика миниатюрно-солидны, а на Эспланаде они размахивались во всю стену, и тогда солидность их граничила с роскошью, и в них беспошленные иностранные товары. Бесшумность автомобилей равна молчаливости их шоферов. Полицейские на перекрестках — в черных сюртуках, вежливы, неразговорчивы и подтянуты. Шведские и финские надписи на вывесках, на трамваях, на табличках с названиями улиц, белокурые проборы и локоны, розовые щечки молодых людей и девушек, марки и пенни сдачи заставляли чувствовать себя в иностранном городе. Даже часы — и те отличаются на двадцать минут от петербургского времени: здесь время свое, не российское [Соболев, 1994, с. 9–10].

Такими виделась финляндская столица молодому флотскому офицеру, и таким утвердился в его представлении образ «своего»-«чужого» города. Рядовые военнослужащие намного острее чувствовали свою отчужденность от знакомой и понятной российской жизни, что нашло отражение в произведении поэта и прозаика, представителя русского магического реализма С. А. Клычкова. Настроения нижних чинов, его однополчан, размещавшихся в Абоских казармах в центре города, ярко переданы стилизованной речью одного из персонажей на страницах вышедшего в 1925 г. романа «Сахарный немец»:

Простояли мы так, почитай, два года в этой самой Хинляндии, пили, ели, никому за хлеб-соль спасибочка не говорили и хозяину в пояс не кланялись: рад бы каждый от стола убежать, из лесной лужи пить, березовое полено вместе с зайцами грызть [Клычков, 2016, с. 223].

Во второй половине 1916 г. вместе со своей частью прапорщик Клычков был переведен на Западный фронт. В романе описываются подробности отъезда от прежнего места прохождения службы на транспортном средстве, которое солдаты окрестили «корытом»:

Сидим мы в этом корыте и день, и два, все депеши какой-то приемной дожидаемся... Стоим так день, стоим так два: ни нам из корыта вылезть, ни самому корыту от берега уйти, так и кажется из-за Гельсинка: стоит это корыто у берега, а с берега нагнулась баба рябая — гору мы так прибрежную прозвали, больно камениста да конопаста! — нагнулась баба рябая и в засиненной крепкой синькой воде полощет наши штаны и рубахи, готовит в поход и складает в корыто, колотит вальком на спине у покато́й скалы, с которой сбегает вниз мыльная пена [Клычков, 2016, с. 223].

Прибрежный ландшафт города вызывал у рядовых пехотинцев те же ассоциации с образом женщины, склонившейся над тазом воды, только «белокурая фрёкен», увиденная флотским офицером,

представала перед нижними чинами в более близком им образе стирающей прачки. Неудивительно, что российские военные, оказавшиеся в незнакомом окружении «чужой» культуры, все теснее чувствовали связь со своими духовными корнями, вспоминали хорошо известных им со школьной скамьи русских писателей и поэтов.

1917 год в стихах и прозой

Специалисты по творчеству Н. А. Некрасова отмечают, что на рубеже XIX–XX столетий его стихотворения, особенно те, которые не разрешалось открыто и свободно читать в учебных заведениях («Парадный подъезд», «Саша», «Железная дорога»), вызывали большой интерес студентов и гимназистов. Канун и период Первой российской революции были временем необычайно усилившегося внимания не только учащейся, но и крестьянской молодежи к произведениям выдающегося поэта [Мельгунов, 2006].

Как показала исследовательница З. П. Ермакова, местом первоначального знакомства крестьянских детей с поэзией Некрасова была, как правило, школа. Его произведения, хоть и в ограниченном количестве, включались в книги для чтения К. Д. Ушинского, В. И. Водовозова, Н. А. Корфа, В. Вахтерова и др., а в 1905 г. Некрасов был допущен в народные библиотеки, где неожиданно оказался самым читаемым автором [Ермакова, 2006].

Учебники для русских школ, издававшиеся в начале XX в. в Финляндии, также включали в себя хрестоматийные тексты некрасовских стихов для детей. В 1910 г. в финляндской столице увидела свет хрестоматия для детей средних и старших классов средних учебных заведений Великого княжества «Россия и русские» (составители В. Р. Циллиакиус и К. А. Вочак). Первая часть содержала страноведческие сведения, а во второй были представлены биографии и произведения сорока наиболее известных русских поэтов и писателей. Примечательно, что в хрестоматию, предназначенную для школьников, живших в иноэтничном финском и шведском окружении, составители выбрали некрасовские стихотворения «Размышления у парадного подъезда», «Внимая ужасам войны...», «Праздник жизни, молодости годы...» и первые строфы поэмы «Мороз, Красный нос». За два года до этого в знаменитейшем гельсингфорсском издательстве «Вернер Сёдерстрём» вышло из печати второе издание «Русской хрестоматии», составленной Н. Острёмом из произведений трех десятков литераторов. Творчество Н. А. Некрасова было представлено в нем стихотворениями «Перед дождем» и «Слезы матери» (известным по первой строке «Внимая ужасам войны...»).

Таким образом, школьники, учившиеся накануне и в годы Первой мировой войны в русских учебных заведениях автономного княжества, могли познакомиться с произведениями великого поэта, пусть это были лишь два-три стихотворения, рекомендованные для детского чтения.

О широкой популярности некрасовской поэзии среди военных, служивших в бывшем Великом княжестве, свидетельствуют частые цитаты из проникнутых революционным пафосом произведений поэта на страницах русскоязычных газет солдатских комитетов и Советов, изданий различных политических направлений, которые весной-летом 1917 г. появились в Гельсингфорсе, Або (Турку), Выборге.

Среди встретившихся в письмах агитационных стихов народников есть весьма созвучная некрасовским произведениям «Песня новобранца»:

Вытащил жребий недальний,
Смерили, крикнули «гож!».
Что же глядишь так печально —
В царскую службу идешь [КА, 11970].

Автор письма в редакцию, скрывшийся за инициалами *Ар. К.*, сообщил, что эта песня «еще задолго до революции составлена», и нельзя было ее отпечатать, и я все время хотел поместить ее где-нибудь, но не мог, ибо раньше никто бы не взялся, да и мне нельзя было ее показать, а теперь можно». В письме артиллериста Н. Серова обнаружен текст стихотворения Н. А. Некрасова «Размышления у парадного подъезда», правда, без указания имени автора, сопровождавшийся просьбой к редакции «поместить изложенное» в одном из номеров гельсингфорских «Известий» [КА, 11970]. Иногда в редакцию поступали клишированные тексты, до революции ходившие в списках и созвучные некрасовским идеям освобождения народа.

Знакомство российских военнослужащих с творчеством Некрасова проявляло себя и более опосредованно: 1917 г. был временем всплеска народного стихосложения, подчас наивного и далекого от правил поэтической речи. Такой способ самовыражения, во многом основанный на фольклорных традициях, представлялся рядовым, зачастую полуграмотным, наиболее точной формой для определения их отношения к происходившему вокруг. Он позволял яснее и образнее осмыслить реалии новой повседневной жизни, а темы их рифмованных текстов, предлагавшихся для публикации в газетах, требовали безотлагательного обсуждения и нередко задавались тематикой самых известных произведений Некрасова. От моряков и армейцев в редакцию гельсингфорсских «Известий» поступали просьбы опубликовать и другие любимые произведения русских авторов, например, был прислан текст басни И. А. Крылова «Волк на псарне».

Как и в творчестве Некрасова, у «поэтов из народа» встречается обращение к поэтическому наследию М. Ю. Лермонтова. У Некрасова подражание лермонтовской «Казачьей колыбельной песне» оказалось сатирой на чиновничью карьеру («Спи, пострел, пока безвредный!») [Скатов, 2007, с. 13–15]. В стихотворении Василия Фролова, служившего в великокняжеской столице писарем в крепости Свеаборг и опубликовавшего в Гельсингфорсе несколько поэтических сборников, мать поет свою колыбельную будущему новобранцу:

В полк приедешь, примут строго,
В роту отведут,
И шинель с плеча чужого
Там тебе дадут.
Грудь твою наполнит ядом
Мук и слез мундир,
В нем тебя окинет взглядом
Грозный командир.
Станешь ты пред ним тянуться,
Бога видеть в нем,
Побоишься шевельнуться,
Повести плечом...
Отупеешь ты душою, умственно заснешь
И, снедаемый тоскою,
Пьянствовать начнешь.
Грудь по воле истомится,
Но средь мук и бед
Срок трехлетний будет длиться
Словно сотни лет.
Из тебя потянет жилы
Стая наглых псов.
Не дивись на это, милый,
Век ведь наш таков [Фролов, 1917].

В конце мая 1917 г. член исполкома Совета депутатов армии, флота и рабочих Або-Оландской укрепленной позиции В. Краев опубликовал в абоских «Известиях» стихотворение «Банкир и солдат», написанное в форме диалога персонажей-антагонистов. Не желая проливать кровь за «буржуйские» интересы и становиться калекой, солдат аргументирует отказ следующим образом:

Я же, сделавшись уродом,
Останусь с целым родом
Опять гол, как сокол,
Иль вопреки свободам
Посадишь нас на кол.
Вас знают все солдаты,
Нас держите во мгле,
Построите нам хаты,
Но лишь в сырой земле [Краев, 1917].

Эти безыскусные строчки перекликаются с темой бесправия и неоцененного ратного подвига «нижних чинов», так пронзительно звучащей у Некрасова в «Солдатской» песне из поэмы «Кому на Руси жить хорошо»:

Тошен свет,
Правды нет,
Жизнь тошна,
Боль сильна.
Пули немецкие,
Пули турецкие,
Пули французские,
Палочки русские.
Тошен свет,
Хлеба нет,
Крова нет,
Смерти нет.
Нутка, с редута-то, с первого номеру,
Нутка, с Георгием — по-миру, по-миру! [Некрасов, 2007, с. 552–553]

Одно из писем в редакцию гельсингфорсских «Известий», подписанное «Матрос Забияка» (предположительно, рядовой с эсминца «Забияка»), выражает опасения автора за судьбу моряков различных флотских специальностей в будущей послевоенной жизни, где им может не оказаться места. Как и ветеран Севастопольской обороны из поэмы Некрасова, матрос Первой мировой предвидит, что скоро останется без «пенциону полного».

Кажется, что этот реальный матрос — двойник некрасовского Солдата, хотя он делится своими тревогами, не прибегая к убедительности рифмованного текста:

Товарищи, войдите в положение комендоров, сигнальщиков, горнистов, и марсовых, и сторожевых, они после службы куда пойдут и что будут делать? Они к станку не способны, где могли бы легче добыть себе копейку на существование, чем за сохой... Но возьмем с 1910 и 1911 годов матросов, которые все свои силы положили на защиту Родины, и они выйдут со службы хилыми, больными, за соху они не в силах взяться, за станок его не пустят, как пуцают специалистов — электрика, минера, гальванера, моториста, машиниста и кочегара. Комендору стрелять будет негде, после службы в прицелы не придется смотреть, сигнальнику — с ума сходить руками махать и флаги на веревочке поднимать, горниста в трубу трубить не заставят. И что этим бедным нашим товарищам делать, пенсий не дадут, а остается одно предпринять: Марию Ивановну скрипочку (то есть корзинку) на руку и пойти под окошками домов и просить нараспев Ми-ло-стынь-ку Христа — ра-ди! Но, товарищи, помните, что много у нас при старом царизме было у нас таких просящих, а теперь-то зачем мы будем по-товарищески, Братству, Равенству допускать до этого Россию! [КА, 11970]

Тема рекрутской доли, показанная Некрасовым такой безысходной в поэме «Орина, мать солдатская» или в стихотворении «На смерть Шевченко», в условиях бесцензурной печати 1917 г. многократно повторялась как в оригинальных текстах, присланных военнослужащими, так и тех, что прежде сохранялись в списках и теперь были предложены для публикации. Самый яркий пример — уже упоминавшаяся «Песня новобранца». Ее, как и произведения Некрасова, отличают точность, ясность выражений, использование фольклорных оборотов, резкая полемическая заостренность против несправедливостей царской службы, против духовенства и богатых вообще.

По аналогии с зачином поэмы «Кому на Руси жить хорошо», восходящим к стилевым особенностям народной сказки, начинается и сказка-стихотворение, которую сочинил И. Иванов, рабочий минной мастерской Свеаборгского порта в Гельсингфорсе. Однако если у Некрасова семеро крестьян решают, кому из семи персонажей, олицетворяющих «хозяев жизни» на Руси, живется «вольготно-весело», то в сказке свеаборгского мастерового примерно столько же участников спора решают свою проблему:

Барин, земский становой,
Кулак, маклак да поп с княжной
Вели беседу меж собой:
— Кто бы мог из нас, ребята,
Надуть как лучше мужика,
И не долго думая, понятно,
Пал тут выбор на попа... [КА, 11970]

Стихотворных текстов, обличающих духовенство, среди писем военнослужащих встречается особенно много. В веренице сформировавшихся у рядовых образов «врагов народа» поп уступает, пожалуй, только буржую.

В первой главе поэмы «Кому на Руси жить хорошо» Некрасов развенчивает крестьянские представления о «сладкой жизни» духовенства, вкладывая в уста своего героя горькую иронию по поводу того, «каков попу *покой*», «откудова *богачество* поповское идет» и «каков попу *почет*». Объектом резкой антипатии странника Луки на первых же страницах поэмы становятся «дворяне колокольные — попы», которые «живут по-княжески»:

Идут под небо самое
Поповы терема,
Гудит попова вотчина, —
Колокола горластые —
На целый божий мир...
Попова каша — с маслицем,
Попов пирог — с начинкою,
Поповы щи — с сметком!
Жена попова толстая,
Попова дочка белая,
Попова лошадь жирная,
Пчела попова сытая,
Как колокол гудит! [Некрасов, 2007, с. 346–347]

Перечисленные поэтом «составляющие» сложившегося у крестьян негативного образа сельского священника, у которого «малина — не житье», полвека спустя почти дословно повторялось в письмах русских солдат и матросов. Корреспондент гельсингфорсских «Известий», приславший в газету «Песню новобранца» и оставшийся неизвестным, просил поместить ее для того, «чтобы не только умный знал, как нашего брата обманывали попы, но и темный забитый рабочий и крестьянин это знал и не надеялся бы, что ему попы принесут когда-то пользу». Предостерегая доверчивых прихожан, он напомнил, что

«...у попа всегда найдется (умных) слов обдурaczyć нас, темных, ... ибо он ими опутывает нас, как опутывает паук муху в паутину, и они ему дают или давали все преимущества, которыми он владеет» [КА, 11970].

«Посмотрите, есть ли хоть один поп чахоточный или сухой, — восклицает обличитель духовенства, — нет и не будет, ибо он не убьется где-нибудь на работе, и не съест один кусочек селедки, которую раньше продавали за три копейки. А он ест то, что захочет, он нас учит в церкви и школе чтобы мы посты соблюдали, а он свининку с курятинкой и гусятинкой поедает, а у нашего брата и так всегда пост» [КА, 11970].

Крестьянская культура, всегда воспринимавшая себя как замкнутую систему, в любом увеличении чьих-то благ усматривала перераспределение общественного достояния и расценивала это как процветание одного за счет других, за чужой счет. В подобных представлениях можно отыскать истоки возникновения у крестьян, а значит, и у вышедших из их среды солдат и матросов, образов «врагов народа».

Изображение народных заступников и будущих вождей — новаторская сторона творческой деятельности Н. А. Некрасова, выделяющая его среди русских классических поэтов середины и второй половины XIX в. В начале XX столетия такая общественная позиция нашла отголосок в рифмованных текстах служивших в Финляндии «поэтов из народа». Стихотворные обращения в редакции газет

позволяют увидеть, как при помощи уже возникших революционных символов (ими стали и некрасовские «друзья народа») партийная печать различных направлений формировала те или иные представления читательской аудитории.

Солдат 422-го пехотного Колпинского полка Павел Астриловский определил, кто такие «темные силы», и показал противостоявших им народных вождей следующими строчками:

У нас людей ведь очень много,
Кто может натравить,
Нас расстроить, не настроить,
Провокацию пустить.
Провокаторы — те люди,
Кому Россия не нужна,
Все изменники, предатели,
Романовска чета.
...У нас вожди в России —
Социал-трудовики,
Доверяют все народы,
Мы за ими должны идти [КА, 11970].

Ф. Лилеков, автор стихотворения «Социалист-революционер», рисует образ борца за народное счастье с кумачовым знаменем в руках:

Товарищ, ты под красным флагом,
На баррикады ты пошел,
Вперед к свободе, верным шагом,
За волю в бой народ повел.
Весь ты самоотвержение...
Тобой жива родная Русь,
Пахарь нивы ты народной,
В годину волнений и невзгод
Ты гремел, как гром свободный,
К восстанью звал трудовой народ.
Ты за славу, за свободу
Царем-тираном был гоним,
Что говорил правду народу,
Нес знамя красное пред ним [КА, 11970].

Наконец, в «стихотворном наброске» (как обозначил его подписавшийся инициалами *Матрос Г.Ф.С.*), поступившем в редакцию в канун октябрьских событий 1917 г. в Петрограде, автор приветствует открывающийся ему «новый мир» и «новые песни» тех, кто, по мысли Некрасова, как раз и должны были стать счастливыми, «хорошо живущими на Руси»:

Новый мир предо мною стоит,
Он разросся над сгинувшим миром.
Над его он разбитым кумиром
Счастья вечного радость искрит...
Мир наш — жизнь, где труды процветают.
Вольный труд, где роскошных полей
Дали дивные песнь оглашает,
Он — залитые солнечным светом
Залы фабрик, заводов, верфей,
Он — улыбка весенняя счастья
Ваших жен, матерей и детей.
Новый мир предо мною стоит —
Захотите же, люди, его.
Знамя черное мир тот сулит,
Знамя черное вестник его! [КА, 11970]

Упоминание о черном стяге указывает на принадлежность матроса к партии анархистов, той самой, которой адресовал свое ироническое обращение Г. А. Виноградов, автор стихотворения «Анархистам»:

Скажу немного анархистам,
Что у нас их много есть,
Но для всех их хватит места,
Есть, родимые, где сесть.
Если в Финском [заливе. — *Е. Д.*] захотите,
Там свободно, широко,
Иль повыше захотите —
До Луны недалеко!
...Вы кричите: вам доверять —
Но где забыть вам злое дело,
Так извольте вы узнать,
Таким доверья не видать [КА, 11970].

Источники массового характера свидетельствуют о том, что антибуржуазная пропаганда политических партий, создавая «образ врага», зачастую под воздействием идей русских беллетристов и поэтов-демократов XIX в., культивировала психологию гражданской войны, когда поиск врага переносился извне вглубь страны, а понятия «свой-чужой» теряли прежнюю определенность.

Центральные темы творчества Н. А. Некрасова — Родина и народная свобода — в поэме «Несчастные», написанной в 1856 г. и получившей название от распространенного обозначения ссыльнокаторжных заключенных, перекликаются с темой подвижничества борцов «за счастье народное» — тех, кто противостоял праздным и порочным обитателям российской столицы, равнодушным к бедствиям обездоленного населения страны. Такой контраст прослеживается и в созданном поэтом образе Петербурга, к которому он обращается:

Пусть солнце тусклое, скупое
Глядится в невские струи;
Пусть, теща буйство удалое
И сея плевелы свои,
Толпы пустых, надменных, праздных,
Полны пороков безобразных,
В тебе кишат. В стенах твоих
И есть, и были в стары годы
Друзья народа и свободы,
А посреди могил немых
Найдутся громкие могилы.
Ты дорог нам — ты был всегда
Ареной деятельной силы,
Пытливой мысли и труда! [Некрасов, 1953, с. 213–214]

Осенью 1917-го эта тема нашла отражение в стихотворении «К моменту», присланном в газету моряком с эсминца «Видный» Ю. Хоменко:

Россия! За тебя всем сердцем я скорблю.
Измучена войной, разбита ты, устала...
Я родину свою жалею и люблю,
Хотя сейчас она такой ужасной стала.
Гражданская война — с Калединым, с Украйной,
Что сделали с тобой, несчастная ты Русь!
И я молюсь, молюсь с надеждой тайной,
Жду счастья своего — ужели не дождусь?
Великие сыны тебя освободили,
Мы свергли твоего тирана и царя.
Мы все тебя одну лишь, родина, любили
И жизнь готовы мы отдать лишь за тебя.

И вот свободна ты ... Всё старое забыто.
Мы счастливы должны быть, но увы.
Устала наша Русь, измучена, разбита,
И больно за нее и за свои мечты [КА, 11970].

Благодаря искреннему чувству автора, сумевшему передать драматизм обстановки в стране в преддверии нового общественного потрясения, этот текст можно назвать одним из самых ярких свидетельств о настроениях свидетелей переломного времени.

Е. С. Сениянская, рассмотрев проблему возникновения и утверждения символов и мифов войны, отмечает, что формирование героических символов как феномена массового и во многом мифологизированного сознания стало одним из ключевых идеологических инструментов воздействия на психологию личного состава вооруженных сил и общества в целом [Сениянская, 1999, с. 214]. Одним из героических символов в годы Первой мировой стал Петроград, столица сражающейся России. Об этом, в частности, свидетельствует воззвание матросов к мастерам, обслуживавшим нужды флота. В середине марта 1917 г. оно было составлено судовым комитетом базировавшегося в Гельсингфорсе линейного корабля «Андрей Первозванный».

«Свободные граждане мастера, к вашему сознательному чувству взываем мы», — писали моряки-балтийцы, ссылаясь на хорошо знакомые символы военного времени (память о павших воинах) и новую революционную символику. Они призывали мастеров, несмотря на перемены первых революционных дней, не прекращать работы, направленные на обеспечение обороны страны и российской столицы, которая должна быть надежно защищена.

Враг воспользовался нашим временным перерывом работ. Он собирает все свои силы для нанесения удара и для последней попытки сломить, прорвать фронт на нашем Прибалтийском побережье. Наступает час для нашего Балтийского флота отразить и отогнать врага от нашего шествия на столицу как на центр производительности [КА, 11970].

На сознание представителей социалистических партий меньшевиков и эсеров не меньшее влияние, чем на большевиков, оказала, если пользоваться языком источников, «борьба с рецидивами царизма». Они тоже искали «врагов революции», «врагов пролетариата», «провокаторов», «контрреволюционеров из стана желтой прессы», элементов, «занимавшихся клеветой и инсинуациями» [Колоницкий, 2001; Архипов, 2002]. Автор одного из писем в редакцию гельсингфорсских «Известий» призывал читателей газеты «всячески бороться с теми ядовитыми семенами, которые бросаются в толпу провокаторами». В качестве предостережения от недоверия специалистам — «образованным, технически подготовленным людям» — он ссылаясь на инциденты такого рода, происходившие на некоторых петроградских заводах [КА, 11970].

Однако по мере того, как эйфория весны 1917 г. сменялась разочарованием и усталостью моряков и армейцев, чьи надежды и ожидания рушились в ходе реальных событий, образ Петрограда все больше лишался прежнего пафоса. Город виделся рядовым и, особенно, офицерам как пространство, откуда исходит опасность и беспокойство, что перекликается с самыми мрачными страницами «петербургского текста» Н. А. Некрасова. В «Известия Гельсингфорсского совета» все чаще поступали письма, осуждавшие проведение манифестаций и митингов под лозунгами политических партий, в то время как «фронт наш прорван, на фронте льется кровь, на улицах Петрограда — кровь и по всей России — кровь...» [КА, 11970].

К осени 1917 г. авторы писем обсуждали вопрос о намечавшейся разгрузке Петрограда, предпринятой «с ведома и согласия демократии»:

«...тут дело не в опасности от немцев, а в опасности от нежелательного для революции элемента. Ни для кого не секрет, что столица наша переполнена провокаторами, контрреволюционерами и просто преступниками, которые мешают революционной обороне. Если прибавить к этому добровольных путешественников, в страхе покидающих столицу (счастливого им пути!), то предполагается разгрузить Петроград как минимум наполовину. Очевидно, при такой структуре города легче будет не только оставшимся, но и всей России» [КА, 11970].

В письмах чувствуется осознание неразрывной связи судьбы Петрограда с судьбой всей страны, однако очевидно и будоражащее воздействие огромного города даже на периферийные территории

столичной губернии, не говоря уже о расположенной в нескольких часах железнодорожного сообщения финляндской столице [Бугаев, 2025].

Постоянно тревожно настроенный Петроград нервирует провинцию, порождает для нее массу тревожных слухов, а это опять-таки дает работу провокаторам, — читаем в одном из писем. — В разгруженной столице легче будет ориентироваться революционной власти, у которой отпадет забота быть все время настороже в смысле разных беспорядков и волнений [КА, 11970].

В обстановке шпионмании военного времени у людей формировались подозрительное отношение к окружающим и готовность к тому, что врагом мог оказаться каждый.

Автор заметки, присланной в гельсингфорсские «Известия», был обеспокоен «отсутствием необходимой сплоченности» среди петроградских рабочих. Недостаток опыта публичных выступлений сказывался употреблением взаимоисключающих понятий в его оценке столичного пролетариата. «Часть его, более сознательная, эволюционируется в смысле *революционных* (курсив мой. — Е. Д.) настроений, как, несомненно, и то, что другая часть проявляет порою безволие, граничащее с анархией. Но это уже лежит в основе нашей славянской натуры» [КА, 11970].

Наряду с крайне политизированными образами петроградских рабочих авторы писем упоминали и привычные реалии хорошо знакомой им повседневной жизни российской столицы. Один из них, Н. Матвеев, в ноябре 1917 г. поделился с редакцией газеты впечатлениями от посещения Матросского клуба в Гельсингфорсе. Он с негодованием писал о грубом обращении сторожей-гардеробщиков с моряками: «от обоих сторожей полился целый фонтан слов, достойных только питерских «Ванек»-извозчиков, да и то с Обводного канала» [КА, 11970].

Картина, рисующая петроградскую повседневность летних месяцев 1917 г., представлена в сатирическом стихотворении, которое прислал в газету работавший в снарядной мастерской крепости Свеаборг Иван Соломатин. Его стихотворная зарисовка-карикатура озаглавлена «Сон петроградского обывателя». Подчас наивные рифмованные строки, возможно, заимствованные из другого издания, высмеивают грубость и хамство дворников и извозчиков, недобросовестность хозяина продуктовой лавки, содержат сетования на дефицит предметов первой необходимости, неурядицы с общественным транспортом и т. д.

Вчера, мечтая о былом,
Заснул случайно крепким сном.
И вижу: жизнь идет уж вновь,
В помине нет былых хвостов,
Все люди добрые такие,
А булки стали... во какие!
Ну, словом, масленица, рай!
Идет совсем пустой трамвай!
Вхожу в магазин — ей-же-ей —
Я не видал милей людей.
Хозяин мне поклон отвесил
И вот, представьте, не обвесил!
Извозчик, — вот ведь чудеса —
Который был лютее пса,
Везет по таксе и так мил,
Должно, на шею крест купил.
Иду, а дворник — еще чудо! —
Со мной не сделалось чуть худо,
Стоит не пьян и не грубит
И «денатуркой» не разит.
Везде порядок, чистота
Все люди честны, простота...
Все души прямые, нет кривых,
В помине нет городских...
Но чу, вдруг слышу крик «Долой!»
И я вскочил, как чумовой... [КА, 11970]

Матрос Сальников, служивший в Гельсингфорсе, осенью 1917 г. сообщил в редакцию «Известий» о злоупотреблениях со стороны судового комитета своего корабля, характеризуя оборотную сторону «демократизации» — усиливавшееся разложение флота, который утратил единоначалие:

Вот уже девять месяцев, как совершилось великое и славное дело — переворот, а у нас на «Победителе» выбранные пять революционеров много знают и говорят, а дело общее не делают для команд, а все для себя, чтобы больше в карман положить и в Петроград съездить несколько раз. Председатель «Победителя» то и дело ездит в Петроград — своего рода чистый доход в карман [КА, 11970].

В этом контексте революционная столица предстает уже как центр притяжения для любителей праздного времяпровождения и стяжательства из состава выборного матросского руководства. Однако в письмах военнослужащих из приморских городов встречаются сведения о преимуществах организации повседневной жизни петроградскими военными властями по сравнению с жизнью населения финляндского побережья. Речь шла, в частности, о том, чтобы местные начальники последовали петроградскому опыту в случае объявления воздушной тревоги из-за налетов германских цеппелинов. В конце сентября 1917 г. столичные газеты опубликовали инструкции для населения с разъяснением мер, необходимых в таких случаях, в том числе об условном сигнале гудками с целью предупреждения об опасности.

Происходившее же в Гельсингфорсе в ночь с 3 на 4 октября 1917 г. автор письма в редакцию «Известий» назвал «чисто любительской организацией воздушной тревоги». Оказывается, в ту ночь «было дано бесконечное множество гудков, это создавало паническое настроение у горожан, терзая обывательские нервы пронзительным бесконечным воем сирены». Отметив разумные меры, принятые в российской столице, он заявил, что неудачный опыт военных властей в Финляндии «не может быть ни в чьих интересах, кроме неприятеля» [КА, 11970].

Дальнейшее исследование особенностей восприятия моряками-балтийцами Петрограда 1917 г. как революционной столицы России и вместе с тем как особого города с его пестрым этническим составом, крупнейшим гарнизоном, многочисленным, но вовсе не однородным рабочим классом открывает перспективы изучения городской политической культуры, значения политических символов революционной эпохи, проблем флотской и армейской повседневности в экстремальных обстоятельствах военного времени.

Основываясь на наблюдениях петербургских исследователей субкультуры солдат срочной службы второй половины XX в., представляется возможным распространить на более ранний период их выводы об особенностях картины мира военнослужащих, репрезентуемой армейским фольклором, бытовой семиотикой и неофициальной ритуалистикой. Отмеченная фольклористами противопоставленность армейской службы и гражданской жизни, первая из которых воспринималась как нарушение нормы, «зазеркалье», где трансформируются обычные, «правильные» явления и отношения, а также неизменная оппозиционность субкультурной традиции солдатского сообщества по отношению к системе уставных положений в контексте кризисного «перевернутого» времени войны и революции проявляли себя с еще большей очевидностью [Головин и др., 2003, с. 187].

Свидетельство тому — стихотворение матроса Э. Андрина, предназначавшееся для публикации в гельсингфорсских «Известиях», которое характеризует отношение рядовых к решению высших военных властей об отмене приказа Временного правительства о снятии погон офицерами. В стихотворении звучат отголоски перипетий «погонной революции», потрясавшей Балтийский флот в апреле 1917 г. и ставшей едва ли не самым ярким проявлением разрушительных действий восставших по отношению к прежним символам господства/подчинения [Колоницкий, 2001, с. 180–190].

Трещали телефоны повсюду здесь и там,
Погоны золотые вернулись снова к нам...
Я видел на бульваре, как офицер стоял
И, как ребенок, с радостью на свой погон взирал.
Идет-идет и тронет рукой своей погон,
И, видно, очень радуется «ношения» закон.
Я всем бы посоветовал на плечи посадить

Горшок цветов порядочный, с горшком бы и ходить.
Тогда бы удивлялись: погон и огород!
Вот до чего б додумался в России наш народ.
Трещали телефоны повсюду здесь и там,
И с блеском проходили погоны мимо дам [КА, 11970].

Заключение

Знакомство с письмами военнотружущих, поступившими в редакции русских газет в Финляндии, позволяет утверждать, что за очень непродолжительный срок первых революционных месяцев «маленькие люди» действительно освоили гражданский дискурс. Война стала причиной крайне динамичных перемен в состоянии российского общества, в его отношении к государственным и общественным институтам и, как следствие, в настроениях и взглядах моряков и армейцев. Рассмотренные источники личного происхождения свидетельствуют о том, что антибуржуазная пропаганда политических партий, создавая «образ врага», зачастую под воздействием идей русских беллетристов и поэтов-демократов XIX в. культивировала психологию гражданской войны, когда поиск врага переносился извне вглубь страны, а понятия «свой-чужой» теряли прежнюю определенность.

К концу в 1917 г. моряки-балтийцы, пограничники, пехотинцы, артиллеристы, кавалеристы 42-го армейского корпуса с обретением финляндской независимости неожиданно оказались на территории соседнего государства. До заключения Брестского мира между Советской Россией и Германией весной 1918 г. и вывода войск из Финляндии они оставались в составе российских вооруженных сил на северо-западной границе бывшей империи. Социокультурный взгляд на проблему Российской революции 1917 г. позволяет рассматривать происходившие в это время события не только через призму борьбы политических партий, — он открывает перспективы для исследования таких важных проблем из области военной антропологии, как воссоздание деталей быта моряков и армейцев, дает возможность оценить социально-нравственные нормы, которыми руководствовались рядовые и офицеры, пронаблюдать за их повседневной жизнью. Благодаря письмам «во власть», какой им представлялась периодическая печать различных направлений социалистического спектра, можно увидеть политическое пространство гарнизонных городов Финляндии глазами очевидцев и участников этих событий, услышать голос самостоятельных русских поэтов в форменках и солдатских шинелях.

Изучение влияния творчества Н. А. Некрасова на самостоятельную русскую поэзию солдат и матросов в период Российской революции 1917 г. позволит расширить контексты будущих исследований в области военной антропологии и обратиться к культуре профессиональных военных, а также рассмотреть внеармейские мифологемы и осмысление военной службы гражданским человеком.

Список сокращений

РГА ВМФ — Российский государственный архив Военно-морского флота
КА — Kansallisarkisto (Национальный Архив Финляндии)

Материалы исследования

- А.Х. [Хотовицкий А. А.] Русь-богатырь // Гельсингфорский приходской листок. 1916. № 1. С. 5.
КА. «Русские военные бумаги». 342: 6. Д. 11970. Письма в редакцию «Известий Гельсингфорского совета депутатов армии, флота и рабочих».
КА. «Русские военные бумаги» 342: 6. Д. 13573. Дело по описи Торнеоского пропускного железнодорожного пункта с перепискою, касающейся демобилизации армии.
Краев В. Банкир и солдат // Известия Совета депутатов армии, флота и рабочих Або-Оландской укрепленной позиции. 1917. 27 мая.
РГА ВМФ. Ф. Р-315. Оп. 1. Д. 21. Письма в редакцию «Известий Гельсингфорского совета депутатов армии, флота и рабочих».
Фролов В. Колыбельная песня во дни Николая II // На заре (Стихи). Гельсингфорс, 1917. С. 36–37.

Список источников

Аксенов В. Б. Слухи, образы, эмоции. Массовые настроения россиян в годы войны и революции (1914–1918). М.: Новое лит. обозрение, 2020. 984 с.

- Архипов И. Л. Словари «нового политического мышления» как источник по изучению политической психологии в 1917 г. // Петербургская историческая школа: альм. / отв. ред. А. Б. Николаев. СПб.: Нестор, 2002. С. 302–315.
- Бугаев Р. А. Русская революционная демократия и ее образ в финляндской военной периодической печати в 1917 г. // Манускрипт. 2025. Т. 18, вып. 1. <https://doi.org/10.30853/mns20250026>
- Головин В. В., Лурье М. Л., Кулешов Е. В. Субкультура солдат срочной службы // Современный городской фольклор. М.: Рос. гос. гуманит. ун-т, 2003. С. 186–230.
- Дубровская Е. Ю. Российские военнослужащие в Финляндии в годы Первой мировой войны (1914–1918). Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2024. 456 с.
- Ермакова З. П. Русские крестьяне — читатели Н. А. Некрасова // Карабиха: историко-литературный сборник. Вып. 2 / отв. ред. Н. Н. Пайков. Ярославль, 1993. С. 340–353.
- История библиотеки православного прихода города Хельсинки // LiteraruS — Литературное слово. Хельсинки, 2003. № 1. С. 76–77.
- Клычков С. А. «Я прожил жизнь свою, колдуя...»: избр. соч. М.: Водолей, 2016. 848 с.
- Козлова Н. Н. Социально-историческая антропология: учебник. М.: Ключ-С, 1998. 192 с.
- Колоницкий Б. И. Антибуржуазная пропаганда и «антибуржуазное» сознание // Анатомия революции. 1917 год в России: массы, партии, власть / отв. ред. В. Ю. Черняев [и др.]. СПб.: Глагол, 1994. С. 188–202.
- Колоницкий Б. И. Семнадцать очерков по истории российской революции. СПб.: Изд-во ЕУ в Санкт-Петербурге, 2017. 144 с.
- Колоницкий Б. И. Символы власти и борьба за власть: К изучению политической культуры российской революции 1917 года. СПб.: Дмитрий Буланин, 2001. 348 с.
- Кром М. М. Историческая антропология. СПб.: Дмитрий Буланин, 2000. 76 с.
- Мельгунов Б. В. Некрасов в творческой судьбе Трефолева // Карабиха: историко-литературный сборник. Вып. 5. Ярославль: Изд-во Александра Рутмана, 2006. С. 157–166.
- Некрасов Н. А. Современники. Стихотворения, поэмы, проза / вступ. ст. Н. Н. Скотов. М.: Парад, 2007. 704 с.
- Некрасов Н. А. Сочинения: в 3 т. Т. 1. М.: Гос. изд-во худож. лит., 1953. 447 с.
- Поршнева О. С. Междисциплинарные методы в историко-антропологических исследованиях: учеб. пособие для вузов. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2008. 210 с.
- Сенявская Е. С. Психология войны в XX веке: исторический опыт России. М.: Рос. полит. энцикл. (РОССПЭН), 1999. 383 с.
- Скотов Н. Н. «Поэт в настоящем смысле» // Некрасов Н. А. Современники. Стихотворения, поэмы, проза / вступ. ст. Н. Н. Скотов. М.: Парад, 2007. С. 5–50.
- Соболев Л. С. Капитальный ремонт. Роман. СПб.: Санта, 1994. 479 с.
- Соколов А. К. Социальная история России новейшего времени: проблемы методологии и источниковедения // Социальная история: ежегод., 1998/1999. М.: Рос. полит. энцикл. (РОССПЭН), 1999. С. 39–76.

References

- Aksenov V. B. *Sluhi, obrazy, emocii. Massovyie nastroyeniya rossiyan v gody vojny i revolyucii (1914–1918)* [Rumors, images, emotions. Mass moods of Russians during the war and revolution (1914–1918)]. Moscow, Novoe literaturnoe obozrenie, 2020, 984 p.
- Arhipov I. L. Slovari “novogo politicheskogo myshleniya” kak istochnik po izucheniju politicheskoy psihologii v 1917 g. [Dictionaries of “new political thinking” as a source for the study of political psychology in 1917]. *Peterburgskaja istoricheskaja shkola. Al'manah* [Petersburg Historical School. Almanac]. Saint Petersburg, Nestor, 2002, pp. 302–315. (In Russ.).
- Bugaev R. A. Russkaja revoljucionnaja demokratija i ee obraz v finljandskoj voennoj periodicheskoj pechati v 1917 g. [Russian revolutionary democracy and its image in the Finnish military periodical in 1917]. *Manuskript* [Manuscript], 2025, Vol. 18, No. 1. <https://doi.org/10.30853/mns20250026> (In Russ.).
- Golovin V. V., Lur'e M. L., Kuleshov E. V. Subkul'tura soldat srochnoj sluzhby [Conscript soldiers subculture]. *Sovremennyy gorodskoj fol'klor* [Modern urban folklore]. Moscow, Rossijskij gosudarstvennyj gumanitarnyj universitet, 2003, pp. 186–230. (In Russ.).
- Dubrovskaja E. Yu. *Rossijskie voennosluzhawie v Finljandii v gody Pervoj mirovoj vojny (1914–1918)* [Russian servicemen in Finland during the First World War (1914–1918)]. Petrozavodsk, Karelian Science Centre of RAS, 2024, 456 p.
- Ermakova Z. P. Russkie krest'jane — chitateli N. A. Nekrasova [Russian peasants — N. A. Nekrasov's readers]. *Karabiha* [Karabikha]. Jaroslavl', izdatel'stvo Aleksandra Rutmana, 1993, Series 2, pp. 340–353. (In Russ.).
- Istorija biblioteki pravoslavnogo prihoda goroda Hel'sinki [History of the library of the Orthodox parish of Helsinki]. *LiteraruS — Literaturnoe slovo* [LiteraruS — Literary word]. Hel'sinki, 2003, No. 1, pp. 76–77. (In Russ.).

- Klychkov S. A. *“Ja prozhil zhizn' svoju, kolduja...”*, *Izbrannye sochinenija* [“I Lived My Life by Conjuring...”, Selected Writings]. Moscow, Vodoley, 2016, 848 p.
- Kozlova N. N. *Social'no-istoricheskaja antropologija* [Socio-historical anthropology]. Moscow, Kljuch-S, 1998, 192 p.
- Kolonickij B. I. Antiburzhnaznaja propaganda i “antiburzhujское” soznanie [Anti-bourgeois propaganda and “anti-bourgeois” consciousness]. *Anatomija revolyucii. 1917 god v Rossii: massy, partii, vlast'* [Anatomy of a revolution. 1917 in Russia: masses, parties, power]. Saint Petersburg, Glagol, 1994, pp. 188–202. (In Russ.)
- Kolonickij B. I. *1917: Semnadsat ocherkov po istorii rossiyskoy revolyutsii* [1917: Seventeen essays on the history of the Russian revolution]. Saint Petersburg, European University in Saint Petersburg Publ., 2017, 144 p.
- Kolonickij B. I. *Simvoly vlasti i bor'ba za vlast': k izucheniju politicheskoy kul'tury rossijskoj revolyucii 1917 goda*. [Symbols of power and struggle for power: on the study of political culture of Russian revolution 1917]. Saint Petersburg, Dmitrij Bulanin Publ., 2001, 349 p.
- Krom M. M. *Istoricheskaja antropologija* [Historical anthropology]. Saint Petersburg, Dmitrij Bulanin Publ., 2000, 76 p.
- Mel'gunov B. V. Nekrasov v tvorcheskoy sud'be Trefoleva [Nekrasov in the creative fate of Trefolev]. *Karabikha* [Karabikha]. Jaroslavl', izdatel'stvo Aleksandra Rutmana, 2006, Series 5, pp. 157–166. (In Russ.).
- Nekrasov N. A. *Sochinenija* [Writings]. Moscow, Gosudarstvennoe izdatel'stvo hudozhestvennoj literatury, 1953, Vol. 1, 447 p.
- Nekrasov N. A. *Sovremenniki. Stihotvorenija, pojemy, proza* [Contemporaries. Poems, poems, prose]. Moscow, Parad, 2007, 704 p.
- Porshneva O. S. *Mezhdisciplinarnye metody v istoriko-antropologicheskikh issledovanijah* [Interdisciplinary methods in historical and anthropological studies]. Ekaterinburg, UGTU-UI, 2008, 210 p.
- Senjavskaja E. S. *Psichologija vojny v XX veke: istoricheskij opyt Rossii* [Psychology of war in the twentieth century: the historical experience of Russia]. Moscow, ROSSPJEN, 1999, 383 p.
- Skatov N. N. “Pojet v nastojawem smysle” [“Poet in the real sense”]. *Nekrasov N. A. Sovremenniki. Stihotvorenija, pojemy, proza* [Contemporaries. Poems, poems, prose]. Moscow, Parad, 2007, pp. 5–50. (In Russ.).
- Sobolev L. S. *Kapital'nyj remont* [Capital repairs]. Saint Petersburg, Santa, 1994, 479 p.
- Sokolov A. K. Social'naja istorija Rossii novejshego vremeni: problemy metodologii i istochnikovedenija [Social history of modern Russia: problems of methodology and source study]. *Social'naja istorija. Ezhegodnik, 1998/1999* [Social history. Yearbook, 1998/1999]. Moscow, ROSSPJEN, 1999, pp. 39–76. (In Russ.).

Информация об авторе

Е. Ю. Дубровская — кандидат исторических наук, старший научный сотрудник.

Information about the author

E. Yu. Dubrovskaya — PhD (History), Senior Research Fellow.

Статья поступила в редакцию 17.06.2026; одобрена после рецензирования 25.06.2026; принята к публикации 26.06.2026.
The article was submitted 17.06.2026; approved after reviewing 25.06.2026; accepted for publication 26.06.2026.

Научная статья
УДК 39:338.48
doi:10.37614/2949-1185.2026.5.3.011

ЭТНОТУРИСТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС «ОЛЕНИЙ ДВОР» КАК ФОРМА РЕПРЕЗЕНТАЦИИ КУЛЬТУРЫ КОЛЬСКИХ СААМОВ

Олеся Анатольевна Сулейманова

Центр гуманитарных исследований КНЦ РАН, Апатиты, Россия
sul-olesya@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5109-958X>

Аннотация

На примере этнокомплекса «Олений двор» (п. Лопарская, Мурманская область) рассматриваются современные формы этнопроектной деятельности коренного населения Мурманской области. Показана роль данного этнокультурного проекта и его инициатора в сохранении и популяризации культурного наследия кольских саамов, а также в развитии регионального этнотуризма. Актуальность данного исследования обусловлена необходимостью выявления новых форм трансляции этнокультурного наследия коренных малочисленных народов в современном обществе.

Ключевые слова:

кольские саамы, этническое подворье «Олений двор», этнокультурное наследие, этнопроект, этнотуризм, Мурманская область

Благодарности

Статья подготовлена в рамках государственного задания ФИЦ КНЦ РАН по теме научно-исследовательской работы № FMEZ-2024-0002 и профинансирована из федерального бюджета.

Для цитирования:

Сулейманова О. А. Этнотуристический комплекс «Олений двор» как форма репрезентации культуры кольских саамов // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Естественные и гуманитарные науки. 2026. Т. 5, № 3. С. 143–153. doi:10.37614/2949-1185.2026.5.3.011

Original article

THE ETHNOTOURISTIC COMPLEX "REINDEER YARD" AS A FORM OF REPRESENTATION OF THE CULTURE OF THE KOLA SAMI

Olesya A. Suleymanova

Centre of the Humanities Research of the Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences, Apatity, Russia
sul-olesya@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5109-958X>

Abstract

This article, devoted to the "Reindeer yard" ethno-complex (Loparskaya village, Murmansk region), examines contemporary forms of ethno-project activities among the indigenous population of the Murmansk region. It demonstrates the role of this ethno-cultural project and its initiator in preserving and promoting the cultural heritage of the Kola Sami, as well as in the development of regional ethnotourism. The relevance of this research is determined by the need to identify new forms of translation of the ethnocultural heritage of indigenous peoples in modern society.

Keywords:

Kola Sami, ethnic farmstead "Reindeer yard", ethnocultural heritage, ethnoprospect, ethnotourism, Murmansk region

Acknowledgments

The article was supported by the federal budget to carry out the state task of the Federal Research Centre "Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences" No. FMEZ-2024-0002.

For citation:

Suleymanova O. A. The ethnotouristic complex "Reindeer yard" as a form of representation of the culture of the Kola Sami // Transactions of the Kola Science Centre. Series: Natural Sciences and Humanities. 2026. Vol. 5, No. 3. P. 143–153. doi:10.37614/2949-1185.2026.5.3.011

Введение

Сегодня туризм является одним из приоритетных направлений социально-экономического развития Мурманской области. По данным информационного агентства «РБК»¹, в 2025 г. регион

¹ URL: https://murmansk.rbc.ru/murmansk/17/06/2026/6a32ae019a79471f07b40465?from=region_news (дата обращения: 15.05.2026).

посетили 800 тысяч туристов, что является историческим рекордом. Коренное население — ключевой субъект в развитии регионального этнотуризма.

По данным последней Всероссийской переписи населения, в Мурманской области проживает 1363 представителя коренного народа (кольские саамы). Исследования последних лет показывают, что для саамского сообщества остро стоит вопрос сохранения их этнокультурного наследия в контексте развития регионального этнотуризма [Сулейманова, 2025; Сулейманова, Белоруссова, 2026 и др.]. Культурное наследие кольских саамов активно транслируется посредством реализации различных этнокультурных проектов и инициатив: этнопарков и этнодеревень (Саамская деревня «Самь Сыйт» в с. Ловозеро, этническое подворье «Олений двор» в п. Лопарская, этнопарк «Этническая деревня» в г. Апатиты, Этнографический саамский комплекс в с. Тулома); культурно-массовых мероприятий (Международный день саамов, фестиваль саамской музыки и культуры, День саамского слова, Районный Праздник Севера и День оленевода в с. Ловозеро, традиционные зимние, летние и осенние саамские игры и др.); музейных экспозиций в краеведческих музеях. Эти инициативы зарекомендовали себя как эффективный инструмент развития этнотуризма и обусловлены двумя ключевыми тенденциями: стремительным подъемом внутреннего туризма, вызванным текущей геополитической ситуацией, и возрастающим интересом к этнической самобытности в условиях глобализации. «Предполагается, что туризм станет одной из ключевых отраслей экономики арктических регионов РФ, даст возможность оживить малый и средний бизнес среди северян, так как мировая мода на эксклюзивный турпродукт с романтикой Севера, уникальной нетронутой природой и самобытной культурой коренных народов растет» [Перевалова, Киссер, 2021, с. 183]. С одной стороны, организация различных этнотуров, развитие туристической инфраструктуры и этнографических комплексов, несомненно, привлекает поток туристов, с другой — переизбыток этнокультурных проектов и мероприятий нередко приводит к девальвации этнокультурных ценностей, превращая их в нечто искусственное и фальшивое (неаутентичное) [Белкина, 2021; Карелина, 2021; Перевалова, Киссер, 2021]. Саамские активисты выражают недовольство тем, что их культура часто подвергается стереотипизации и чрезмерной коммерциализации в сфере туризма. Они выступают против создания «фальшивой» этнокультуры и отсутствия у коренного народа реального контроля над тем, как их культурное наследие презентуется широкой публике. В последние годы представители народа саами начинают активнее включаться в этнопроектную деятельность, связанную с туризмом (этнокультурный туризм). В этом отношении этническое подворье «Олений двор» представляет исследовательский интерес как вид этнопроектной деятельности, в котором непосредственно участвуют представители коренного населения.

В статье на примере этнокомплекса «Олений двор» (п. Лопарская, Мурманская область) рассматриваются современные формы этнопроектной деятельности коренного населения Мурманской области. Показана роль данного этнокультурного проекта и его инициатора (П. К. Харьбиной) в сохранении и популяризации культурного наследия кольских саамов, а также способы его репрезентации в медийном пространстве. Исследование основано на полевых (собранных в п. Лопарская, Мурманская область, 2025 г.) и киберполевых материалах (анализ сообщества «Саамский Олений двор» в социальной сети «ВКонтакте», 2026 г.). Использовались методы включенного наблюдения, аудио-, фото- и видеофиксации, экспертного интервью и контент-анализа. Актуальность данного исследования обусловлена необходимостью выявления новых форм трансляции этнокультурного наследия коренных малочисленных народов в современном обществе.

Саамское подворье «Олений двор» как этнопроект

Стимул представления и достойного позиционирования собственной культуры (языка, традиций, истории) вызывает своего рода этноренессанс (с элементами этноконкуренции) и способствует глобальному распространению моды на «этно».
[Киссер, 2023, с. 111]

Этническое подворье «Олений двор», расположенное в п. Лопарская Мурманской области, представляет собой туристический комплекс и частный музей, посвященный культуре и быту кольских саамов. Это уникальный этнокультурный проект, созданный и реализованный саамской семьей. Вслед

за исследователями [Головнёв и др., 2016; Головнёв, 2021; Киссер, Конькова, 2022], занимающимися изучением вопросов, связанных с этнопроектной деятельностью коренных малочисленных народов, под термином «этнопроект» мы понимаем инициативу, направленную на активацию этничности. Этнопроект выступает эффективным инструментом самовыражения, который переводит культуру из категории музейного экспоната в активный современный формат. Ключевую роль в реализации этнопроектной деятельности играет личность «инициатора-лидера», для инициатора этнопроекта это способ заявить о себе и о культуре своего народа (самопрезентация, «персонализация этничности») [Головнёв и др., 2016, с. 142].

Инициатор этнопроекта «Олений двор». Инициатором создания и одним из руководителей этнокомплекса «Олений двор» является Полина Константиновна Харибина — представитель народа саами, популяризатор культуры кольских саамов, активный общественный деятель (член родовой общины коренного малочисленного народа саами «Лопарская», руководитель Кольского отделения Ассоциации кольских саамов, председатель Саамского собрания «Самь Соббар», председатель комиссии по вопросам гуманитарной сферы, развития гражданского общества и межнациональных отношений Общественной палаты Мурманской области). Полина Харибина уроженка п. Лопарская (Кольский район, Мурманская область), ее бабушка, Роза Ивановна Яковлева, была первым ребенком, родившимся в Лопарской, куда саами переселились в военные годы, и активно занималась сохранением саамской культуры и языка. Дело бабушки продолжили родители Полины Харибиной, которые также были общественниками. В последние годы Полина стала одной из самых медийных персон региона:

В целом наше подворье представлено уже в нескольких федеральных проектах, например, мы есть на гастрономической карте России. Так что все интересующиеся уже знают, существует национальная кухня, мы, например, регулярно проводим мастер-классы с саамскими рецептами. Кроме того, мы приняли участие в проекте «Четыре свадьбы» на телеканале «Пятница!». Так что нас все знают, зовут, а мы приезжаем и участвуем¹.

Этническое подворье «Олений двор» является одним из ключевых проектов Полины Харибиной. В 2025 г. оно попало в топ-30 самых необычных частных музеев России [Литвин, 2025] (рис. 1). Среди первых проектов саамской общественницы — создание виртуального музея оленно-транспортных батальонов. Но наибольшую известность ей принесли цифровые проекты, направленные на сохранение саамского языка: мобильное приложение «Самь килл» с голосовым помощником, обучающая компьютерная игра на основе приложения, электронный саамский словарь, набор стикеров для мессенджеров Telegram и WhatsApp с саамскими персонажами и выражениями и др. В 2025 г. Полина Харибина стала лауреатом всероссийской общественной премии «Гордость нации» в номинации «За вклад в сохранение и развитие родных языков». Создание медиаресурсов на саамском языке способствует его изучению, популяризации и ревитализации. Цитата из интервью с П. К. Харибиной:

Сегодня саамский язык на грани исчезновения... <...> Многие люди рассуждают так: я уже не занимаюсь оленеводством и не знаю национального языка, поэтому как я могу причислить себя к части этноса? Вообще, это очень грустно! Потому что, да, сфера жизни меняется, но как-то внутри должно оставаться самоопределение. <...> Пока такая возможность есть, мы стараемся взять максимум, который можно взять от наших носителей [носителей языка. — О. С.]. Мы стараемся все впитать, чтобы успеть выучить саамский язык и передать его своим детям в надежде на то, что они эту работу тоже продолжат. <...> Поэтому такую, да, интересную, но, не скрою, и очень сложную работу пока еще с удовольствием ведем, в надежде, что все-таки наш язык еще как-то сохранится (ПМА).

Саамская общественница Полина Харибина активно участвует в различных мероприятиях и инициативах: встречает делегации, снимается в кино, проводит мастер-классы по саамским рецептам, сотрудничает с продюсерскими центрами. Широкую медийную известность получил эпизод, когда Харибина в День коренных малочисленных народов России участвовала во встрече президента Владимира Владимировича Путина с представителями коренных народов (30 апреля 2026 г.). Она

¹ Полина Харибина: «Главное начать и делать» // Новостной портал КМНСОЮЗ-NEWS. 2023. 24 сентября. URL: <https://news.kmnsoyuz.ru/news/30867> (дата обращения: 23.05.2026).

поприветствовала президента на саамском языке и рассказала о проектах общины. Президент в шутку удивился: «Извините, вы — оленевод? Не похожи на оленевода совсем». Полина с улыбкой ответила: «Так часто говорят, но это возможно»¹ (рис. 2).

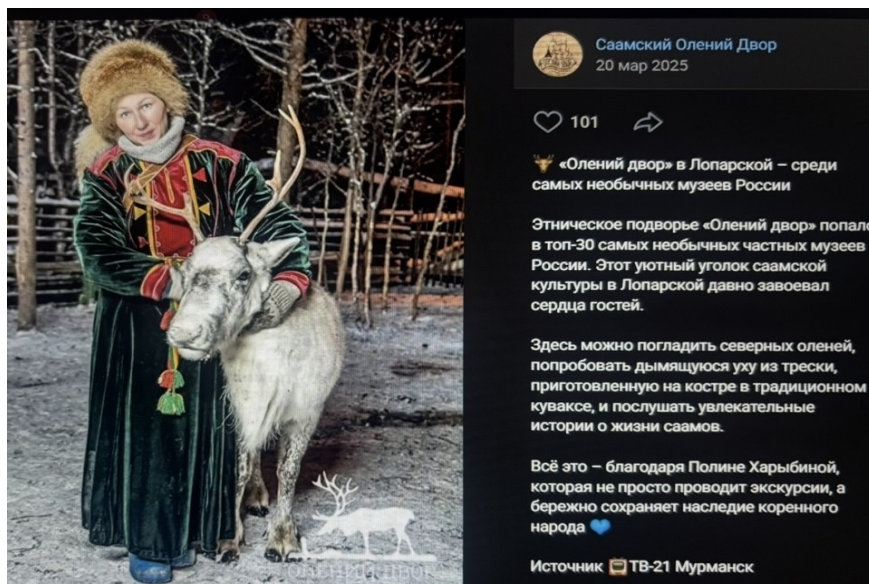


Рис. 1. Этническое подворье “Олений двор” попало в топ-30 самых необычных частных музеев России. Опубликовано 20 марта 2025 г. на стене сообщества «Саамский Олений двор» в социальной сети «ВКонтакте».

URL: https://vk.com/loparskaya?z=photo-158077785_457240892%2F42954771aa5f478acc

Fig. 1. The ethnic courtyard 'Deer Yard' is among the top 30 most unusual private museums in Russia.

Published on March 20, 2025, on the wall of the Sami Deer Yard community on VKontakte.

URL: https://vk.com/loparskaya?z=photo-158077785_457240892%2F42954771aa5f478acc



Рис. 2. Полина Харыбина представляет Мурманскую область на встрече коренных малочисленных народов России с президентом В. В. Путиным. 30 апреля 2026 г. URL: <https://severpost.ru/read/207440/>

Fig. 2. Polina Kharybina will represent the Murmansk region at a meeting of indigenous peoples of Russia with President V. V. Putin. April 30, 2026. URL: <https://severpost.ru/read/207440/>

¹ Путин северянке: Вы — оленевод? // ИА «СеверПост.ру. URL: <https://severpost.ru/read/207440/> (дата обращения: 21.05.2026).

Сценарий экскурсионной программы. В октябре 2025 г. мы посетили этническое подворье «Олений двор» в составе группы туристов (включенное наблюдение) и зафиксировали сценарий экскурсионной программы (аудио-, фото- и видеофиксация). Этнокомплекс «Олений двор» включает в себя загон с оленями, куваксу (традиционное переносное жилище саамов) и сувенирную лавку. Участников экскурсии встречает П. К. Харыбина (рис. 3). После инструктажа о правилах безопасности и особенностях кормления оленей группу сопровождают на территорию загона (рис. 4). Экскурсовод подробно рассказывает о повадках северных оленей, их анатомии (смене рогов, строении копыт) и питании в условиях тундры. Посетители могут покормить оленей ягелем и сфотографироваться с животными.

Потом гостей приглашают переместиться в куваксу (рис. 5), где на открытом огне готовится саамская уха («Кўль лйм») (рис. 6). Полина Харыбина совмещает процесс приготовления блюда с рассказами о традициях и быте саамов. Приготовление национальной ухи на открытом огне и атмосфера традиционного саамского жилища создают аутентичный, погружающий опыт. В настоящее время интерактивные формы проведения экскурсий пользуются большой популярностью [Булыгина, Боровичев, 2026, с. 149]. В заключительной части экскурсионной программы гостям предлагается отведать национальное блюдо и поучаствовать в обряде на исполнение желания (записку с заветным желанием необходимо бросить в огонь). Цитата П. К. Харыбиной:

Возможно, покажется совершенно нетипичным для конца октября, но я бы вас поздравила с Новым годом. Территориально мы сейчас с вами в той самой Лапландии. А где Лапландия, там, конечно же, Дед Мороз. У нас [саамов. — О. С.] его зовут Мунь Каллса. И он исполняет желания не только в преддверии новогодних праздников, но и в течение всего календарного года. Поэтому у вас сейчас есть уникальная возможность написать ему письмо и попросить все то, что он еще не успел для вас исполнить (ПМА).

В процессе экскурсии участники знакомятся не только с представителями народа и их традициями, но и с современными формами этнокультуры. Этнокомплекс «Олений двор» — это наглядный пример адаптации традиций к современным реалиям. Кувакса на территории этнического подворья адаптирована под запросы туристов: электрические лампочки, одноразовая посуда, элементы декора из новодельных вещей. В современных реалиях наличие ноутбука в куваксе и разговоры о том, как трудно приходится современному сааму в связи с замедлением интернета, а также о GPS-маячках, не вызывают удивления. Несмотря на такое сочетание аутентичности и искусственности, данный этнокомплекс способствует активации этнокультурного потенциала.

По завершении экскурсионной программы мы провели экспертное интервью с Полиной Харыбиной — инициатором данного этнокультурного проекта. На вопрос о том, как возникла идея его создания, она ответила следующее:

Не было никакой идеи! Все произошло само собой. Более того, для нас первоначально было очень сложно, что кто-то посторонний будет приходить в наш дом. <...> Люди, приезжающие в наш поселок [п. Лопарская, Мурманская область. — О. С.], проходя мимо, конечно, видели, что у нас торчит кувакса, понятно, что у нас живут олени, и стали проситься зайти посмотреть. И для нас это было отрадно, потому что это часть трансляции культуры, но когда я сама могу регулировать этот момент — готова я сейчас общаться или нет. Вот и в какой-то момент это все приобрело такой безобразный характер. Все почему-то решили, что я сижу и скучаю каждый день и жду, когда кто-то придет — это не совсем так, с детьми нагрузка другая — очень большая. Вот, понимая, что сильно выгораю на этом фоне, брат постарался: мы каким-то вечером просто сидели, смотрели кино, он говорит: «А давай попробуем, создадим группу ВКонтакте». Я уже понимала, что мы — «Олений двор», название было, я использовала этот хештег. И мы написали такой пост о том, что мы с удовольствием готовы принять вас у себя в гостях, но нужно предварительно договориться о времени встречи, и я здесь не скрою: как-то компенсировать (ПМА).

Как видно из приведенной выше цитаты, идея создания данного этнопроекта возникла спонтанно — как реакция на живой интерес гостей поселка к куваксе и оленям, которые содержатся на территории двора саамской семьи.



Рис. 3. Гид-экскурсовод и руководитель этнокомплекса «Олений двор»
П. К. Харыбина. 23 октября 2025 г. Фото О. А. Сулеймановой
Fig. 3. Tour guide and director of the Oleniy Dvor ethno-complex
P. K. Kharybina. October 23, 2025. Photo by O. A. Suleymanova



Рис. 4. Кормление оленей ягелем в рамках экскурсионной программы.
23 октября 2025 г. Фото О. А. Сулеймановой
Fig. 4. Feeding reindeer with lichen as part of an excursion.
October 23, 2025. Photo by O. A. Suleymanova



Рис. 5. Кувакса на территории этнокомплекса «Олений двор».
23 октября 2025 г. Фото О. А. Сулеймановой

Fig. 5. Kuvaksa on the grounds of the Oleniy Dvor ethnic complex.
October 23, 2025. Photo by O. A. Suleymanova



Рис. 6. Полина Харыбина готовит саамскую уху. 23 октября 2025 г. Фото О. А. Сулеймановой
Fig. 6. Polina Kharybina prepares Sami fish soup. October 23, 2025. Photo by O. A. Suleymanova

Такой сценарий не редкость для проектов, нацеленных на актуализацию этничности: внешний интерес становится катализатором для запуска инициативы. Благодаря социальным сетям этническое подворье стало популярным туристическим объектом. Цитата из интервью с П. К. Харыбиной:

Мы никогда не рекламировали себя. Нас стали находить по хештегу «#оленийдвор». Причем китайцы были одними из первых среди массовых туристов. И все больше про нас стали узнавать туроператоры. <...> Раньше я ездила как участница на разные мероприятия, но сейчас меня уже приглашают как спикера и эксперта, чтобы я как раз рассказала в контексте этнотуризма, как у нас все развивается (ПМА).

Этнотуристические комплексы как объекты аттрактивности могут становиться региональными брендами. Популярность этнопроектов и их включение в актуальные туристические маршруты напрямую зависят от грамотного их продвижения, прежде всего посредством современных информационных технологий (информационные сайты, социальные сети, мессенджеры). Сегодня саамские общественники активно презентуют свою культуру и этнопроекты в медиапространстве. Цифровые технологии становятся значимым инструментом самопрезентации и частью воплощения этнокультурного наследия [Ягафова, 2024; Белоруссова, Сулейманова, 2026 и др.].

Медиапрезентация этнопроекта. «Олений двор» презентуется в медиа как аутентичный туристический объект («настоящее саамское подворье»). Подчеркивается образовательная миссия данного проекта — погружение в быт саамов с рассказами о традициях. Он включен в этнотуры региональных туроператоров и гидов:

Мы отправимся в гости к представителям коренного народа Кольского полуострова — это не шумная деревня с множеством туристов, а настоящее саамское подворье. Вы узнаете о быте местных жителей, их традициях и обрядах. Угоститесь национальными блюдами. И конечно, познакомитесь с северными оленями¹.

В подворье «Олений двор» можно пообщаться с северными красавцами, познакомиться с бытом народа саами, побывать внутри традиционного жилища кувакса и попробовать блюдо национальной кухни — наваристую уху из трески, приготовленную на костре².

Помимо информационных и рекламных сайтов, продвигающих туристические услуги, руководители саамского подворья позиционируют свой этнопроект через официальный сайт «Олений двор»³ и сообщество в социальной сети «ВКонтакте» — «Саамский Олений двор»⁴.

На официальном сайте представлена краткая информация о данном этнокомплексе и опубликован приветственный текст:

Мы саамы — коренные жители Кольского полуострова. Живем здесь столетиями и занимаемся оленеводством, передавая традиции от старших младшим. Северные олени для нас как члены семьи. Много лет назад они показали нам живописные тропы и укромные уголки тундры, где прячется Северное сияние. Приезжайте в гости! Мы все расскажем и покажем!⁵.

Приветственный текст виртуального сообщества «Саамский Олений двор» в социальной сети «ВКонтакте» имеет следующее содержание:

Хотим поделиться и пригласить в гости, в волшебную северную сказку, где ты сможешь: встретиться с красавцем северным оленем, накормить его ягелем, узнать о характере и повадках, сделать памятные фото, у нас есть даже олень «фотомодель», побыть в национальном жилище,

¹ Орфография и пунктуация оригинального текста сохранена.

² Сетевое издание «МК в Карелии». URL: <https://karel.mk.ru/social/2025/03/23/etnicheskoe-podvore-oleniy-dvor-poralo-v-topridcat-samykh-neobychnykh-muzeev-strany.html> (дата обращения: 03.05.2026). Орфография и пунктуация оригинального текста сохранена.

³ URL: <https://samideer.ru/> (дата обращения: 03.05.2026).

⁴ URL: <https://vk.com/loparskaya> (дата обращения: 03.05.2026).

⁵ Официальный сайт «Олений двор». URL: <https://samideer.ru/?ysclid=mpzkeo5nw30463995> (дата обращения: 03.05.2026). Орфография и пунктуация оригинального текста сохранена.

расположиться на теплых оленьих шкурах, отведать национальной кухни (уха из трески), за чашечкой чая поговорить о народе саами. Расскажем о нашей истории, традициях, укладе жизни. Поговорим о саамском и на саамском языке. На прощание ты узнаешь маленький секрет, благодаря которому, исполнится твое, возможно, самое заветное желание.

Анализ контента виртуальной группы «Саамский Олений двор» показал, что в публикациях доминируют фото и видео с оленями и традиционным жилищем саамов (куваксой). Интерес представляют отзывы¹ о данном этническом подворье, опубликованные в этом сообществе. В целом этнокомплекс «Олений двор» положительно характеризуется его посетителями. Среди недостатков отмечается только «высокая стоимость посещения». В положительных отзывах подчеркиваются следующие преимущества экскурсионной программы:

Очень нравится душевность, ощущение того, что ты в семье, а не на туристическом объекте. Нет чувства потока. Очень вкусная и простая еда (КПМА).

Получили большое удовольствие и от общения с оленями, и от рассказа Полины об оленях, о саамах. Большое спасибо! (КПМА)

Благодарю за ваш рассказ об оленях и жизни саамов. Уха и оленина на костре бесподобна. Исполнение желаний практика была вишенкой. Всем рекомендую приехать к вам (КПМА).

Выражаем искреннюю благодарность за такой душевный, доброжелательный и уютный прием! Олений Двор пронизан любовью, заботой, гордостью за свои саамские корни (КПМА).

Важно также подчеркнуть, что внутри саамского сообщества существуют определенные разногласия как по поводу ведения коммерческой деятельности, включая конкуренцию между его представителями, занятыми в сфере этнотуризма, так и относительно требований к аутентичности туристического продукта [Сулейманова, 2025]. Полина Харыбина отметила, что, в отличие от других этнотуристических комплексов, основная цель их этнопроекта — это трансляция культуры, а не коммерция. Цитата из интервью:

Они (этнокомплексы, функционирующие на территории Мурманской области. — О. С.) воспринимают нас, конечно, как конкурентов. Меня коллеги не любят в этом смысле. Потому что у меня про «честно» и «спонтанно». Если у меня сегодня есть гости — я счастлива, завтра нет никого — и я тоже рада! Потому что остается свободное время на что-то другое. Мы же продолжаем, получается, не разделять домашнее с рабочим. Вот это уже не всегда уместно, если проходит большой поток туристов. <...> Мы не стремимся натолкать полный чум людей, чтобы просто срубить денег. Наш проект как раз про то, что здесь мало бизнеса, а больше социалки. Моя задача — побольше рассказать и при этом получить удовольствие (ПМА).

Среди основных функций данного этнопроекта можно выделить следующие: формирование идентичности, этническую самопрезентацию, сохранение и трансляцию культурного наследия, а также интегративную, образовательную, развлекательную и экономическую функции.

Заключение

Современные этнотуристические комплексы предлагают новый формат экскурсионных практик, заменяя пассивный показ экспонатов интерактивным погружением посетителей в этнокультурную среду. Участие представителей коренного населения (живых носителей традиции) в разработке и развитии туристических продуктов повышает качество и аутентичность создаваемых и реализуемых этнопроектов. Этнотуристический комплекс «Олений двор» — пример успешного этнокультурного проекта, особенность которого состоит в том, что он не является специально созданным для туристов аттракционом, а представляет собой часть реальной жизни саамской семьи, где культура не просто демонстрируется, а проживается, передается и развивается в контексте современных реалий. Тот факт, что в 2025 г. этническое подворье «Олений двор» вошло в топ-30 самых необычных частных музеев

¹ Отзывы опубликованы в сообществе «Саамский Олений Двор» в социальной сети «ВКонтакте». URL: <https://vk.com/loparskaya>. Орфография и пунктуация оригинальных текстов сохранена.

России, подтверждает его уникальность и востребованность. Подобные этнотуристические комплексы, как объекты аттрактивности, формируют образ дестинации, повышая ее узнаваемость, увеличивая туристический поток и превращая этнокультурное наследие в конкурентоспособный туристский продукт.

Материалы исследования

КПМА — киберполевые материалы автора, 2026 г.

ПМА — полевые материалы автора, п. Лопарская, Мурманская обл., 2025 г.

Список источников

- Белкина С. В. Аутентичность и коммодификация культурного туризма // Культура и цивилизация. 2021. Т. 11, № 2А. С. 110–116. doi:0.34670/AR.2021.73.68.013
- Белоруссова С. Ю., Сулейманова О. А. Хэштег как инструмент репрезентации идентичности коренных народов // Сибирские исторические исследования. 2026. № 1. С. 141–164. doi:10.17223/2312461X/51/8
- Булыгина И. И., Боровичев Е. А. Интерактив на природных экскурсиях // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Естественные и гуманитарные науки. 2026. Т. 5, № 1. С. 140–151. doi:10.37614/2949-1185.2026.5.1.013
- Головнёв А. В. Новая этнография Севера // Этнография. 2021. № 1 (11). С. 6–24.
- Головнёв А. В., Первалова Е. В., Белоруссова С. Ю., Киссер Т. С. Этнопроект, или персонализация этничности (по материалам Уральской этноэкспедиции) // Уральский исторический вестник. 2016. № 4 (53). С. 142–148.
- Карелина А. (Не)аутентичные туристические достопримечательности: как китайские туристы воспринимают российский «фейкlor» // Социологическое обозрение. 2021. Т. 20, № 2. С. 138–156.
- Киссер Т. С. «Новые коренные» проектная этничность на Ямале // Вестник Омского университета. Серия «Исторические науки». 2023. Т. 10, № 4 (40). С. 111–117.
- Киссер Т. С., Конькова Ю. С. Этностойбища на Таймыре: новые практики этнотуризма // Кунсткамера. 2022. № 3 (17). С. 158–168. doi:10.31250/2618-8619-2022-3(17)-158-168
- Литвин Е. Этническое подворье «Олений двор» попало в топ-тридцать самых необычных музеев страны // МК в Карелии: сетевое изд. 2025. 23 марта. URL: <https://karel.mk.ru/social/2025/03/23/etnicheskoe-podvore-oleniy-dvor-popalo-v-toptridcat-samykh-neobychnykh-muzeev-strany.html> (дата обращения: 03.05.2025).
- Первалова В. В., Киссер Т. С. Таймыр: этнопроекты и лидеры // Этнография. 2021. № 2 (12). С. 166–193.
- Сулейманова О. А., Белоруссова С. Ю. «#осторожнофуфло»: хештег как форма репрезентации этнической культуры кольских саамов // Ежегодник финно-угорских исследований. Вып. 1. 2026. Т. 20. С. 109–121. <https://doi.org/10.35634/2224-9443-2026-20-1-109-121>
- Сулейманова О. А. Кольские саамы и этнотуризм: тенденции и проблемы // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2025. Т. 47, № 8. С. 115–123. doi:10.15393/uchz. art.2025.1257
- Ягафова Е. А. Этнокультурные традиции чувашей в киберпространстве: практики репрезентации // Актуальные вопросы культуры, искусства, образования. 2024. № 2. С. 83–88. doi:10.32340/2949-2912-2024-2-83-88

References

- Belkina S. V. Autentichnost' i kommodifikatsiya kul'turnogo turizma [Authenticity and commodification of cultural tourism]. *Kul'tura i tsivilizatsiya* [Culture and Civilization], 2021, Vol. 11, No. 2A, pp. 110–116. doi:0.34670/AR.2021.73.68.013 (In Russ.).
- Belorussova S. Yu., Suleymanova O. A. Heshteg kak instrument reprezentatsii identichnosti korennykh narodov [Hashtag as a Tool for Representing the Identity of Indigenous Peoples]. *Sibirskie Istoricheskie Issledovaniia* [Siberian Historical Research], 2026, No. 1, pp. 141–164 doi:10.17223/2312461X/51/8 (In Russ.).
- Bulygina I. I., Borovichev E. A. Interaktiv na prirodnkh ekskursiyah [Interactive features on upcoming excursions]. *Trudy Kol'skogo nauchnogo centra RAN. Seriya: Estestvennye i gumanitarnye nauki* [Proceedings of the Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. Series: Natural and human sciences], 2026, Vol. 5, No. 1, pp. 140–151. (In Russ.).
- Golovnyov A. V. Novaya etnografiya Severa [New ethnography of the North]. *Etnografiya* [Ethnography], 2021, No. 1 (11), pp. 6–24. (in Russ.).
- Golovnyov A. V., Perevalova E. V., Belorussova S. Yu., Kisser T. S. Etnoproekt, ili personalizatsiya etnichnosti (po materialam Ural'skoj EtnoEkspeditsii) [Ethnoproject, or personalization of ethnicity (based on materials from the Ural EthnoExpedition)]. *Ural'skij istoricheskij vestnik* [Ural Historical Bulletin], 2016, No. 4, pp. 142–148. (In Russ.).
- Karelina A. (Ne)autentichnye turisticheskie dostoprimechatel'nosti: kak kitaiskie turisty vosprinimayut rossiiskii “feiklor” [(In)authentic touristattractions: how Chinese tourists perceive Russian “fakelore”]. *Sotsiologicheskoe obozrenie* [Sociological Review], 2021, Vol. 20, No. 2, pp. 138–156. (In Russ.).

- Kisser T. S. "Novye korennye" proektnaya etnichnost' na Yamale ["New Indigenous" Project Ethnicity in Yamal]. *Vestnik Omskogo universiteta* [Bulletin of Omsk University], 2023, Vol. 10, No. 4 (40), pp. 111–117. (In Russ.).
- Kisser T. S., Kon'kova Yu. S. Etnostojbishcha na Tajmyre: novye praktiki etno.turizma [Ethnic Camps in Taimyr: New Practices of Ethno-Tourism]. *Kunstkamera* [Kunstkamera], 2022, No. 3 (17), pp. 158–168. doi:10.31250/2618-8619-2022-3(17)-158-168 (In Russ.).
- Litvin E. Etnicheskoe podvor'e "Olenij dvor" popalo v top-tridcat' samyh neobychnyh muzeev strany [The Oleniy Dvor ethnic courtyard was included in the top thirty most unusual museums in the country]. *MK v Karelii* [MK in Karelia]. (In Russ.). Available at: <https://karel.mk.ru/social/2025/03/23/etnicheskoe-podvore-oleniy-dvor-popalo-v-toptridcat-samykh-neobychnyh-muzeev-strany.html> (accessed 03.05.2025).
- Perevalova V. V., Kisser T. S. Tajmyr: etnoproekty i lidery [Taimyr: ethnoprospects and leaders]. *Etnografiya* [Ethnography], 2021, No. 2, pp. 166–193. (In Russ.).
- Suleimanova O. A. Kol'skie saamy i etnoturizm: tendencii i problemy [The Kola Sami and ethnotourism: trends and problems]. *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta* [Proceedings of Petrozavodsk State University], 2025, No. 47 (8), pp. 115–123. doi:10.15393/uchz.art.2025.1257 (In Russ.).
- Sulejmanova O. A., Belorussova S. Yu. «#ostorozhnofuflo»: heshteg kak forma reprezentacii etnicheskoy kul'tury kol'skih saamov ["#bewareofbullshit": hashtags as a form of representation of the ethnic culture of the Kola Sami]. *Ezhegodnik finno-ugorskih issledovanij* [Yearbook of Finno-Ugric Studies.], 2026, Vol. 20, No. 1, pp. 109–121. doi:0.35634/2224-9443-2026-20-1-109-121 (In Russ.).
- Yagafova E. A. Etnokul'turnye tradicii chuvash v kiberprostranstve: praktiki reprezentacii [Ethnocultural Traditions of the Chuvash in Cyberspace: Practices of Representation]. *Aktual'nye voprosy kul'tury, iskusstva, obrazovaniya* [Topical Issues of Culture, Art, Education], 2024, No. 2, pp. 83–88. doi:10.32340/2949-2912-2024-2-83-88 (In Russ.).

Информация об авторе

О. А. Сулейманова — кандидат исторических наук, старший научный сотрудник.

Information about the author

O. A. Suleymanova — PhD (History), Senior Research.

Статья поступила в редакцию 21.06.2026; одобрена после рецензирования 05.07.2026; принята к публикации 20.07.2026.
The article was submitted 21.06.2026; approved after reviewing 05.07.2026; accepted for publication 20.07.2026.

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Научная статья
УДК 66.061.35
doi:10.37614/2949-1185.2026.5.3.012

О ЗОНИРОВАНИИ ОСОБО ОХРАНЯМОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ ПОЛЯРНО-АЛЬПИЙСКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА-ИНСТИТУТА ДЛЯ ОХРАНЫ ЭКОСИСТЕМ И РАЗВИТИЯ ТУРИЗМА

**Евгений Александрович Боровичев¹, Денис Александрович Давыдов²,
Виктор Николаевич Петров³, Ольга Викторовна Петрова⁴**

^{1–4}Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина КНЦ РАН, Апатиты, Россия

¹e.borovich@ksc.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7310-6872>

²d.davydov@ksc.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0866-4747>

³v.petrov@ksc.ru

⁴o.petrova@ksc.ru

Аннотация

Ботанические сады занимают уникальное положение в системе особо охраняемых природных территорий (ООПТ) России, сочетая функции научного учреждения, биологической коллекции растений *ex situ* и природоохранной территории *in situ*. В рамках функционирования сети ООПТ ботанические сады могут выступать в роли центров развития устойчивого туризма в городах и регионах. Основная сложность их функционирования как ООПТ заключается в совмещении двух противоречащих друг другу целей: сохранения естественных экосистем в ненарушенном состоянии и обеспечения максимально комфортных условий для рекреации и туристического потока. Цель настоящей работы — провести сравнительный анализ ботанических садов с другими категориями ООПТ и разработать уточненный режим функционального зонирования для территории Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н.А. Аврорина (ПАБСИ) КНЦ РАН. Использованы методы геоинформационного анализа, полевого картографирования и нормативно-правового анализа. В результате предложена дифференцированная схема зонирования для двух кластеров ООПТ: для Кировского выделено шесть функциональных зон (заповедная, заповедно-экспериментальная, особо охраняемая, научно-экспозиционная, административная, рекреационная), для Апатитского экспериментального участка впервые обосновано выделение единой научно-экспозиционной зоны. Разработанные режимы охраны учитывают имеющиеся угрозы, местонахождения редких видов, экскурсионные маршруты, объекты культурного наследия и перспективы хозяйственного развития. Предложенное зонирование обеспечивает баланс между сохранением природных экосистем, развитием научной деятельности, экологическим просвещением и устойчивым туризмом.

Ключевые слова:

особо охраняемые природные территории, ботанические сады, функциональное зонирование, режим охраны, ПАБСИ, Арктическая зона РФ

Благодарности

Исследование выполнено в рамках госзадания ПАБСИ КНЦ РАН и частично — в рамках проекта «Растения говорят. Сохранение редких видов растений и нетронутых северных ландшафтов», поддержанного Президентским фондом природы.

Для цитирования:

О зонировании особо охраняемой природной территории Полярно-альпийского ботанического сада-института для охраны экосистем и развития туризма / Е. А. Боровичев [и др.] // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Естественные и гуманитарные науки. 2026. Т. 5, № 3. С. 154–170. doi:10.37614/2949-1185.2026.5.3.012

INTERDISCIPLINARY RESEARCH

Original article

ON THE ZONING OF THE SPECIALLY PROTECTED NATURAL TERRITORY OF THE POLAR-ALPINE BOTANICAL GARDEN-INSTITUTE FOR ECOSYSTEM PROTECTION AND TOURISM DEVELOPMENT

Evgeniy A. Borovich¹, Denis A. Davydov², Viktor N. Petrov³, Olga V. Petrova⁴

^{1–4}Polar-Alpine Botanical Garden-Institute of the Kola Science Centre of the RAS, Apatity, Russia

¹e.borovich@ksc.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7310-6872>

²d.davydov@ksc.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0866-4747>

³v.petrov@ksc.ru

⁴o.petrova@ksc.ru

Abstract

Botanical gardens occupy an isolated position in the Russian system of specially protected natural areas (SPNA), combining the functions of a scientific institution, an ex situ biological plant collection, and an in situ Nature Reserve. Within the network of SPNA, botanical gardens can serve as important hubs for sustainable tourism in cities and regions. The main challenge lies in reconciling two conflicting goals: preserving natural ecosystems in an undisturbed state and providing the best possible conditions for recreation and tourism. The aim of this study is to conduct a comparative analysis of botanical gardens with other SPNA categories and develop a refined functional zoning regime for the N.A. Avrorin Polar-Alpine Botanical Garden-Institute of the Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences. Methods of geoinformation analysis, field mapping, and regulatory analysis were used. As a result, a differentiated zoning scheme was proposed for two clusters of protected areas: six functional zones (protected area, experimental protected area, specially protected area, scientific and exhibition zone, administrative and recreational zone) were identified for the Kirovsk cluster, while for the Apatity experimental site, the designation of a single scientific and exhibition zone was justified for the first time. The developed protection regimes take into account existing threats, the locations of rare species, excursion routes, cultural heritage sites, and economic development prospects. The proposed zoning ensures a balance between the preservation of natural ecosystems, the development of scientific activity, environmental education, and sustainable tourism.

Keywords:

specially protected natural areas, botanical gardens, functional zoning, protection regime, N.A. Avrorin Polar-Alpine Botanical Garden-Institute of the Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences, the Russian Arctic

Acknowledgments

This research was conducted within the framework of the PABGI State Project of the Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences and, in part, within the framework of the “Plants Speak: Conservation of Rare Plant Species and Pristine Northern Landscapes” project, supported by the Presidential Fund for Nature.

For citation:

On the zoning of the specially protected natural territory of the Polar-alpine botanical garden-institute for ecosystem protection and tourism development / E. A. Borovichev [et al.] // Transactions of the Kola Science Centre. Series: Natural Sciences and Humanities. 2026. Vol. 5, No. 3. P. 154–170. doi:10.37614/2949-1185.2026.5.3.012

Введение

В условиях растущего интереса к экологически ответственному туризму и сохранению природного наследия Арктики особо охраняемые природные территории (ООПТ) приобретают стратегическое значение как для защиты биоразнообразия, так и для устойчивого социально-экономического развития регионов [Давыдова, Давыдов, 2023; Шулина, Боровичев, 2025].

Согласно Федеральному закону от 14 марта 1995 г. № 33 «Об особо охраняемых природных территориях»¹, в России выделяется шесть категорий ООПТ. Особое место среди них занимают ботанические сады, поскольку они сочетают в себе несколько функций: академические институты (или подразделения вузов), коллекции растений и собственно ООПТ. Именно эта интеграция создает уникальные возможности и одновременно порождает сложные управленческие задачи по регулированию их посещения.

Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина (ПАБСИ) Кольского научного центра Российской академии наук, созданный в 1931 г., стал первым в мире ботаническим садом за полярным кругом. В настоящее время его общая площадь составляет 1370 га. Как мы ранее указывали [Давыдов и др., 2021], границы и режим особой охраны ПАБСИ учитывают при разработке планов экономического и социального развития муниципальных образований Мурманской области — города Кировска с подведомственной территорией и города Апатиты с подведомственной территорией, а также при планировании развития территории самого ботанического сада.

Предыдущие исследования [Давыдова, Давыдов, 2023] показали, что местное население Кировско-Апатитского района рассматривает ПАБСИ как привлекательный туристический объект, в целом считает целесообразным и востребованным развитие туризма на его территории, демонстрирует высокий уровень экологической просвещенности, но при этом испытывает затруднения в определении границ ООПТ и понимании того, что конкретно она охраняет. Проведенный опрос

¹ URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_6072 (дата обращения: 14.07.2026).

выявил явный запрос горожан на расширение просветительской деятельности, обустройство туристической инфраструктуры и организацию содержательного досуга. Респонденты подчеркнули, что ботанический сад они видят как площадку для взаимодействия науки, природы, культуры и местных жителей.

В 2021 г. нами был разработан и предложен дифференцированный режим охраны ООПТ и вариант зонирования территории ПАБСИ, направленные на решение нескольких разнородных задач: сохранение природных экосистем, создание и развитие коллекционных питомников, научная деятельность, экологическое просвещение и природно-познавательный туризм [Давыдов и др., 2021]. Этот вариант прошел проверку временем и позволил не только планировать, но и реализовывать мероприятия по развитию рекреационной и хозяйственной деятельности ПАБСИ. Накопленный опыт дает возможность уточнить и более тонко настроить режим и функциональное зонирование ООПТ.

Цель настоящей статьи — провести сравнительный анализ ботанических садов и других типов ООПТ России и разработать уточненный вариант режима и зонирования хибинской территории ПАБСИ, а также впервые предложить режим для апатитского кластера.

Материалы и методы

Объектом исследования служит ООПТ федерального значения — Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина Кольского научного центра Российской академии наук, — состоящая из двух пространственно обособленных кластеров. Несмотря на то, что расстояние между кластерами составляет всего 15 км, они заметно различаются по природным условиям, по характеру рекреационного и хозяйственного использования.

Кировский кластер расположен в горной системе Хибин, в муниципальном округе город Кировск с подведомственной территорией (рис. 1). Общая площадь — 1337 га. Высотный диапазон — от 312 до 1068 м над уровнем моря, характерна высотная поясность. В парковой (исторической) части кировского кластера находятся коллекционные питомники, прогулочная аллея, оранжереи, лабораторные корпуса, вспомогательные постройки. Заповедная (природная) часть занимает северный, северо-восточный и частично — южный и юго-восточный склоны горы Вудъяврчорр, цирк Ганешина, Первый и Второй (частично) молибденитовые цирки горы Тахтарвумчорр. Освоение территории началось летом 1932 г.

Апатитский кластер (экспериментальный участок ПАБСИ) расположен на холмистой равнине в предгорьях Хибин, в муниципальном округе город Апатиты с подведомственной территорией, на плоском участке (на высоте 130–155 м над уровнем моря), в зоне северотаежных лесов, занимает площадь 33,3 га (10 га — лесной массив, более 20 га — освоенная территория). Здесь размещены коллекционные питомники, дендрарий, участки размножения и хозяйственные постройки.

Распоряжением Правительства Российской Федерации от 30 декабря 2025 г. № 4173-р Ботанический сад отнесен к ведению Министерства науки и высшего образования Российской Федерации. Правовой статус, границы и режим охраны территории определяются Положением о ботаническом саде федерального значения, разрабатываемом в соответствии с Федеральным законом «Об особо охраняемых природных территориях». Зонирование территории выполнено в соответствии с требованиями ст. 29 данного федерального закона, согласно которой на территории ботанического сада может устанавливаться дифференцированный режим особой охраны с учетом природных, историко-культурных, рекреационных и хозяйственных особенностей.

Основные принципы зонирования. Выделение функциональных зон ПАБСИ базируется на принципах, аналогичных применяемым в отечественной и мировой литературе: в основе лежит создание карты, где учтены антропогенная нагрузка и экологическая значимость участков [Geneletti, Van Duren, 2008; Cerini et al., 2025].

Основными принципами зонирования стали:

- приоритет сохранения природных экосистем и редких видов (in situ);

- минимизация антропогенного вмешательства в заповедных участках;
- допустимость регулируемой рекреационной и научной деятельности в зонах с менее строгим режимом;
- учет объектов культурного наследия.

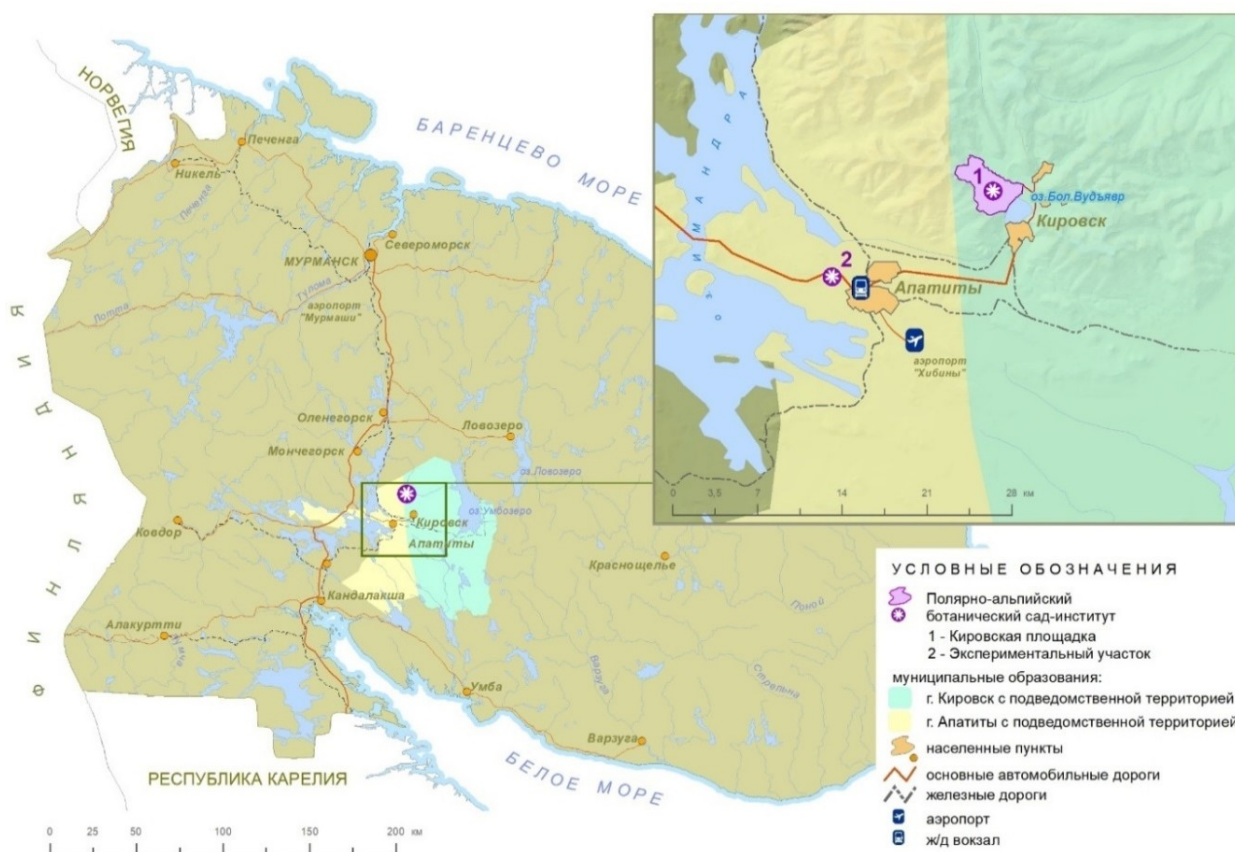


Рис. 1. Географическое положение Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н.А. Аврорина КНЦ РАН на территории Мурманской области

Fig. 1. Geographic location of the N.A. Avrorin Polar-Alpine Botanical Garden-Institute of the Kola Science Centre of RAS in the Murmansk Region

Предлагаемое зонирование ПАБСИ основывается на современном состоянии знаний о распространении редких видов, существующих рекреационных потоках, и хозяйственной активности.

Кадастровые планы земельных участков (кадастровые номера: 51:16:0020102:11, 51:17:0040101:4, 51:15:0020420:1). Тематические карты созданы на основе векторной топографической основы масштаба 1:200000 (ГлавНИВЦ, МПР, 1998 г.). Также использованы спутниковые снимки высокого разрешения за период 2019–2025 гг.

Полевые и фоновые данные. Для определения функциональных зон был проведен анализ текущих и потенциальных видов хозяйственной деятельности на территории ПАБСИ, которые могут привести к нарушению сохранности объектов охраны. Для каждого кластера были определены перечни разрешенных и запрещенных видов деятельности на основе анализа существующего природопользования, а также потенциальных угроз (промышленное освоение соседних территорий, несанкционированные заезды снегоходов, заходы лыжников и др.). Учитывалось, что разрабатываемое зонирование должно способствовать ограничению антропогенного вмешательства в местообитания редких и нуждающихся в охране видов, но при этом не препятствовать проведению на территории экопросветительских

и экотуристических активностей, осуществлению хозяйственной деятельности, которая необходима для функционирования ПАБСИ, и при этом не должно противоречить нормам действующего законодательства в области охраны природы. Далее методом исключения и компромисса сформированы шесть функциональных зон для кировского кластера (в порядке возрастания допустимой антропогенной нагрузки). Для апатитского кластера из-за малой площади и отсутствия конфликта между задачами выделена единая научно-экспозиционная зона, охватывающая всю его территорию.

Использованы результаты маршрутных обследований территории ПАБСИ в 2019–2025 гг. (координаты местонахождения редких видов, фотофиксация, описание растительных сообществ) и пространственные данные, определяющие границы существующих коллекционных питомников, оранжерей, экскурсионных маршрутов и тренировочных участков для альпинистов. При составлении карт также привлечены сведения о ранее выделенных функциональных зонах [Давыдов и др., 2021]. При зонировании территории учтены экскурсионные и туристические маршруты в пределах ПАБСИ [Аврорин, 1932; Андреев и др., 1982; Боровичев и др., 2021], а также сложившиеся места тренировок альпинистов и скалолазов, указания на местообитания видов, внесенных в Красную книгу Мурманской области [2025] и Красную книгу Российской Федерации [2024].

Для привязки объектов на местности использовался GPS-навигатор Garmin eTrex 30x (Garmin Ltd., США). Анализ территорий, выделяемых в соответствии с зонированием, выполнен с использованием QGIS (лицензия GNU GPL 2). Финальную визуализацию информации и подготовку карт-схем выполняли в среде ArcGIS 10.7.1.

Результаты

Ботанический сад как категория ООПТ в России. Несмотря на то, что ботанический сад имеет статус ООПТ, он существенно отличается от других категорий федеральных ООПТ, таких как заповедники или национальные парки. Сравнение основных категорий ООПТ приведено в табл. 1. Сходство с другими типами ООПТ заключается, прежде всего, в правовом статусе: все рассматриваемые категории находятся под особой защитой государства (см. табл. 1). Как и в случае заповедников и национальных парков, это исключает возможность произвольного изъятия земель (по крайней мере, до последнего времени), хотя изъятие из хозяйственного использования для ботанических садов, как правило, является лишь частичным, а не практически полным, как в заповедниках. Кроме того, ботанические сады, наряду с заповедниками и национальными парками, ведут научную и эколого-просветительскую деятельность, тогда как для заказников и памятников природы такая работа не является обязательной (табл. 1).

Ключевое отличие ботанического сада от заповедников и национальных парков состоит в объекте охраны (см. табл. 1). Если заповедники и национальные парки предназначены для сохранения природных экосистем в их естественном («диком») состоянии (*in situ*), то ботанические сады сохраняют преимущественно искусственно созданные коллекции растений (*ex situ*), а также обеспечивают проведение научно-экспериментальной деятельности по их поддержанию, интродукции и акклиматизации. Это отличие непосредственно отражается и в происхождении территории: если заповедники, национальные парки и заказники обычно создаются на землях, изъятых из хозяйственного использования для сохранения ненарушенного состояния, то территории ботанических садов, как правило, специально преобразованы и целенаправленно поддерживаются человеком в научных и природоохранных целях (см. табл. 1). Соответственно, в методах охраны также наблюдается принципиальная разница: в заповедниках абсолютно преобладают статические методы (сохранение существующего состояния), тогда как в ботанических садах доминируют динамические методы, связанные с активным формированием и управлением растительными сообществами (табл. 1), при этом в тех ботанических садах, где, помимо экспозиционной территории, сохраняются крупные участки природных экосистем, при наличии зонирования может применяться и сочетание методов, что сближает их с национальными парками, отличаясь от последних главным образом меньшей площадью. Примером такого ботанического сада является ПАБСИ.

Таблица 1

Сравнение основных категорий ООПТ
Comparison of the main categories of protected areas

Признак	Заповедник	Национальный / природный парк	Ботанический сад	Заказник	Памятник природы
Правовой статус			Особо охраняемая природная территория		
Изъятие из хозяйственного использования	Практически полное	Частичное	Частичное	В редких случаях — полное, обычно — частичное	
Зонирование	Отсутствует, как правило, могут выделяться зоны ограниченного хозяйственного использования для сотрудников	Имеется	Имеется по необходимости	Преимущественно отсутствует, могут выделяться зоны в связи со спецификой регулирования хозяйственной деятельности на отдельных участках	Отсутствует
Преобладание статических/динамических способов охраны природы	Абсолютно преобладают статические методы, динамические применяются в исключительных критических случаях	Оба метода сочетаются при преобладании статических методов	Преобладают динамические методы, в некоторых зонах (заповедная, особо охраняемая, ограниченной рекреации) в тех ботсадах, где они выделяются, могут преобладать статические методы	В зависимости от объекта охраны или преобладают статические методы, или применяется сочетание методов	
Объект охраны	Природные экосистемы в их естественном состоянии (in situ)	Природные экосистемы в их естественном состоянии (in situ), историко-культурные объекты, связанные с природной средой, традиционная (устойчивая) хозяйственная деятельность, которая позволила сохраниться природным экосистемам и историко-культурным объектам	Коллекции растений, часто созданные искусственно (ex situ), реже — природные экосистемы в их естественном состоянии (in situ); научно-экспериментальная деятельность, поддерживающая коллекции растений, акклиматизация растений	Природные экосистемы в их естественном состоянии (in situ) или природные компоненты с высокой природоохранной ценностью в устойчивой среде с традиционной (устойчивой) хозяйственной деятельностью	Как природные, так и историко-культурные объекты, связанные с природной средой
Деятельность научная	Ведется	Ведется	Ведется	Ведется не везде	Ведется не везде (единичные примеры)
экопросветительская	Ведется	Ведется	Ведется	Практически не ведется	Практически не ведется

Окончание таблицы 1

Признак	Заповедник	Национальный / природный парк	Ботанический сад	Заказник	Памятник природы
Государственный надзор	За соблюдением режима следят государственные инспекторы, нарушители несут административную или уголовную ответственность	За соблюдением режима следят государственные инспекторы, нарушители несут административную или уголовную ответственность	За соблюдением режима следят сторожевые/охранные службы	За соблюдением режима следят государственные инспекторы, нарушители несут административную/уголовную ответственность	Памятник природы
Происхождение территории	Обычно территории, которые были изъяты из хозяйственного использования, чтобы сохранить их ненарушенное или малонарушенное состояние; нередко это богатая история преобразования, изменения статусов и проч.	Обычно территории, которые были изъяты из хозяйственного использования, чтобы сохранить их ненарушенное или малонарушенное состояние; нередко это богатая история преобразования, изменения статусов и проч.	Премущественно территории, специально преобразованные и поддерживаемые человеком для научных и природоохранных целей	Обычно территории, которые были изъяты из хозяйственного использования, чтобы сохранить их ненарушенное/малонарушенное состояние	Природные и историко-культурные объекты, связанные с природной средой, которые были изъяты из хозяйственного использования, чтобы сохранить их ненарушенное/малонарушенное состояние
Режим посещения	Доступ строго ограничен, регламентирован	Выделены зоны для массового туризма	Открыты для посещения как культурно-просветительские объекты, но с жесткими правилами посещения	Доступ ограничен, регламентирован на «бумаге»; бесконтрольное посещение	Доступ ограничен, регламентирован (часто из небольшой площади на «бумаге»; бесконтрольное посещение
Значение	Федеральное	Федеральное/региональное	Федеральное/региональное	Федеральное/региональное	Федеральное/региональное
Подчинение	Министерство экологии и природных ресурсов (Минприроды) РФ, Министерство науки и высшего образования РФ и т. п.	Минприроды РФ / региональные природоохранные ведомства	Министерство науки и высшего образования РФ и т. п.	Минприроды РФ/ региональные природоохранные ведомства	Минприроды РФ)/ региональные природоохранные ведомства
Допустимость реконструкции и строительства	Капитальное строительство строго ограничено (только для обеспечения функционирования)	Допустимо в рекреационных и обслуживающих зонах	Допустимо и необходимо для развития коллекций, оранжерей, лабораторий, экскурсионной инфраструктуры	Капитальное строительство ограничено	Допустимо, но часто ограничено из-за небольших размеров
Режим сбора генетического материала	Сбор растений строго запрещен или только по специальным разрешениям для науки	Сбор растений запрещен или только по специальным разрешениям для науки	Сбор семян, черенков для обмена с другими ботсадами — часть уставной деятельности	Сбор растений запрещен или только по специальным разрешениям для науки	Сбор растений запрещен или только по специальным разрешениям для науки

Дополнительно осложняет самоидентификацию ботанических садов как ООПТ их подчинение: в отличие от заповедников, национальных парков, заказников и памятников природы, подведомственных Минприроды России или региональным природоохранным органам, ботанические сады находятся в ведении Министерства науки и высшего образования РФ и иных непрофильных ведомств (см. табл. 1). С этим напрямую связана особенность государственного надзора: если на территориях заповедников, национальных парков, заказников и памятников природы уже выстроена современная система, при которой государственный контроль (надзор) на них осуществляют государственные инспекторы в области охраны окружающей среды на ООПТ и нарушители несут ответственность именно за нарушение режима ООПТ, то охрану большинства ботанических садов продолжают осуществлять ведомственные сторожевые или охранные службы, сотрудники которых не наделены полномочиями государственных инспекторов (см. табл. 1).

Ряд других особенностей ботанических садов также находит отражение в табл. 1. Так, режим посещения ботанических садов предполагает открытость для посещения как культурно-просветительских объектов, но с жесткими правилами, что отличает их как от строго ограниченного доступа в заповедники, так и от массового туризма в рекреационных зонах национальных парков. Допустимость реконструкции и строительства в ботанических садах не только разрешена, но и необходима для развития коллекций, оранжерей, лабораторий и экскурсионной инфраструктуры, тогда как в заповедниках капитальное строительство строго ограничено. Наконец, режим сбора генетического материала в ботанических садах существенно мягче: если в заповедниках, национальных парках, заказниках и памятниках природы сбор растений запрещен или допускается лишь по специальным разрешениям для научных целей, то в ботанических садах сбор семян и черенков для обмена с другими садами является частью уставной деятельности. Ботанические сады — единственная категория ООПТ, где целенаправленно создаются и поддерживаются искусственные растительные сообщества, проводятся эксперименты по подбору агротехники для культивирования инорайонных растений и где может наблюдаться их миграция в естественные экосистемы, в том числе натурализация. В ботанических садах допустима также коммерческая деятельность, связанная с коллекциями: продажа семян, саженцев, лицензирование сортов и т. п.

Зонирование Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н.А. Аврорина КНЦ РАН.

Зонирование его территории осложнено многочисленными функциями, которые выполняет данное учреждение, к числу основных задач, стоящих перед ним, относятся:

- сохранение природных условий территории для формирования и поддержания специальных коллекций растений в целях сохранения растительного мира и его разнообразия;
- формирование и поддержание специальных коллекций растений и сохранение природных условий территории для сохранения растительного мира и его разнообразия, а также для проведения фундаментальных научных исследований и прикладных разработок;
- формирование и поддержание специальных коллекций растений (включая исчезающие и редкие виды);
- проведение фундаментальных и прикладных научных исследований в области ботаники, интродукции, акклиматизации и охраны растений;
- сохранение естественных экосистем территории в их природном состоянии (in situ);
- осуществление биологического и экологического просвещения населения;
- развитие экологически ответственного туризма и рекреации на территории;
- проведение учебно-педагогической и научно-просветительной работы в области ботаники и охраны природы, растениеводства и селекции, декоративного садоводства и ландшафтной архитектуры.

Ниже представлено описание режима охраны и функционального зонирования каждого из двух кластеров ПАБСИ.

Кировский кластер. За основу настоящего зонирования взята схема, разработанная нами ранее [Давыдов и др., 2021], она подтвердила свою действенность и адекватность при защите территории от основных видов хозяйственной деятельности, которые могут привести к нарушению сохранности флористических объектов, растительных сообществ, природных ландшафтов, коллекций, экспозиций и инфраструктуры ПАБСИ. На схему границ ПАБСИ были нанесены все известные местонахождения

видов, внесенных в Красную книгу Мурманской области [2025] или Российской Федерации [2024] по категориям статуса редкости, определяющим строгость их охраны, в том числе выявленные в период 2019–2025 гг. Были учтены и основные экскурсионные и туристические маршруты, а также сложившиеся места тренировок альпинистов. Выделение функциональных зон проведено с учетом природных, историко-культурных, рекреационно-туристических особенностей территории и типов осуществляемой деятельности.

Разработанное функциональное зонирование предполагает дифференцированный режим особой охраны, который варьируется от полного запрета хозяйственной деятельности и свободного посещения (заповедная зона) до максимально широкого спектра разрешенных видов деятельности (административная зона). Сравнение по ключевым видам деятельности представлено в табл. 2.

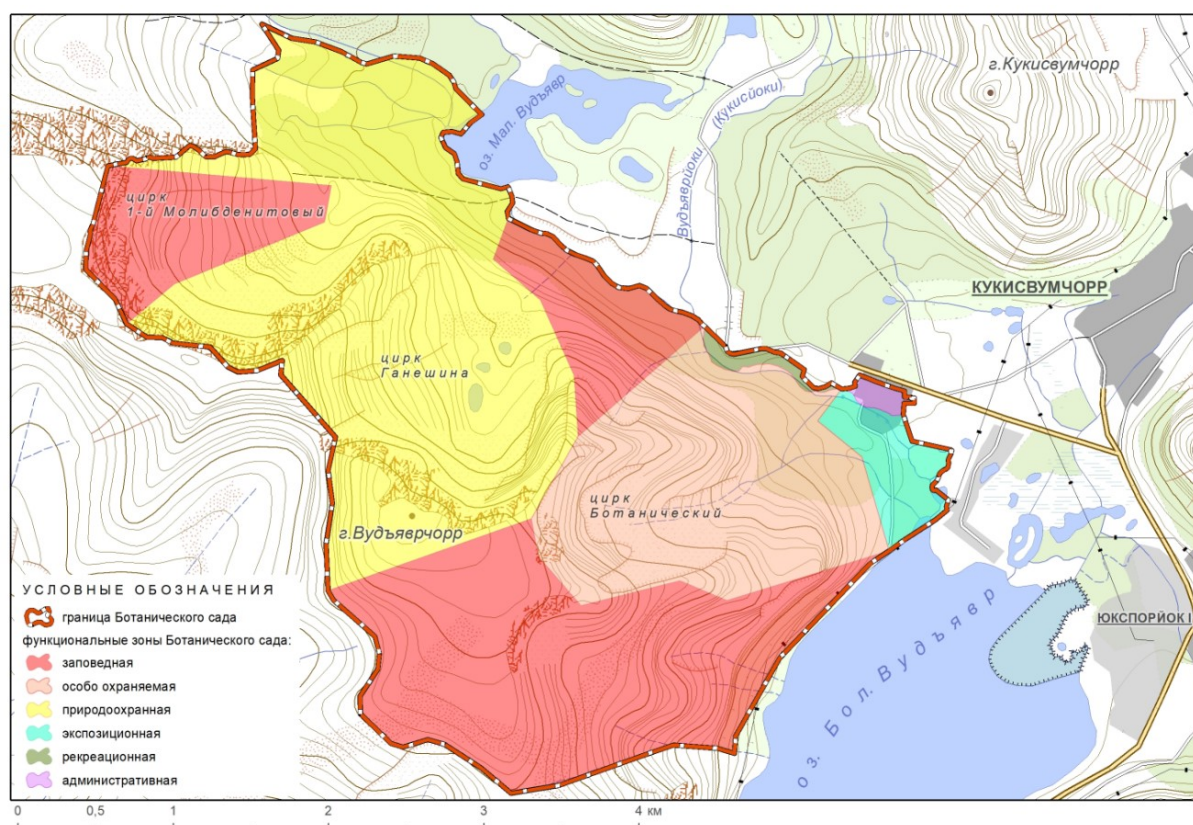


Рис. 2. Схема функционального зонирования Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н.А. Аврорина КНЦ РАН, кировский кластер

Fig. 2. Functional zoning scheme of the N.A. Avrorin Polar-Alpine Botanical Garden-Institute of Kola Science Centre of RAS (Kirovsk cluster)

Данное зонирование [Давыдов и др., 2021] в целом выдержало проверку временем, однако проведенный анализ выявил, что существуют факторы, которые не были учтены ранее. Так, мониторинг нарушений границ ПАБСИ показал, что небольшой участок ранее выделяемой заповедной зоны на левом берегу реки Вудъяврчорр, соседствующий с популярным рекреационным объектом «Снежная деревня», является одним из лидеров по частоте несанкционированного пребывания. Причиной тому является как плохая читаемость границ ПАБСИ в природе, так и отсутствие правовых оснований для их физической (постовой) охраны. Проведенное обследование показало также отсутствие в этой локации видов, занесенных в Красные книги. В результате было принято решение выделить на этом участке рекреационную зону со свободным пребыванием и разместить на ней информационные стенды, рассказывающие о том, что гости находятся на ООПТ.

Ботанический цирк горы Вудъяврчорр исторически является территорией, где специалистами ботанического сада проводятся научные исследования в природных условиях: заложены пробные площади, ведется многолетний мониторинг параметров среды [Shmakova et al., 2025]. В то же время здесь локализованы местообитания ряда редких охраняемых объектов. По этой же территории проходит экотропа с жестко регламентированным посещением исключительно в составе экскурсионных групп. Основываясь на этих факторах, часть заповедной зоны в Ботаническом цирке была переведена в заповедно-экспериментальную.

В результате проведенной работы предложен дифференцированный режим охраны с выделением шести функциональных зон (в порядке возрастания допустимой антропогенной нагрузки): заповедная (зона А), особо охраняемая (Б), природоохранная (В), экспозиционная (Г), административная (Д) и рекреационная (Е) (табл. 2, рис. 2).

Заповедная зона (А) предназначена для сохранения природной среды в естественном состоянии. Посещение и любая хозяйственная деятельность здесь запрещены. Нахождение возможно только по специальному согласованию с администрацией ПАБСИ. Зона охватывает северный, северо-восточный, частично — южный и юго-восточный склоны горы Вудъяврчорр, цирк Ганешина, а также Первый и Второй молибденитовые цирки горы Тахтарвумчорр. Главным критерием ее выделения стали места концентрации редких и краснокнижных видов растений и животных.

Особо охраняемая зона (Б) предназначена для сохранения природной среды в естественном состоянии с возможностью проведения долговременных научных исследований. В ее границах допускается размещение стационарного научного оборудования, проведение научных работ, а также ограниченное посещение в целях биологического и экологического просвещения. Нахождение на ее территории возможно только по предварительному согласованию с администрацией ПАБСИ и в составе групп.

Природоохранная зона (В) включает участки с существующими дорогами, тропами и традиционными туристическими маршрутами. Зона также предназначена для сохранения природной среды в естественном состоянии при допустимом рекреационном использовании. Здесь возможно проведение экскурсий и транзитное посещение в целях природно-познавательного туризма. Передвижение допускается только по существующим дорогам и тропам; сход с них запрещен. Требуется предварительная регистрация на официальном сайте ПАБСИ².

Экспозиционная зона (Г) предназначена для осуществления научной деятельности, биологического и экологического просвещения, а также природно-познавательного туризма. Ключевые объекты: в этой зоне расположено основное достояние ПАБСИ — коллекции живых растений, они представлены в оранжерее тропических и субтропических видов, на питомниках и в экспозициях открытого грунта. В пределах этой зоны проходят основные экскурсионные маршруты ботанического сада. Посещение возможно только в составе экскурсионных групп. Работы по комплексному благоустройству территории в пределах этой зоны должны проводиться с учетом минимизации ущерба лесным насаждениям и окружающей среде. Допускается возведение временных построек (беседок, пунктов хранения инвентаря), информационных стендов, аншлагов, скамеек, навесов от дождя.

При зонировании учитывались не только природоохранные требования (как для ООПТ федерального значения), но и наличие объектов культурного наследия. В пределах данной зоны расположен объект культурного наследия регионального значения «Полярно-альпийский ботанический сад, созданный в 1931 г. при участии академика А. Е. Ферсмана, — главный лабораторный корпус, ботанический сад 1936 г.».».

Административная зона (Д) включает лабораторные здания, тепличный комплекс, хозяйственные постройки и музей, предназначена для обеспечения уставной деятельности ПАБСИ и жизнедеятельности работающих (а также проживающих, при их наличии) на этой территории граждан. В административной зоне установлен минимальный набор ограничений, и здесь разрешен наиболее широкий спектр видов деятельности (табл. 2).

Рекреационная зона (Е) предназначена для свободного пребывания туристов без обязательной регистрации и сопровождения. Здесь допускается прогулочный отдых, фотосъемка, самостоятельное знакомство с природой.

² URL: <https://pabgi.ru/visit>

Таблица 2
Виды запрещенной и разрешенной деятельности на территории Полярно-альпийского ботанического сада-института
Types of prohibited and permitted activities on the territory of the Polar-Alpine Botanical Garden-Institute

Вид деятельности	Кировский кластер						Апатитский кластер
	А	Б	В	Г	Д	Е	
Проведение геологоразведочных работ, поиск и добыча полезных ископаемых	×	×	×	×	×	×	×
Выделение и предоставление земельных участков из состава земель ПАБСИ	×	×	×	×	×	×	×
Предоставление земельных участков для ведения садоводства, огородничества, индивидуального гаражного или индивидуального жилищного строительства	×	×	×	×	×	×	×
Изменение гидрологического режима, за исключением работ, связанных с функционированием ПАБСИ	×	×	×	×	×	×	×
Засорение и загрязнение водных объектов	×	×	×	×	×	×	×
Сбор любых растений, их частей и семян, кроме проводимого в научных и производственных целях в соответствии с научными задачами ПАБСИ	×	×	×	×	×	×	×
Разведение костров, пускание палов, выжигание растительности	×	×	×	×	×	×	×
Нахождение с огнестрельным, пневматическим и метательным оружием, в том числе с охотничьим огнестрельным оружием в собранном и разобранном виде, капканами и другими орудиями охоты, а также с продукцией добычания объектов животного мира и орудиями добычи (вылова) водных биоресурсов, кроме случаев, связанных с проведением мероприятий по государственному надзору в области охраны и использования территории ПАБСИ уполномоченными должностными лицами	×	×	×	×	×	×	×
Купание в водоемах	×	×	×	×	×	×	×
Уничтожение и повреждение аншлагов, шлагбаумов, стенов, граничных столбов, других информационных знаков и указателей оборудованных экологических троп и мест отдыха, объектов садово-парковой архитектуры, строений, сооружений и иного имущества ПАБСИ	×	×	×	×	×	×	×
Строительство автомобильных дорог, трубопроводов, ЛЭП и других линейных объектов, кроме случаев связанных с функционированием ПАБСИ	×	×	×	×	+	×	×
Нанесение ущерба природным ландшафтам, растительным сообществам и коллекциям живых растений	×	×	×	×	×	×	×
Распашка земель и любые работы, связанные с уничтожением/перемещением почвенного покрова	×	×	×	+1	+1	×	+1
Рубка леса, кроме рубок ухода и санитарных рубок	×	×	×	+1	+1	×	+1
Повреждение деревьев и кустарников, заготовка древесины	×	×	×	×	×	×	×

Окончание таблицы 2

Вид деятельности	Кировский кластер						Апатитский кластер
	А	Б	В	Г	Д	Е	
Применение химических средств защиты растений	×	×	×	+1	+	×	+1
Засорение и загрязнение территории	×	×	×	×	×	×	×
Размещение (хранение) любых видов отходов	×	×	×	+1	+1	×	+1
Засорение и загрязнение водных объектов (в том числе мойка механических транспортных средств)	×	×	×	×	+1	×	×
Промысловая, спортивная и любительская охота	×	×	×	×	×	×	×
Научные исследования без стационарного оборудования	+2	+	+	+	+	+	+
Научные исследования с размещением стационарного научного оборудования	×	+	×	+	+	×	+
Формирование и поддержание коллекций растений	×	×	×	+	+	×	+
Свободное пребывание без регистрации	×	×	×	×	×	+	×
Пребывание с предварительной регистрацией	+2	+2	+	×	×	×	+
Природно-познавательный туризм (посещение в составе экскурсионных групп)	×	+3	+4	+3	+3	×	+
Сбор грибов и ягод для собственных нужд	×	×	×	×	×	+	+
Строительство капитальных объектов	×	×	×	+5	+5	×	+5
Строительство временных/некапитальных сооружений	×	×	+4	+	+	+2	+
Благоустройство (скамейки, стенды)	×	×	+4	+	+	+	+
Любая хозяйственная деятельность	×	×	×	+1	+	+	+1
Противопожарные мероприятия	+	+	+	+	+	+	+
Пешее передвижение вне дорог/троп	×	×	×	×	×	+	+
Пешее передвижение по дорогам/ тропам	×	+4	+4	+	+	+	+
Движение механизированного транспорта	× ⁶	× ⁶	× ⁶	+1,6	+	× ⁶	+
Свободный доступ	×	×	×	×	× ²	+	× ²

Примечания. 1. Кировский кластер: А — заповедная зона, Б — особо охраняемая зона, В — природоохранная зона, Г — экспозиционная зона, Д — административная зона, Е — рекреационная зона.
2. Апатитский кластер: Ж — научно-экспозиционная зона.
3. Виды деятельности: «+» — разрешенный, «×» — запрещенный; ¹ — проведение работ, связанных с функционированием ПАБСИ; ² — по решению администрации ПАБСИ; ³ — с сопровождением; ⁴ — по утвержденным маршрутам; ⁵ — в пределах указанных параметров; ⁶ — кроме спецслужб.

Апатитский кластер, в отличие от кировского, здесь нет объектов культурного наследия, поэтому его зонирование регулируется исключительно положением об ООПТ и фокусируется на сохранении коллекционного фонда и проведении агротехнических работ.

В кластере выделена лишь одна зона — экспозиционная (Ж) (табл. 2, рис. 3), где разрешены: научные исследования, экопросвещение, природоохранные и противопожарные мероприятия, лесо- и землеустроительные работы, поддержание коллекции растений, обустройство экскурсионных маршрутов и мест отдыха, строительство и реконструкция смотровых площадок, мест отдыха, благоустройство территории.

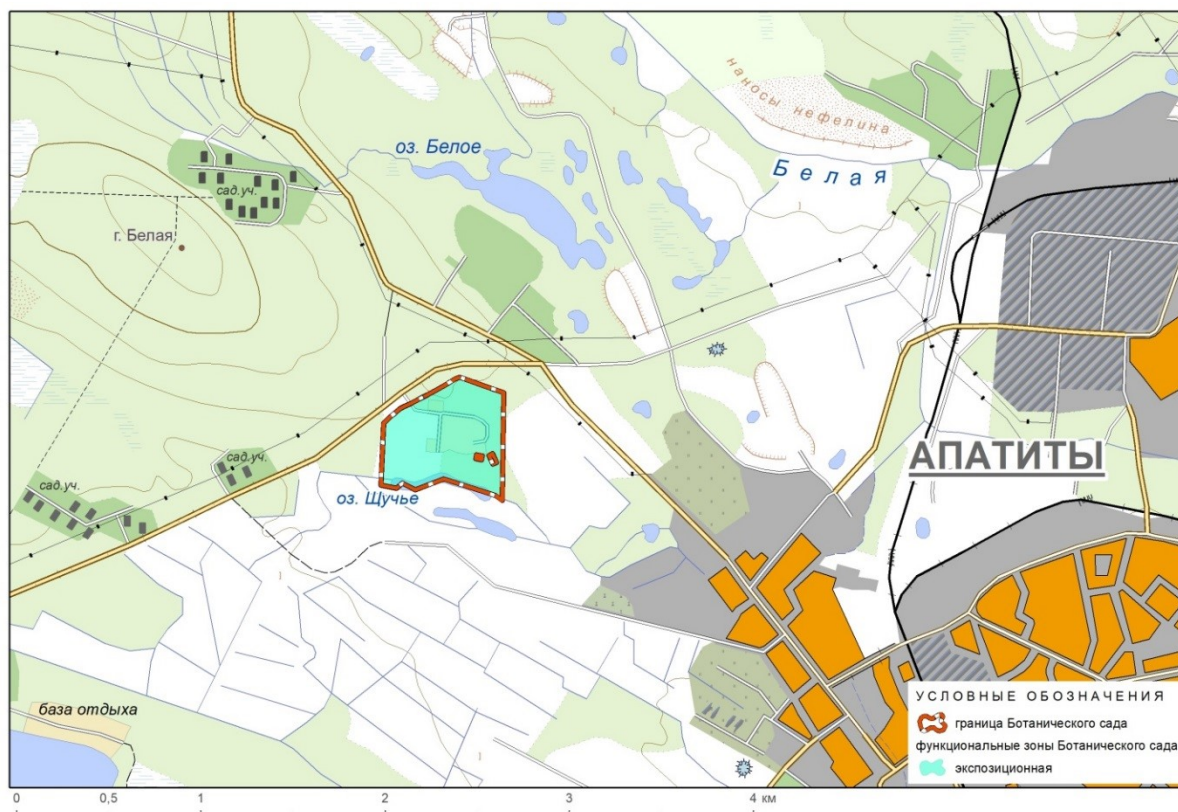


Рис. 3. Схема функционального зонирования Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н.А. Аврорина КНЦ РАН, апатитский кластер

Fig. 3. Functional zoning scheme of the N.A. Avrorin Polar-Alpine Botanical Garden-Institute of Kola Science Centre of RAS, Apatity cluster

Обсуждение

Стратегия ботанических садов по сохранению биологического разнообразия [The Botanic..., 1989] предопределяет их деятельность в сохранении редких видов растений *in situ*. Для этого необходимо оценивать состояние местообитаний видов, проводить выявление новых мест их произрастания и управлять охраняемыми территориями. Помимо функций охраны, на ботанические сады также возложены следующие задачи: расширение *ex situ* коллекций местных видов и их размножение для дальнейшего использования в восстановлении деградированных территорий; предотвращение угрозы видам дикой флоры; повышение общественной осведомленности о важности флоры [Global..., 2025].

Сочетание в выполнении этих задач возможно только при условии функционального разделения территории. Зонирование территории ПАБСИ основывается на современном состоянии знаний о распространении редких видов, существующих рекреационных потоках и хозяйственной активности.

При изменении этих условий (в частности, при выявлении новых местонахождений охраняемых видов или при увеличении туристической нагрузки) возможно уточнение границ зон путем внесения изменений в Положение об ООПТ в установленном порядке.

Представленное зонирование позволяет, с одной стороны, обеспечить строгую охрану наиболее ценных природных участков (местообитания охраняемых видов, эталонные экосистемы), с другой — создать правовую основу для развития научной, просветительской и рекреационной деятельности ПАБСИ в соответствии с его уставными задачами.

Накопленный за последние годы (2019–2025) опыт выявил необходимость уточнить и дополнить предыдущий вариант зонирования [Давыдов и др., 2021] по следующим причинам.

Во-первых, потребовалось разделить функции, ранее возложенные на единую заповедную зону: в исходной концепции она предполагала полный запрет хозяйственной деятельности и свободного посещения, но при этом не делала различий между участками, предназначенными исключительно для пассивной охраны, и участками, где допустимо проведение долговременных научных исследований с размещением стационарного оборудования. В настоящей работе заповедная зона сохранена в своем наиболее строгом варианте, а для участков, требующих как сохранения природной среды, так и возможности ведения мониторинговых исследований, выделена новая — особо охраняемая зона. Это позволило легализовать размещение стационарного научного оборудования (метеостанций, пробных площадей, автоматических регистраторов параметров среды, лизиметров) и проведение мониторинговых измерений без нарушения режима особой охраны. Кроме того, критически важно разрабатывать подходы управления малыми популяциями редких видов растений. Организация особо охраняемой зоны необходима для долгосрочного мониторинга и исследований таких малочисленных популяций.

Во-вторых, возникла необходимость в зоне свободного рекреационного использования без обязательной регистрации и сопровождения. В предыдущей концепции все формы туризма были либо ограничены рамками особо охраняемой зоны (транзитное посещение по тропам с регистрацией), либо требовали сопровождения сотрудника (научно-экспозиционная зона). Однако практика показала, что часть посетителей (лыжники, самостоятельные туристы) не всегда может/желает регистрироваться, что порождало несанкционированные заходы на охраняемые участки. В ответ на это в настоящей работе выделена рекреационная зона, где разрешено свободное пребывание без регистрации, а также размещение временных элементов благоустройства, при этом капитальное строительство в ней по-прежнему запрещено, что отличает ее от административной зоны.

В-третьих, уточнен режим и границы особо охраняемой зоны. В предыдущей концепции эта зона была описана как территория, предназначенная для сохранения природной среды в естественном состоянии с возможностью проведения экскурсий и транзитного посещения, однако не были четко прописаны требования к регистрации посетителей и запрет на сход с установленных маршрутов. В настоящем зонировании эти пробелы устранены: введена обязательная предварительная регистрация на сайте ПАБСИ, закреплен запрет на передвижение вне дорог и троп, а также исключена возможность строительства любых объектов (за исключением обустройства экотроп).

Предлагаемое функциональное зонирование предполагает определенную гибкость управления: так, предусмотренная Положением о ПАБСИ возможность изменения границ зон (в частности, расширения заповедной зоны или перевода ее частей в заповедно-экспериментальную) создает механизм адаптации к изменению природоохранных приоритетов. Настоящее зонирование приближает режим управления ПАБСИ к рекомендациям МСОП (IUCN) для ботанических садов, сочетающих функции *in situ* и *ex situ* сохранения биоразнообразия.

Уточнение в зонировании в значительной степени учитывает результаты социологического опроса жителей Кировско-Апатитского района [Давыдова, Давыдов, 2023], выявившего запрос на развитие туристической инфраструктуры (рекреационная и научно-экспозиционная зоны допускают обустройство маршрутов, смотровых площадок, мест отдыха, временных построек), просветительскую деятельность (экскурсии разрешены в зонах Е, Б, В, Г с разной степенью регламентации), взаимодействие с учеными — научно-экспозиционная зона предусматривает контакты посетителей с сотрудниками.

В то же время следует обратить внимание и на существующие ограничения. Как показали исследования [Cerini et al., 2025], эффективность зонирования редко оценивается систематически, поэтому для достоверной оценки необходимо ввести ежегодный мониторинг состояния растительных сообществ и рекреационной нагрузки с корректировкой границ зон при необходимости. Границы зон на местности слабо маркированы, требуется масштабная установка информационных стендов и аншлагов. В условиях отсутствия штата государственных инспекторов соблюдение режима будет зависеть от добросовестности посетителей и просветительской работы, что недостаточно для пресечения серьезных нарушений.

Четвертое изменение касается апатитского кластера: ранее для него зонирование не разрабатывалось вовсе (он рассматривался как единая экспериментальная территория без внутренней дифференциации). В настоящей работе впервые предложено выделить на его территории единую научно-экспозиционную зону, что позволило унифицировать правовой режим и включить этот кластер в систему функционального зонирования ПАБСИ.

Предлагаемое зонирование ПАБСИ отражает эволюцию природоохранных подходов: от концепции М. Маундера [Mauder, 1994] «от образца к управлению местообитаниями» до стратегических задач Куньмин-Монреальской рамочной программы сохранения биоразнообразия [Convention..., 2022]. Выделение зон с различными режимами охраны позволяет перейти от пассивного содержания коллекций к активному, экосистемному сохранению редких видов. Такой подход является ключевым для выполнения современных глобальных задач по сохранению экологической целостности территорий и предотвращению антропогенного вымирания видов.

Заключение

Ботанические сады занимают особое место в системе особо охраняемых природных территорий Российской Федерации. Сочетая функции научного института, биологической коллекции растений мирового значения *ex situ* и природоохранной территории *in situ*, они требуют дифференцированного подхода к режиму охраны и функциональному зонированию, отличного от заповедников или национальных парков.

В результате работы предложены уточненные схемы зонирования для двух кластеров Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н.А. Аврорина КНЦ РАН. Для Кировского кластера разработана функциональная схема, включающая заповедную, особо охраняемую, природоохранную, научно-экспозиционную, административную и рекреационную зоны. Новизной является выделение заповедно-экспериментальной зоны для легитимации долгосрочных научных исследований в природных условиях, а также рекреационной зоны на границе со сторонними туристическими объектами, так как это позволяет канализировать рекреационный поток и минимизировать антропогенную нагрузку на ценные фитоценозы и коллекции.

Для апатитского кластера впервые предложено зонирование в рамках единой научно-экспозиционной зоны, что обусловлено спецификой участка: преобладанием искусственно созданных коллекций древесных растений, отсутствием зарегистрированных объектов культурного наследия и приоритетом агротехнических и интродукционных работ над природоохранными задачами *in situ*.

Разработанные режимы охраны учитывают имеющиеся угрозы, местонахождение редких видов, включенных в Красные книги РФ и Мурманской области, существующие туристические и альпинистские маршруты, места спортивной рекреации, а также объекты культурного наследия. Предложенное зонирование уже используется при разработке планов развития ПАБСИ, согласовании градостроительной документации муниципальных образований городов Кировска и Апатиты, а также при организации природно-познавательного туризма. Дальнейшее совершенствование режима охраны целесообразно связать с внедрением системы адаптивного управления на основе мониторинга эффективности зонирования и с оценкой рекреационной дигрессии на наиболее посещаемых участках ПАБСИ.

В целом новое функциональное зонирование обеспечивает сохранение всех выявленных на территории ПАБСИ и внесенных в Красную книгу Мурманской области [2025] видов (7 видов лишайников, 13 мохообразных, 15 сосудистых растений).

Дифференцированный подход к функциональному зонированию позволяет Полярно-альпийскому ботаническому саду-институту эффективно совмещать сохранение природной флоры и растительности, проведение фундаментальных исследований, экологическое просвещение и устойчивое использование территории в интересах науки и общества.

Список источников

- Аврорин Н. А. Полярно-альпийский ботанический сад Академии наук // Путеводитель по Хибинским тундрам. Л.: Изд-во АН СССР, 1932. С. 107–112.
- Андреев Г. Н., Казаков Л. А., Кислых Е. Е., Козупеева Т. А., Филиппова Л. Н., Шляков Р. Н. Полярно-альпийский ботанический сад: путеводитель. Мурманск: Кн. изд-во, 1982. 72 с.
- Боровичев Е. А., Виравчева Л. Л., Гончарова О. А., Давыдов Д. А., Иванова Л. А., Королёва Н. Е. Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н. А. Аврорина. Путеводитель. 2021. 74 с. <https://doi.org/10.37614/978.5.4386.2041.9>
- Давыдов Д. А., Боровичев Е. А., Петрова О. В. Концепция зонирования ООПТ Полярно-Альпийский ботанический сад-институт в целях охраны редких видов и развития туризма // Интеркарто. Интергис. 2021. Т. 27, №. 3. С. 312–322. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2021-3-27-312-322>
- Давыдова А. С., Давыдов Д. А. Полярно-альпийский ботанический сад-институт как особо охраняемая природная территория и место для развития туризма: представления жителей Кировско-Апатитского района // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2023. № 1. С. 133–149. <https://doi.org/10.37614/2220-802X.1.2023.79.009>
- Красная книга Мурманской области: [спец. изд.]. Изд. 3-е, перераб. и доп. / отв. ред. Е. А. Боровичёв [и др.]. М.: Офорт, 2025. 604 с.
- Красная книга Российской Федерации. Растения и грибы / Министерство природных ресурсов и экологии РФ; отв. ред.: д-р биол. наук Д. В. Гельтман. 2-е офиц. изд. М.: ВНИИ «Экология», 2024. 944 с.
- Шулина М. В., Боровичёв Е. А. Природный парк «Териберка»: пути развития по мнению посетителей Арктического фестиваля 2022 года // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2025. № 2. С. 184–198. <https://doi.org/10.37614/2220-802X.2.2025.88.012>
- Cerini F., Chiatante G., Chiocchio A., Mazza V., Piovesan G., Chiarucci A., Musiani M., Milazzo M., Maiorano L., Rondinini C., Canestrelli D. Are We Zoning out? Biases in the Assessment of Protected Area Zoning and a Blueprint for a Way Forward // One Earth. 2025. Vol. 8 (9). 101377. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2025.101377>
- Convention on Biological Diversity (CBD). Decision 15/4: Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework. Montreal, 2022.
- Geneletti D., Van Duren I. Protected Area Zoning for Conservation and Use: A Combination of Spatial Multicriteria and Multiobjective Evaluation // Landscape and Urban Planning. 2008. Vol. 85 (2). P. 97–110. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.10.004>
- Global Partnership for Plant Conservation // The Global Strategy for Plant Conservation 2020–2030, Botanic Gardens Conservation International (BGCI). UK, London, 2025. 46 p.
- Maunder M. Botanic gardens: Future challenges and responsibilities // Biodivers. Conserv. 1994. Vol. 3. P. 97–103. <https://doi.org/10.1007/BF02291879>
- Shmakova N. Y., Ermolaeva O. V., Kopeina E. I., Litvinova T. I., Poloshevets T. V., Davydov D. A. Phytomass and organic carbon stocks in the mountain tundra communities of the Khibiny Mountains, Murmansk Region, Russia // Czech Polar Reports. 2025. Vol. 15, No. 2. P. 258–284. <https://doi.org/10.5817/CPR2025-2-16>
- The Botanic Gardens Conservation Strategy / IUCN Botanic Gardens Secretariat, in association with WWF International, Gland, Switzerland and Kew, UK, 1989. 77 p.

References

- Andreev G. N., Kazakov L. A., Kislyh E. E., Kozupееva T. A., Filippova L. N., Shlyakov R. N. *Polyarno-al'pijskij botanicheskij sad: Putevoditel'* [Polar-Alpine Botanical Garden: Guide]. Murmansk, Knizhnoe izdatel'stvo, 1982, 72 p.
- Avrorin N. A. *Polyarno-al'pijskij botanicheskij sad Akademii nauk* [Polar-Alpine Botanical Garden of the Academy of Sciences]. *Putevoditel' po Hibinskim tundram* [Guide to the Khibiny tundra]. Leningrad, izd-vo Akademii nauk SSSR, 1932, pp. 107–112. (In Russ.).
- Borovichyev E. A., Polikarpova N. V., Konstantinova N. A., Makarova O. A. (otv. red.) *Krasnaya kniga Murmanskoj oblasti* [The Red Book of the Murmansk region]. Moskva, Ofort, 2025, 604 p.
- Borovichyev E. A., Viracheva L. L., Goncharova O. A., Davydov D. A., Ivanova L. A., Koroleva N. E., Melekhin A. V. *Polyarno-al'pijskij botanicheskij sad-institut im. N.A. Avrorina. Putevoditel'* [Polar-Alpine Botanical Garden-Institute named after N.A. Avrorin. Travel Guide]. 2021, 74 p. <https://doi.org/10.37614/978.5.4386.2041.9>

- Cerini F., Chiatante G., Chiochio A., Mazza V., Piovesan G., Chiarucci A., Musiani M., Milazzo M., Maiorano L., Rondinini C., Canestrelli D. Are We Zoning out? Biases in the Assessment of Protected Area Zoning and a Blueprint for a Way Forward. *One Earth*. 2025. Vol. 8 (9). 101377. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2025.101377>
- Convention on Biological Diversity (CBD). Decision 15/4: Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework. Montreal, 2022.
- Davydov D., Borovichev E., Petrova O. Konceptiya zonirovaniya OOPT Polyarno-Al'pijskij botanicheskij sad-institut v celyax ohrany` redkix vidov i razvitiya turizma [A zoning concept of Polar-alpine botanical garden-institute as Protected area for nature conservation and tourism development]. *Interkarto. Intergis* [InterCarto. InterGIS], 2021, Vol. 27, No. 3, pp. 312–323. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2021-3-27-312-322> (In Russ.).
- Davydova A. S., Davydov D. A. Polyarno-al'pijskij botanicheskij sad-institut kak osobo ohranyaemaya prirodnyaya territoriya i mesto dlya razvitiya turizma: predstavleniya zhitelej Kirovsko-Apatitskogo rajona [The Polar-Alpine Botanic Garden-Institute as special protection area and a place with potential for tourism development: visions of Kirovsk and Apatity citizens]. *Sever i rynek: formirovanie ekonomicheskogo porjadka* [The North and the Market: Forming the Economic Order], 2023, No. 1, pp. 133–149. <https://doi.org/10.37614/2220-802X.1.2023.79.009> (In Russ.).
- Gel'tman D. V. (otv. red.) *Krasnaya kniga Rossijskoj Federacii. Rasteniya i griby* [The Red Book of the Russian Federation. Plants and fungi]. Moskva, VNII "Ekologiya", 2024, 944 p.
- Geneletti D., Van Duren I. Protected Area Zoning for Conservation and Use: A Combination of Spatial Multicriteria and Multiobjective Evaluation. *Landscape and Urban Planning*, 2008, Vol. 85 (2), pp. 97–110. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.10.004>
- Global Partnership for Plant Conservation. The Global Strategy for Plant Conservation 2020–2030, Botanic Gardens Conservation International (BGCI). London, 2025, 46 p.
- Maunder M. Botanic gardens: Future challenges and responsibilities. *Biodivers. Conserv.*, 1994, Vol. 3, pp. 97–103. <https://doi.org/10.1007/BF02291879>
- Shmakova N. Y., Ermolaeva O. V., Kopeina E. I., Litvinova T. I., Poloshevets T. V., Davydov D. A. Phytomass and organic carbon stocks in the mountain tundra communities of the Khibiny Mountains, Murmansk Region, Russia. *Czech Polar Reports*, 2025, Vol. 15, No. 2, pp. 258–284. <https://doi.org/10.5817/CPR2025-2-16>
- Shulina M. V., Borovichev E. A. Prirodnyj park «Teriberka»: puti razvitija po mneniju posetitelej Arkticheskogo festivalja 2022 goda [Teriberka Nature Park: Development Paths According to Visitors to the 2022 Arctic Festival]. *Sever i rynek: formirovanie ekonomicheskogo porjadka* [The North and the Market: Forming the Economic Order], 2025, No. 2, pp. 184–198. <https://doi.org/10.37614/2220-802X.2.2025.88.012> (In Russ.).
- The Botanic Gardens Conservation Strategy, IUCN Botanic Gardens Secretariat, in association with WWF International, Gland, Switzerland and Kew, UK, 1989, 77 p.

Информация об авторах

Е. А. Боровичев — кандидат биологических наук, директор;
Д. А. Давыдов — доктор биологических наук, заместитель директора по научной работе;
В. Н. Петров — инженер лаборатории флоры и растительных ресурсов;
О. В. Петрова — руководитель отдела научно-просветительской деятельности и рекреационного развития территории.

Information about the authors

E. A. Borovichev — PhD (Biology), Director;
D. A. Davydov — Dr Sc (Biology), Deputy Director for Research;
V. N. Petrov — Engineer of Flora and Plant Resources Laboratory;
O. V. Petrova — Head of the Department of Scientific, Educational Activities and Recreational Development of the Territory.

Статья поступила в редакцию 15.07.2026; одобрена после рецензирования 15.09.2026; принята к публикации 19.09.2026.
The article was submitted 15.07.2026; approved after reviewing 15.09.2026; accepted for publication 19.09.2026.

Научная статья
УДК 908 (470.21)
doi:10.37614/2949-1185.2026.5.3.013

ПОЛЯРНО-АЛЬПИЙСКИЙ БОТАНИЧЕСКИЙ САД-ИНСТИТУТ В ОЦЕНКАХ ТУРИСТОВ

Алена Сергеевна Давыдова

Центр гуманитарных исследований КНЦ РАН, Апатиты, Россия

a.davidova@ksc.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7967-5953>

Аннотация

Статья посвящена анализу Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н.А. Аврорина КНЦ РАН (ПАБСИ) как элемента досуговой туристической инфраструктуры Мурманской области. На основе опроса 720 посетителей (2024 г.) решаются три задачи: определение туристического профиля и мотивации гостей; оценка объектов досуговой инфраструктуры Кировско-Апатитского района; анализ ценовой чувствительности и сувенирных предпочтений. Научная новизна работы заключается в эмпирическом обосновании моделей досугового поведения применительно к специфическим арктическим дестинациям — аспект, который ранее оставался вне фокуса социологических исследований Мурманской области. Эмпирические данные свидетельствуют в пользу модели ПАБСИ как «гибридной дестинации», сочетающей научно-исследовательские и туристические функции. Установлена умеренная связь между типом туризма и мотивацией посещения ($V = 0,31$), что указывает на дифференциацию аудитории и возможность гибкой адаптации туристического предложения. Выявлены три ведущих запроса на развитие: живые полярные совы (41,2 %); арктический фестиваль (21,9 %); веревочный парк (17,2 %). Ценовой фактор является определяющим при выборе сувениров (25 % респондентов), а предпочтительный ценовой сегмент составляет 200–500 рублей. Полученные результаты позволяют сформулировать практические рекомендации по развитию событийной составляющей, адаптации маршрутов под различные туристические профили, оптимизации сувенирной политики. При разработке стратегии развития ПАБСИ рекомендуется учитывать его статус как гибридной дестинации, сочетающей научно-исследовательское и туристическое направления.

Ключевые слова:

арктический туризм, Мурманская область, ботанический сад, гибридная дестинация, оценки туристов

Благодарности

Статья подготовлена в рамках государственного задания ФИЦ КНЦ РАН по теме научно-исследовательской работы № FMEZ-2024-0002 и профинансирована из федерального бюджета.

Для цитирования:

Давыдова А. С. Полярно-альпийский ботанический сад-институт в оценках туристов // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Естественные и гуманитарные науки. 2026. Т. 5, № 3. С. 171–184. doi:10.37614/2949-1185.2026.5.3.013

Original article

THE POLAR-ALPINE BOTANICAL GARDEN-INSTITUTE IN TOURIST ASSESSMENTS

Alena S. Davydova

Centre of the Humanities Research of the Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences, Apatity, Russia

a.davidova@ksc.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7967-5953>

Abstract

The article examines the Polar-Alpine Botanical Garden-Institute named after N.A. Avrorin of the Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences (PABSI) as a component of the leisure-oriented tourism infrastructure in the Murmansk Region. Based on a survey of 720 visitors conducted in 2024, the study addresses three key objectives: identifying tourist profiles and motivations; assessing the leisure infrastructure facilities in the Kirovsk-Apatity district; and analysing price sensitivity and souvenir preferences. The scientific novelty of the work lies in empirically substantiating leisure behaviour models in specific Arctic destinations — an aspect that has previously remained outside the scope of sociological research in the Murmansk Region. The empirical findings support the model of PABSI as a "hybrid destination" combining research and tourism functions. A moderate association was found between tourism type and visit motivation ($V = 0.31$), indicating audience differentiation and the potential for flexible adaptation of the tourist offer. Three leading demands for future development were identified: live polar owls (41.2 %); an open-air Arctic festival (21.9 %); and a rope park (17.2 %). Price proved to be the decisive factor in souvenir choice (25 % of respondents), with the most preferred price segment ranging from 200 to 500 RUB. The obtained results enable the formulation of practical recommendations for enhancing event-based programming;

adapting tourist routes to various visitor profiles; and optimising souvenir policies. When developing a strategy for the future of the botanical garden, its status as a hybrid destination combining research and tourism functions should be taken into account.

Keywords:

Arctic tourism, Murmansk region, botanical garden, hybrid destination, tourist assessments

Acknowledgments

The article was supported by the federal budget to carry out the state task of the Federal Research Centre “Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences” No. FMEZ-2024-0002.

For citation:

Davydova A. S. The Polar-Alpine Botanical Garden-Institute in Tourist Assessments // Transactions of the Kola Science Centre. Series: Natural Sciences and Humanities. 2026. Vol. 5, No. 3. P. 171–184. doi:10.37614/2949-1185.2026.5.3.013

Введение

Арктическая зона Российской Федерации и Мурманская область в частности представляют собой уникальный регион, характеризующийся сочетанием суровых климатических условий, богатого природного и культурного наследия, а также стремительно развивающегося туристического сектора. Неудивительно, что в последние годы интерес к этой туристической дестинации существенно возрос. В 2025 г. Мурманскую область посетило 800 тыс. туристов, что более чем в два раза превышает показатель 2015 г.¹, когда было зарегистрировано 305,4 тыс. человек. Это свидетельствует о стабильно высоком спросе на туризм, ведь область с ее уникальными ландшафтами, возможностью наблюдения за северным сиянием, развитой горнолыжной индустрией, а также богатым культурным наследием обладает значительным потенциалом для развития различных видов туризма [Белевских, Иванова, 2018; Желнина, 2022; Желнина и др., 2023; Давыдова, 2025]. Однако эффективность реализации этого потенциала во многом зависит от уровня развития и качества туристической инфраструктуры, которая должна соответствовать ожиданиям и потребностям современных туристов.

Одним из наиболее заметных трендов в этой сфере стало вовлечение в туристическую индустрию объектов, изначально создававшихся для научных и природоохранных целей. Речь идет о национальных парках, заповедниках с экологическими тропами, музеях-заповедниках, которые долгое время выполняли роль хранилищ научных знаний и центров сохранения редких видов растений и животных, но в последние годы всё активнее становятся частью досугового ландшафта региона.

Из обозначенных институций наибольшими возможностями для интеграции в туристическую сферу обладают ботанические сады, поскольку они наиболее полно сочетают научные, образовательные, рекреационные и эстетические функции в рамках одной территории. Включение таких объектов в туристическую индустрию не только способствует развитию региональной экономики и повышению образовательного уровня населения, но и играет важную роль в сохранении природного наследия и популяризации экологической культуры, что делает их перспективным направлением для устойчивого развития территорий [Кузеванов, Сизых, 2010; Кузеванов, 2017].

В Российской Арктике действует лишь один подобный объект — Полярно-альпийский ботанический сад имени Н.А. Аврорина КНЦ РАН (ПАБСИ), являющийся важной частью культурного ландшафта не только города Кировска, но и Мурманской области в целом. С момента создания в 1931 г. сад функционирует как заповедник естественной растительности, а сегодня это арктический биоресурсный центр, развивающий коллекционный фонд и уделяющий особое внимание редким и биологически ценным видам растений [Давыдов и др., 2021].

С недавнего времени в задачи ПАБСИ также вошло регулирование туристической деятельности с учетом минимизации антропогенного воздействия. В соответствии со стратегией устойчивого развития в туризме было проведено исследование мнений местного населения о развитии туризма в ботаническом саду. Результаты показали, что просветительская деятельность, проводимая им, оказывает значительное влияние на экологическое образование населения и является важной частью

¹ Главная/Документы/Статистические данные // Министерство туризма и предпринимательства Мурманской области: [офиц. сайт]. URL: <https://tourism.gov-murman.ru/documents/statisticheskie-dannye/> (дата обращения: 04.06.2026).

историко-культурного ландшафта области. Кроме того, мнения и представления горожан позволили сделать выводы о необходимости развития туристического и рекреационного потенциала ПАБСИ. Наибольший интерес проявился к его научно-исследовательской деятельности. Многие опрошенные отмечали, что возможность консолидации населения и ученых, погружения в мир науки и получения более глубоких знаний о природе сделала бы организацию более привлекательной не только для туристов, но и для местного населения [Давыдова, Давыдов, 2023]. В результате в саду появился новый продукт, получивший широкое признание со стороны гостей региона, — экскурсии, которые проводят ученые.

Накопленный опыт функционирования ботанического сада в составе туристической инфраструктуры и выявленные запросы местных жителей определяют необходимость комплексного подхода к совершенствованию его деятельности. Ключевая задача управленческого аппарата — разработка стратегии, обеспечивающей баланс между сохранением научно-образовательной функции сада и растущими запросами гостей. Для того чтобы планирование дальнейшего развития опиралось на эмпирические данные, необходимо провести опрос посетителей ПАБСИ, который позволит: определить тип туризма, с которым гости соотносят свои путешествия и причины их визита; выявить оценку объектов досуговой инфраструктуры Кировско-Апатитского района; оценить чувствительность посетителей к ценам и их предпочтения в выборе сувенирной продукции.

Следует отметить, что, несмотря на практическую значимость подобных исследований, тематика изучения ботанических садов как туристических центров в арктических регионах остается на периферии научного внимания. Восполняя этот научный пробел, настоящее исследование не только дает оценку ПАБСИ как туристической локации, но и выходит на более широкий уровень научного обобщения. Научная новизна работы заключается в эмпирическом обосновании моделей досугового поведения применительно к специфическим арктическим дестинациям, что ранее оставалось вне фокуса социологических исследований Мурманской области.

Теоретические основания: туристический опыт и гибридные дестинации

В своей работе «Турист: новая теория досугового класса» Д. Макканнелл выдвигает идею, что мотивы, побуждающие людей отправляться в путешествия, лежат не в плоскости праздного времяпрепровождения или мимолетных знакомств, а имеют более глубокую природу [MacCannell, 1999]. Автор предлагает воспринимать туриста как своеобразного толкователя современной реальности, ведь поездка представляет собой коллективное стремление соединить наполненный смыслом, но одновременно все более противоречивый и раздробленный мир. Такое положение дел объясняется тем, что современное общество находится в состоянии структурного расслоения: привычные ориентиры, которые раньше задавали четкие рамки (например, социальный статус, род занятий, принадлежность к определенной этнической группе), сегодня утрачивают свою однозначность и становятся подвижными. Макканнелл подчеркивает: простые парные противопоставления в духе «рабочий — владелец предприятия» больше не помогают человеку осознать собственное «я». Именно это многообразие различий подталкивает нас к путешествиям — чтобы оказаться в определенных идеализированных уголках, которые воспринимаются как средоточие подлинных черт иных культур или мифического прошлого. Помимо чувства игры, которое нередко оживляет туристическую деятельность, сам процесс перемещения помогает современному человеку выстраивать целостность восприятия себя и мира на основе разнообразного опыта: находясь в роли туриста, индивид обретает способность самостоятельно определять направление и траекторию своих перемещений.

Независимо от разновидности туризма, каждый путешественник отправляется в дорогу, имея определенный набор надежд и представлений, сложившийся под влиянием разнообразных источников [Skinner, 2011]. Значительная часть этих предварительных сведений позволяет снизить уровень неопределенности и минимизировать вероятность попадания в некомфортную или опасную обстановку. В то же время подобную информацию можно воспринимать как своего рода механизм управления, который направляет туристический опыт по заранее установленным сценариям. Туристические территории, изолированные от повседневной реальности, в равной степени являются

как плодом воображения, так и результатом целенаправленного мифотворчества. С разными точками земного шара связаны определенные представления: у каждого направления формируется уникальный набор ассоциаций и ожиданий. Именно эти образы могут стать определяющими факторами туристического спроса: путешественники выбирают не просто географическую точку, а тот смысл, который она обещает воплотить. Туристы приобретают памятные вещи, останавливаются в отелях, посещают достопримечательности, однако главным стимулом для визита чаще всего выступает сложившийся в сознании образ конкретной дестинации. Человек, направляющийся, например, в Париж или Рим, желает прочувствовать дух выбранного места и стать частью локальной среды. Его ожидания формируются на основе прочитанных книг, увиденных кадров и услышанных рассказов, и именно этот имидж территории во многом предопределяет его поведение и социальные привычки в путешествии.

Большинство исследователей сходятся во мнении о том, что опыт, накопленный путешественниками во время поездки, приобретает ключевое значение и нередко выдвигается на передний план при оценке спроса на туристическом рынке. Изучение феномена поиска новых эмоций в туризме традиционно опирается на концепции «экономики впечатлений» или «маркетинга впечатлений». В 1999 г. вышли работы Р. Дженсена («Общество мечты») [Jensen, 1999], Дж. Пайна и Дж. Гилмора («Экономика впечатлений») [Pine, Gilmore, 2013]. Оба исследования строились вокруг единой ключевой мысли: с точки зрения рынка общество покидает этап доминирования услуг и постепенно переходит к иной модели взаимодействия спроса и предложения, где всё большее значение приобретают чувственные и эмоциональные компоненты. Вслед за этими публикациями начали появляться работы, доказывающие: простого предоставления услуг уже мало — необходимо создавать и предлагать особый опыт, нечто уникальное, что способно вызывать сильные эмоции, аффекты и глубокие ощущения. Осознав наличие туристического спроса на яркие переживания, специалисты в области маркетинга стали разрабатывать продукты и услуги, ориентированные на продвижение тех или иных вариантов опыта. Ярким примером служит экспериментальный туризм, возникший в последние годы как процесс и одновременно как продукт, приспособленный к реалиям современных путешествий и сочетающий в себе как философские, так и коммерческие аспекты [Hosany, Gilbert, 2010; Sharpley, Jepson, 2011; Kim, 2012; Dalonso et al., 2014].

Исходя из важности приобретения туристами новых впечатлений и незабываемого опыта, ключевая роль в этом процессе отводится досуговой сфере, которая является основным элементом туристической индустрии, обеспечивающим содержательную часть путешествия: развлечение, отдых, культурное обогащение и активное времяпрепровождение. Особый интерес в этом контексте представляет понятие «гибридные дестинации»: территории, сочетающие функции, традиционно не свойственные классическим туристическим центрам [Morrison, 2019]. Арктические территории, изначально создававшиеся для научных или промышленных целей, все чаще интегрируются в туристскую инфраструктуру, формируя специфические гибридные пространства, которые отличаются многофункциональностью в силу демографических и инфраструктурных ограничений [Müller, 2020, 2025]. В таких пространствах научно-исследовательская деятельность и туристское потребление сосуществуют, создавая новый тип туристского опыта, который может быть определен как «научно-рекреационный гибрид» [Olsson, 2021].

Наиболее ярким примером практической реализации модели научно-рекреационного гибрида стала экспедиция SEES (Scientific Expedition Edgeøya Svalbard) 2022 г., инициированная нидерландскими исследовательскими организациями. Это был не типичный полярный круиз, а уникальное событие, в котором на одном судне оказались ученые, туристы, а также представители СМИ и политики. Состав участников отличался высоким присутствием ученых — 52 исследователя и 35 туристов, что является необычным для туристических круизов соотношением. Целью экспедиции был не просто туризм, а сбор экологических данных о климатических изменениях в Арктике с вовлечением туристов в реальные исследования, в которых они выступали не пассивными наблюдателями, а соучастниками научного процесса. Этот кейс свидетельствует о том, что совмещение научной деятельности и туристского потребления может создавать уникальный, осмысленный опыт.

Однако, как показывают исследования полярного туризма, его постоянная диверсификация, хотя и ведет к интеграции научных практик в экспедиционные круизы, остается сложным организационным процессом [Lamers et al., 2024]. Поэтому важно изучить инфраструктурные возможности и потенциал организаций (таких как ПАБСИ) для реализации подобных гибридных форматов.

Материал и методы

Эмпирическую базу исследования составили данные анкетирования посетителей Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н.А. Аврорина КНЦ РАН, проведенного в городе Кировске Мурманской области. Сбор первичной информации осуществлялся с 19 марта по 19 июля 2024 г. Исследование проводилось методом доступной совокупности (стихийная выборка): анкетированию подлежали все совершеннолетние гости ПАБСИ, находившиеся на его территории в дни проведения исследования и добровольно согласившиеся принять участие в нем. Участие было анонимным.

При анализе данных учитывались исключительно оценки и мнения туристов, не являющихся постоянными жителями Кировско-Апатитского района. Такой подход обусловлен тем, что именно туристский поток формирует внешний спрос на объект и определяет его конкурентоспособность в региональной туристской индустрии.

В исследовании приняло участие 720 человек. В силу невероятностного характера выборки полученные данные в первую очередь отражают мнения и оценки тех респондентов, которые согласились участвовать в исследовании, и не могут быть автоматически распространены на всех туристов, побывавших в ПАБСИ в указанный период. Тем не менее значительный объем выборки ($N=720$) позволяет выявить устойчивые закономерности в предпочтениях и восприятии респондентов.

Обработка данных выполнялась с использованием программного пакета SPSS Statistics 27. При анализе применялись коэффициент сопряженности Крамера и, в отдельных случаях, ранговая корреляция Спирмена.

Обсуждение результатов

Прежде чем обратиться к анализу и интерпретации полученных данных, остановимся на характеристиках выборочной совокупности. Социально-демографический портрет респондентов позволяет оценить репрезентативность выборки и обосновать возможности распространения выводов на более широкий круг посетителей ПАБСИ.

Участников опроса можно описать следующим образом: это респонденты в возрасте 18–35 лет (51 %), 36–45 лет (33 %), 46–60 лет (14 %) и старше 60 лет (2 %). По профессиональной принадлежности: около трети ответов (29 %) было получено от респондентов — работников бюджетной сферы; по 12 % — от работающих по найму и тех, кто отнес себя к категории фрилансеров; учащиеся и студенты составили 17 % опрошенных; представители ИТ-сферы — 5 %; неработающие — 1 %. Самой немногочисленной оказалась категория пенсионеров — 0,4 %. Количество респондентов, оставивших данный вопрос без ответа, составило 24 %. Среди принявших участие в опросе 63 % женщины и 37 % мужчины.

Точки на карте, из которых приехали туристы, представлены разными городами. Большая часть (29 %) туристов приехала из Санкт-Петербурга, 26 % — жители Мурманской области (но Кировско-Апатитского района), 23 % приехали из Москвы и Московской области. Не захотели указывать место жительства 5 % опрошенных. Остальная часть — туристы из разных городов и областей России, а именно: Архангельская область — 2 %; Карелия — 1,5 %; Нижний Новгород — 1,4 %; Воронежская область — 1,2 %; Ярославская область — 1,3%; Вологодская область — 0,8 %. Остальные регионы России составили менее 0,5 % каждый. Два респондента (0,3 %) приехали из Минска (Республика Беларусь).

При измерении связи между географическим происхождением респондентов и их ответами статистически значимой зависимости не выявлено.

Дальнейший анализ был сфокусирован на типах туризма: респонденты наиболее часто соотносили свои путешествия со спортивным (36,8 %), историко-культурным (22,8 %) и экологическим (17,2 %) туризмом (рис. 1).

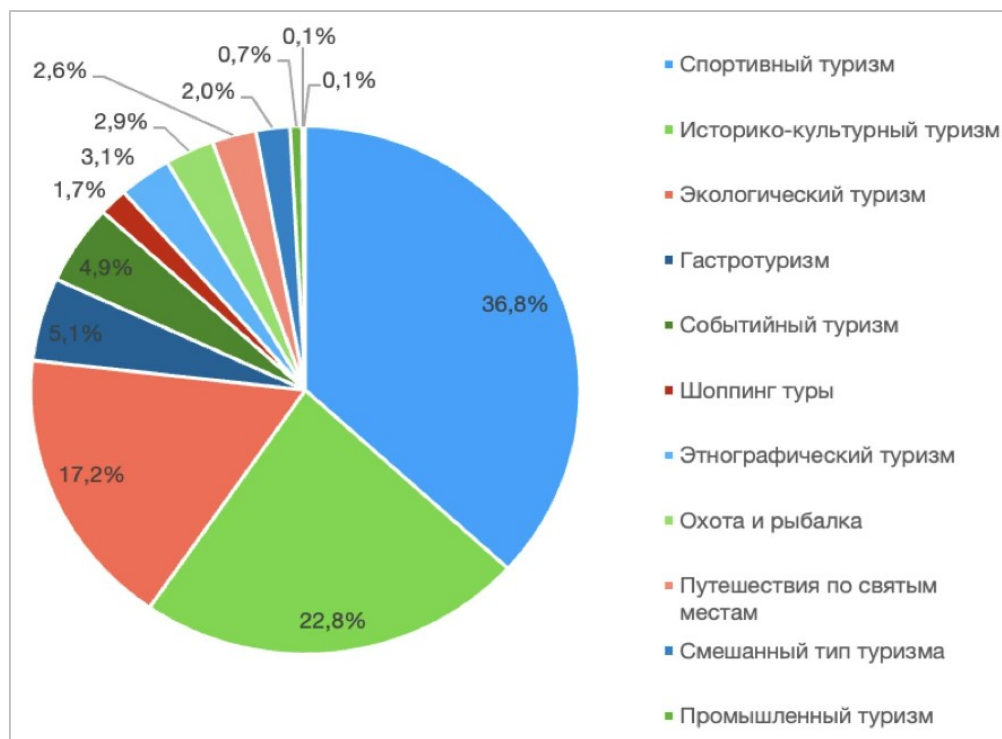


Рис. 1. Основные типы туризма, с которыми соотносили свои путешествия опрошенные
Fig. 1. Main types of tourism with which respondents associated their travels

В качестве основных причин, которые привели посетителей в ботанический сад, опрошенные указали: «люблю природу» (53 %), «искал(а/и) места для проведения досуга» (29,6 %). На третьем месте ответ: «интересуюсь ботаническими садами» (12,2 %).

Выявленная структура туристических предпочтений позволила поставить вопрос о наличии связи между выбираемым типом туризма и мотивацией посещения ботанического сада. Коэффициент Крамера ($V = 0,31$; $p < 0,001$; $n = 720$) между переменными «предпочитаемый тип туризма» (рис. 1) и «причина посещения ботанического сада» (рис. 2) указывает на наличие умеренной статистически значимой связи. Анализ структуры таблицы сопряженности показал, что экологический туризм в наибольшей степени связан с мотивом «любовь к природе», тогда как спортивный и историко-культурный туризм — с мотивом «поиск досуга». Это подтверждает дифференциацию мотивационных профилей внутри выделенных групп: экологически ориентированные посетители руководствуются любовью к природе, а спортивные и историко-культурные туристы ищут возможность провести досуг. При этом следует отметить, что связь, хотя и статистически значима, является умеренной по силе, поэтому можно говорить лишь об общей тенденции, а не о строгой зависимости.

Следующий вопрос касался источников получения информации: самым распространенным каналом оказались «друзья, родственники, знакомые» (42,5 %). Сопоставимая доля (40 %) указала, что целенаправленно искала информацию о местах подобного формата (рис. 3). При этом, как показал анализ (коэффициент Крамера составляет 0,16, что указывает на слабую связь), канал информирования практически не связан с мотивацией визита: независимо от того, откуда человек узнал о саде, его причины посещения остаются теми же — любовь к природе или поиск досуга.

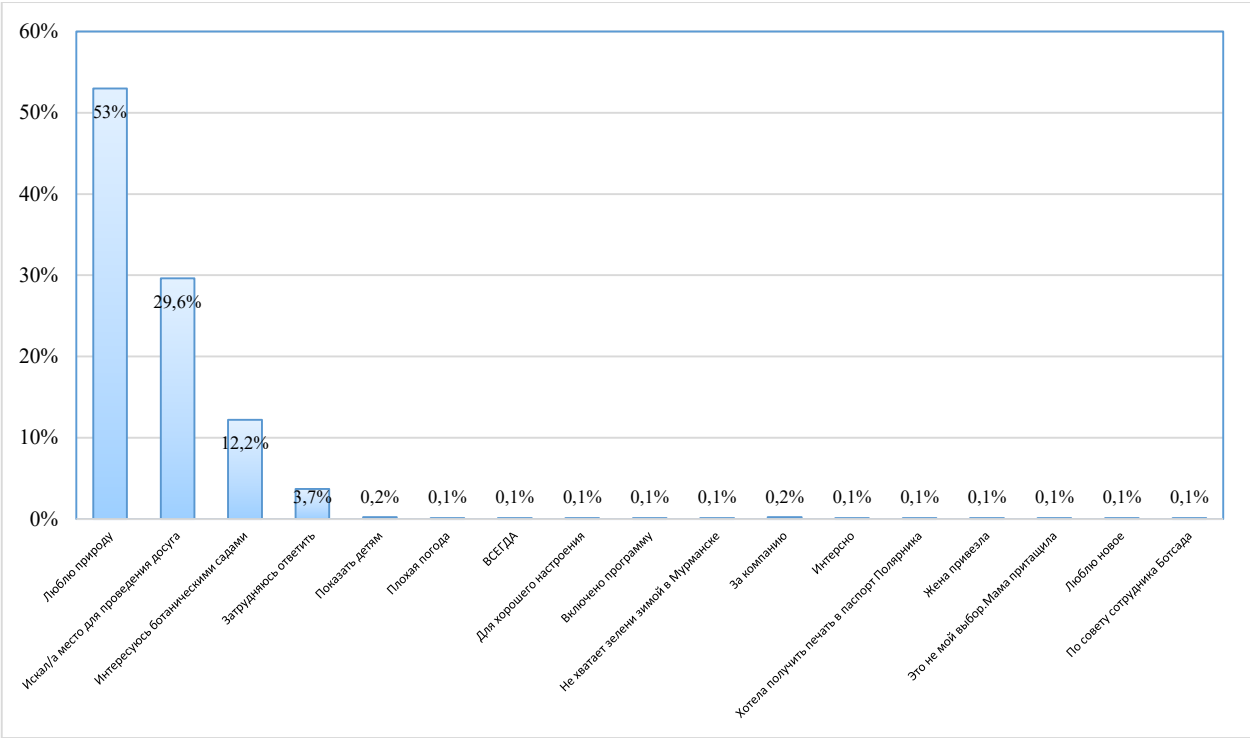


Рис. 2. Причины посещения ПАБСИ, которые указали респонденты
Fig. 2. Reasons for visiting the PABGI indicated by respondents

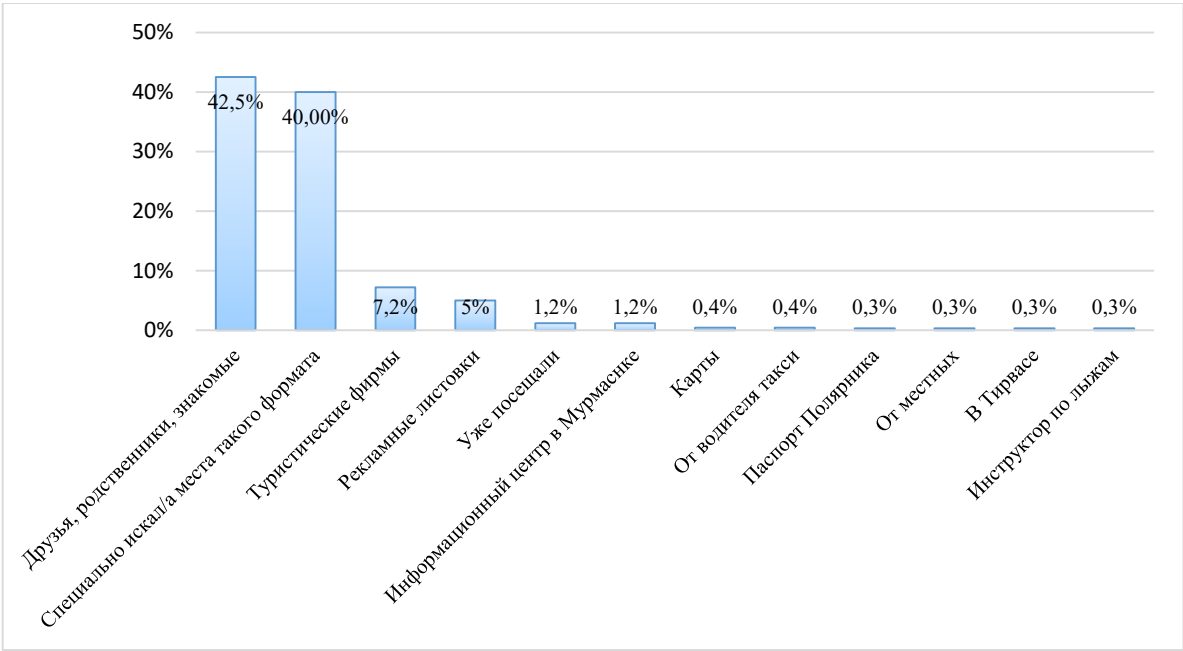


Рис. 3. Распределение ответов на вопрос «Откуда вы узнали про ботанический сад?»
Fig. 3. Distribution of answers to the question: “How did you learn about the Botanical Garden?”

Помимо анализа причин визита и источников информации, исследование также затронуло вопрос о желаемых изменениях в ПАБСИ. Наиболее востребованным оказался запрос на «живых

полярных сов» (41,2 %), вторую позицию занял арктический фестиваль на открытом воздухе (21,9 %), третью — веревочный парк (17,2 %, см. рис. 4).

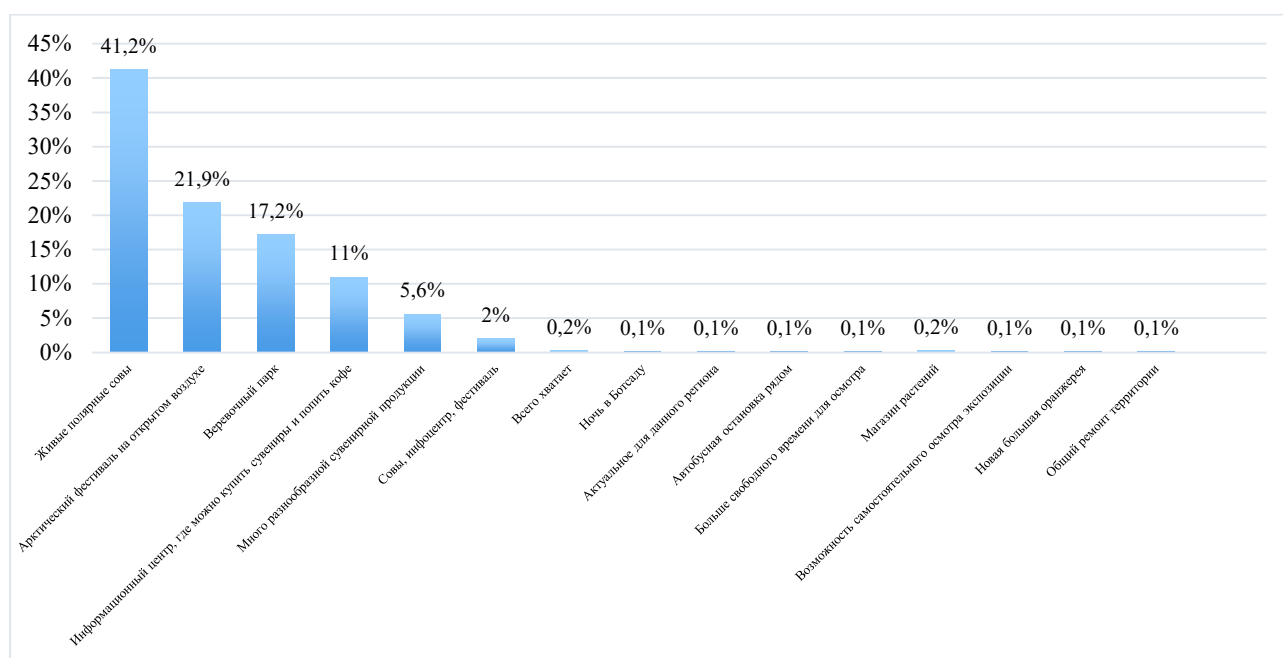


Рис. 4. Распределение ответов на вопрос «Что бы вы хотели увидеть нового в ПАБСИ?»

Fig. 4. Distribution of answers to the question: “What would you like to see new at PABGI?”

Полученные данные свидетельствуют о трех устойчивых направлениях, отражающих различные модели восприятия ботанического сада посетителями.

Наиболее популярным является эмоционально-природный запрос — «живые совы». Более 40 % респондентов хотят видеть в саду живой символ Арктики. Этот запрос объединяет практически все группы туристов. С точки зрения теории аутентичного опыта Д. Макканнелла, спрос на живых сов отражает не просто интерес к животному миру, а поиск подлинного опыта, который не может быть воспроизведен искусственными средствами. Живое существо воспринимается как подлинное, что контрастирует с коммерциализированными формами досуга, где опыт часто сконструирован и не предполагает реального контакта с природой. Полярная сова — исконный житель Арктики, и именно она позволяет посетителю глубже погрузиться в природный мир региона.

Второй по популярности тип запроса — событийный, связанный с проведением специальных мероприятий (например, «арктический фестиваль»). Почти каждый пятый турист (21,9 %) выражает готовность приезжать в сад на специальные мероприятия. Это свидетельствует о восприятии ПАБСИ как места событийного туризма.

Третий тип — активно-игровой («веревочный парк»). Этот запрос (17,2 % опрошенных) характерен прежде всего для спортивных туристов. Данный факт свидетельствует о том, что для части посетителей сад — это не только место созерцания, но и пространство для физической активности.

Примечательно, что запросы на сувенирную продукцию и информационный центр не вошли в тройку лидирующих, что свидетельствует о том, что сервисные функции важны, но не являются определяющими для привлекательности сада. Посетители в первую очередь ценят само место: его уникальную атмосферу, природу и возможность получения нового опыта. Выбор вариантов ответа, связанных с сервисной инфраструктурой («Информационный центр с сувенирами и кофе», «Много разнообразной сувенирной продукции»), не демонстрирует значимой связи ни с одним из типов туризма. Это может указывать на то, что посетители либо уделяют мало внимания сервису, либо полностью

им удовлетворены, что согласуется с высокой оценкой ботанического сада среди объектов досуговой инфраструктуры Кировско-Апатитского района (рис. 5).

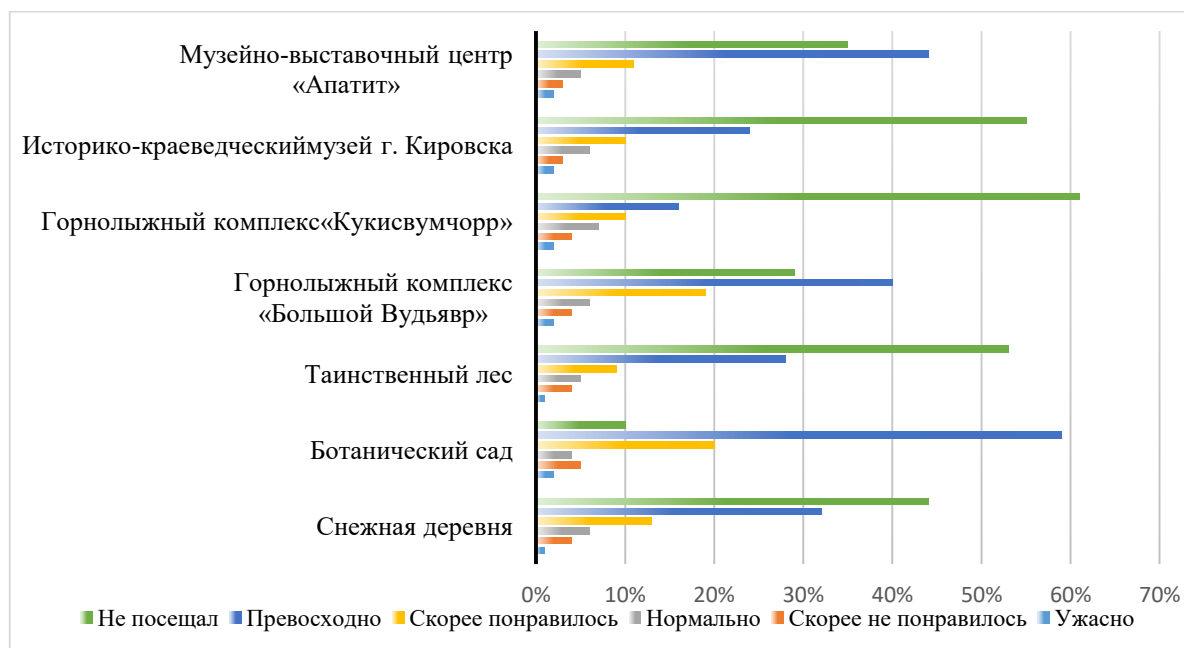


Рис. 5. Оценка посетителями ПАБСИ объектов досуговой туристической инфраструктуры Кировско-Апатитского района

Fig. 5. Assessment of leisure infrastructure facilities in the Kirovsk-Apatity district by PABSI visitors

Анализ оценок туристами объектов досуговой инфраструктуры Кировска показал, что по доле оценок «превосходно» лидирует ботанический сад (59 %), на втором месте — Музейно-выставочный центр «Апатит» (55 %). Низкие оценки сада встречаются крайне редко (менее 3 %): лишь единицы выбрали категории «не понравилось», «скорее не понравилось» или «ужасно». С помощью ранговой корреляции Спирмена была проверена связь между двумя переменными: оценкой ПАБСИ среди объектов досуговой инфраструктуры Кировска и индивидуальной оценкой респондентами своего посещения сада (ответы на вопрос, размещенный в конце анкеты). Выявлена положительная корреляция, что свидетельствует о согласованности этих оценок.

Высокая оценка ботанического сада также свидетельствует о том, что туристы, ориентированные на природный туризм (один из основных в Мурманской области), склонны отдавать предпочтение аналогичным местам. Данные о посещенных объектах подтверждают эту ориентацию (рис. 6). Наиболее популярными точками притяжения стали Мурманск (62 %) и Хибинский горный массив (62 %), за ними следуют Териберка (46 %), а также Кировск (31 %) и Кандалакшский район (31 %). Высокая доля посетивших Мурманск, вероятно, объясняется его ролью транспортного и административного центра: через город проходят основные маршруты, здесь сосредоточена значительная часть туристической инфраструктуры, поэтому визит в областной центр может быть связан с его логистической функцией. Остальные направления — Ловозеро, Терский берег, полуострова Рыбачий и Средний, Ковдор, Ловозерские горы, Сейдозеро, Апатиты и др. — посетили от 0,1 до 17 % опрошенных.

Как видно из рис. 6, туристы, посетившие ботанический сад, обладают высокой мобильностью и посещают различные локации Мурманской области. Это свидетельствует о том, что интерес к ботаническому саду не является узкоспециализированным: он органично встроен в более широкий туристический маршрут, охватывающий ключевые дестинации Кольского края. Таким образом, аудитория ПАБСИ не ограничивается «ботаническими энтузиастами», а включает массового

туриста, для которого посещение сада — часть общего знакомства с регионом, его природными и культурными ландшафтами. Этот вывод также подтверждают данные о типах туризма (см. рис. 1).

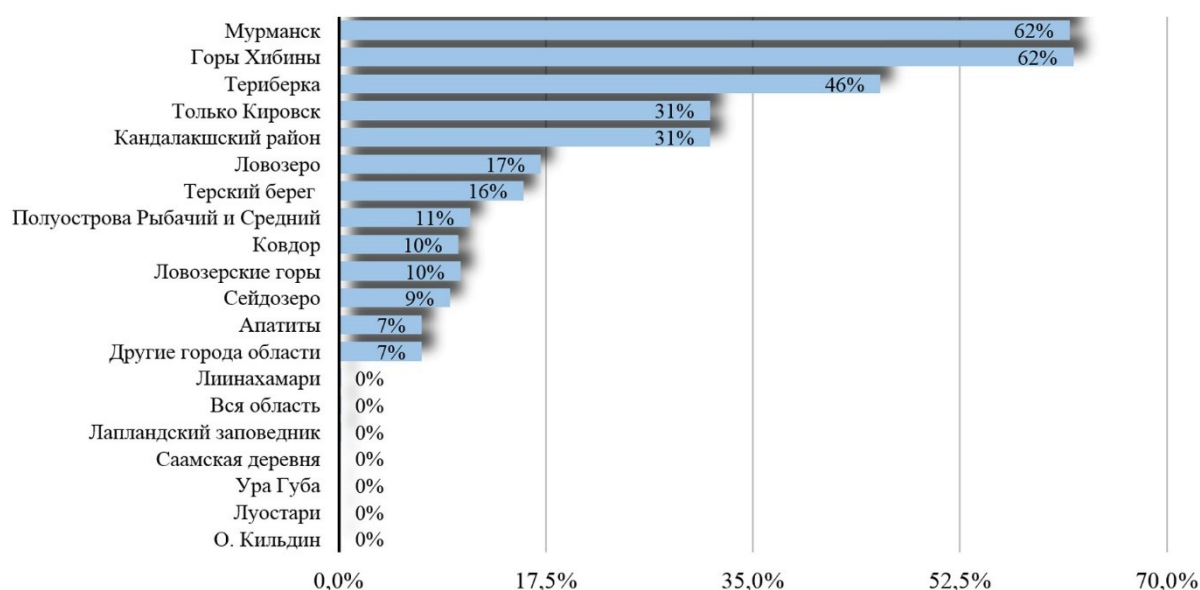


Рис. 6. Локации Мурманской области, которые посетили туристы

Fig. 6. Geographic distribution of tourist visits in the Murmansk Region

Завершающий блок анкеты был посвящен не общим впечатлениям, а конкретному аспекту потребительского поведения — предпочтениям в выборе сувениров, что имеет прямое практическое значение для развития коммерческой деятельности сада. Согласно результатам опроса, наибольшее влияние на выбор сувениров оказывает ценовой фактор: 25 % опрошенных указали, что их решение о покупке полностью зависит от стоимости товара, что свидетельствует о высокой эластичности спроса в данной категории. Среди конкретных товарных позиций наиболее востребованными являются оригинальная брошь (14 %), брелок с изображением растения (14 %) и авторская открытка (14 %), что в сумме составляет 42 % всех предпочтений. Эта тройка лидеров демонстрирует устойчивый интерес аудитории к уникальным, визуально привлекательным и компактным сувенирам природной тематики. Существенно меньшую, но все же стабильную долю занимают утилитарные товары: канцелярские принадлежности (9 %) и кружки (8 %). Доля респондентов, принципиально отказывающихся от покупки сувениров, незначительна — 4 %, что подтверждает коммерческий потенциал данного направления при условии оптимизации ценовой политики и акцента на художественно-эстетическую ценность продукции (рис. 7).

Определив наиболее востребованные категории сувениров, мы обратились к следующему ключевому фактору — цене, поскольку именно она, как показано выше, является определяющей для 25 % респондентов.

Анализ ценовых предпочтений респондентов выявил четкую концентрацию покупательского спроса в диапазоне от 200 до 500 рублей: данная ценовая зона аккумулирует 52 % всех ответов, что позволяет определить ее как «массовый сегмент» целевой аудитории. Наибольшей популярностью пользуется интервал 300–500 рублей (29 %), за ним следует диапазон 200–300 рублей (23 %). Это свидетельствует о том, что потребители в массе своей готовы приобретать сувенирную продукцию, воспринимаемую как недорогой, но не дешевый товар, обладающий определенной ценностью. Бюджетный сегмент 100–200 рублей также остается востребованным (21 %). При этом доля респондентов, готовых приобрести сувенир дороже 1000 рублей, составляет лишь 2 %, что ограничивает экономическую целесообразность формирования премиальной линейки продукции для данного учреждения. Выявленная

ценовая эластичность имеет двойственную природу. С одной стороны, она отражает реалистичный платежеспособный спрос аудитории, которая не готова переплачивать за сувенир, с другой — косвенно свидетельствует о том, что ботанический сад не ассоциируется у туристов с «премиальным» или «эксклюзивным» потреблением. В отличие от музеев федерального уровня или горнолыжных курортов, где сувениры могут стоить значительно дороже, ПАБСИ воспринимается как демократичная, доступная площадка, что накладывает ограничения на коммерческую стратегию, но одновременно формирует образ учреждения, близкого к природе и некоммерческой миссии.



Рис. 7. Распределение ответов на вопрос «Что бы вы точно купили в сувенирной ПАБСИ?»
Fig. 7. Distribution of answers to the question: “What would you definitely buy at the PABGI souvenir shop?”

Таким образом, при разработке ассортиментной и ценовой политики рекомендуется ориентироваться на товары в диапазоне 200–500 рублей как на основной драйвер продаж. С учетом того, что 25 % респондентов назвали стоимость сувенира главным критерием выбора, целесообразно внедрить двухуровневую систему ценообразования в рамках каждой товарной категории, предусматривающую как бюджетные, так и премиальные варианты исполнения. Три наиболее востребованные позиции — оригинальная брошь (14 %), брелок (14 %) и авторская открытка (14 %) — демонстрируют практически идентичный уровень спроса, что делает целесообразным разработку и продвижение тематических наборов, объединяющих эти предметы. Такой подход позволит увеличить средний чек и удовлетворенность от комплексной покупки.

Заключение

Проведенное исследование подтверждает, что ПАБСИ функционирует не только как научное учреждение, но и как полноценный элемент досуговой инфраструктуры региона. Сочетание научно-

исследовательского статуса и рекреационной функции обеспечивает высокий уровень удовлетворенности посетителей, сопоставимый с лидерами туристической отрасли.

Полученные данные позволяют выделить три типа досугового поведения, характерных для посетителей ПАБСИ: первый — созерцательно-природный (ассоциирован с экологическим туризмом и мотивом «любовь к природе»), который находит выражение в запросе на живых полярных сов как символа аутентичного контакта с арктической природой; второй — событийно-познавательный (связан с историко-культурным туризмом и поиском досуга), проявляющийся в интересе к арктическому фестивалю как формату событийного досуга; третий — активно-игровой (характерен для спортивных туристов), который выражен в запросе на веревочный парк как пространство физической активности. При этом связь между типом туризма и типом досугового поведения является не жесткой, а вероятностной ($V = 0,31$), что указывает на наличие смешанных мотиваций внутри каждой группы. Это позволяет рассматривать ПАБСИ не как специализированный объект для узкой аудитории, а как многофункциональное пространство, способное адаптироваться к различным моделям досуга и интегрироваться в более широкие туристические маршруты региона.

Результаты исследования также свидетельствуют о смещении туристического спроса в сторону осмысленного, познавательного досуга: посетители не ищут «отдыха без цели», они готовы к содержательному взаимодействию с природой и наукой. Это открывает возможности для разработки уникальных форматов. Одним из перспективных направлений развития видится организация научно-туристических экспедиций с участием сотрудников ПАБСИ в полевых условиях, по аналогии с проектом SEES-2022 на Шпицбергене, где ученые и туристы совместно работали на одном маршруте. В отличие от массового туризма, такие экспедиции могут стать эксклюзивным продуктом, укрепляющим имидж ПАБСИ как действующего научного института, а не просто «зеленой зоны» для прогулок, они позволят туристам погрузиться в реальный научный процесс, а организации — популяризировать свою работу и привлечь внимание к исследованиям.

Кроме того, ботанический сад может выступить в роли «зонтичной платформы», предоставляющей услуги гидов и гидов-ученых за пределами своей территории — для экскурсий по городу, на природные объекты и т. д. Это позволит расширить присутствие ботанического сада в региональном туристическом ландшафте, превратив его из статичной локации в активного участника туристской индустрии, что укрепит его институциональную идентичность как гибридной дестинации, гармонично сочетающей научную, образовательную и досуговую функции.

Список источников

- Белевских Т. В., Иванова М. В. Креативная экономика арктических территорий: испытание холодом // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2018. № 1. С. 140–150. <https://doi.org/10.25702/KSC.2220-802X-1-2018-57-140-150>
- Давыдова А. С. Имидж арктической территории в представлениях, мнениях и оценках туристов (на примере Мурманской области) // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2025. № 2. С. 164–184. doi:10.37614/2220-802X.2.2025.88.000
- Давыдов Д. А., Боровичев Е. А., Петрова О. В. Концепция зонирования ООПТ Полярно-Альпийский ботанический сад-институт в целях охраны редких видов и развития туризма // InterCarto. InterGIS. 2021. Т. 27, № 3. С. 312–322. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2021-3-27-312-322>
- Давыдова А. С., Давыдов Д. А. Полярно-альпийский ботанический сад-институт как особо охраняемая природная территория и место для развития туризма: представления жителей Кировско-Апатитского района // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2023. Т. 26, № 1 (79). С. 133–149. 10.37614/2220-802X.1.2023.79.009
- Желнина З. Ю. Арктический туризм: учеб. пособие. СПб.: Скифия-принт, 2022. 316 с.
- Желнина З. Ю., Сизова И. А., Хорева Л. В. Взаимодействие туризма и креативных индустрий на арктических территориях: сферы пересечения // Современные проблемы сервиса и туризма. 2023. Т. 17, № 2. С. 7–20. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7997710>
- Кузеванов В. Я., Сизых С. В. Экологические ресурсы ботанических садов: связь биоразнообразия и общества // Материаловедение. Энергетика. 2010. № 3. С. 161–169.

- Кузеванов В. Я. Современные ботанические сады как эко-социальные ресурсы городского развития: от идеи «сад в городе» к «город в саду» // Современные проблемы образования и науки: материалы междунар. научн.-практ. конф. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2017. С. 174–180.
- Dalonso Y. S., Lourenco J. M., Remoaldo P. C., Panosso Netto A. Tourism experience, events and public policies // *Annals of Tourism Research*. 2014. Vol. 46. P. 181–184. <http://dx.doi.org/10.1016/j.annals.2014.03.003>
- Hosany S., Gilbert D. Measuring Tourists' Emotional Experiences toward Hedonic Holiday Destinations // *J. Travel Research*. 2010. Vol. 49. P. 513–526. <http://dx.doi.org/10.1177/0047287509349267>
- Jensen R. *The Dream Society: How the Coming Shift from Information to Imagination will Transform your Business*. New York: McGraw-Hill, 1999. 256 p.
- Kim S. Audience involvement and film tourism experiences: emotional places, emotional experiences // *Tourism Management*. 2012. Vol. 33 (2). P. 387–396. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tourman.2011.04.008>
- Lamers M., Steins N. A., van Bets L. Combining Polar Cruise Tourism and Science Practices // *Annals of Tourism Research*. 2024. Vol. 107. 103794. <https://doi.org/10.1016/j.annals.2024.103794>
- MacCannell D. *The Tourist. A New Theory of Leisure Class*. Berkley, Los Angeles: University of California Press, 1999. 231 p.
- Morrison A. M. *Marketing and Managing Tourism Destinations*. 2nd ed. London: Routledge, 2019. 350 p.
- Müller D. K. Polar Tourism and the Changing Geographies of the Arctic and the Antarctic Regions // *Tourism Geographies*. 2025. Vol. 27 (3–4). P. 872–880. <https://doi.org/10.1080/14616688.2025.2462777>
- Müller D. K. *Tourism and population change in the Arctic* // *Tourism and Change in the Arctic*. London: Routledge, 2020. P. 1–22.
- Olsson M. Hybrid tourism spaces in the Arctic: science, nature and recreation at the crossroads // *Arctic Tourism: Experiences and Innovations*. Cham: Springer, 2021. P. 45–62.
- Pine B. J., Gilmore J. H. *The experience economy: past, present and future* // *Handbook on the Experience Economy*. UK: Edward Elgar Publishing Limited, 2013. P. 21–44. <https://doi.org/10.4337/9781781004227.00007>
- Sharpley R., Jepson D. Rural tourism: a spiritual experience? // *Annals of Tourism Research*. 2011. Vol. 38 (1). P. 52–71. <http://dx.doi.org/10.1016/j.annals.2010.05.002>
- Skinner J., Theodossopoulos D. *Great expectations: Imagination and anticipation in tourism*. Oxford: Berghahn, 2011. 232 p.

References

- Belevskikh T. V., Ivanova M. V. Kreativnaya ekonomika arkticheskikh territoriy: ispytanie kholodom [Creative economy of the Arctic territories: the test of cold]. *Sever i rynok: formirovanie ekonomicheskogo poryadka* [The North and the Market: Formation of Economic Order], 2018, No. 1, pp. 140–150. <https://doi.org/10.25702/KSC.2220-802X-1-2018-57-140-150> (In Russ.).
- Dalonso Y. S., Lourenco J. M., Remoaldo P. C., Panosso Netto A. Tourism experience, events and public policies. *Annals of Tourism Research*, 2014, Vol. 46, pp. 181–184. <http://dx.doi.org/10.1016/j.annals.2014.03.003>
- Davydov D. A., Borovichev E. A., Petrova O. V. Kontseptsiya zonirovaniya OOPT Polyarno-Al'piyskiy botanicheskiy sad-institut v tselyakh okhrany redkikh vidov i razvitiya turizma [A zoning concept of Polar-Alpine botanical garden-institute as protected area for nature conservation and tourism development]. *InterCarto. InterGIS*, 2021. Vol. 27. No. 3. P. 312–322. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2021-3-27-312-322> (In Russ.).
- Davydova A. S., Davydov D. A. Polyarno-al'piyskiy botanicheskiy sad-institut kak osobo okhranyaemaya prirodnyaya territoriya i mesto dlya razvitiya turizma: predstavleniya zhitel'ey Kirovsko-Apatitskogo rayona [The Polar-Alpine Botanical Garden-Institute as a specially protected natural area and a place for tourism development: perceptions of residents of the Kirovsk-Apatity district]. *Sever i rynok: formirovanie ekonomicheskogo poryadka* [The North and the Market: Formation of Economic Order], 2023, Vol. 26, No. 1 (79), pp. 133–149. 10.37614/2220-802X.1.2023.79.009 (In Russ.).
- Davydova A. S. Imidzh arkticheskoy territorii v predstavleniyakh, mneniyakh i otsenkakh turistov (na primere Murmanskoy oblasti) [The image of the Arctic territory in the perceptions, opinions and assessments of tourists (the case of the Murmansk region)]. *Sever i rynok: formirovanie ekonomicheskogo poryadka* [The North and the Market: Formation of Economic Order], 2025, No. 2, pp. 164–184. doi:10.37614/2220-802X.2.2025.88.000 (In Russ.).
- Hosany S., Gilbert D. Measuring Tourists' Emotional Experiences toward Hedonic Holiday Destinations. *Journal of Travel Research*, 2010, Vol. 49, pp. 513–526. <http://dx.doi.org/10.1177/0047287509349267>
- Jensen R. *The Dream Society: How the Coming Shift from Information to Imagination will Transform your Business*. New York, McGraw-Hill, 1999, 256 p.

- Kim S. Audience involvement and film tourism experiences: emotional places, emotional experiences. *Tourism Management*, 2012, Vol. 33 (2), pp. 387–396. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tourman.2011.04.008>
- Kuzevanov V. Ya., Sizykh S. V. Ekologicheskie resursy botanicheskikh sadov: svyaz' bioraznoobraziya i obshchestva [Ecological resources of botanical gardens: the connection between biodiversity and society]. *Materialovedenie. Energetika* [Materials Science. Energy], 2010, No. 3, pp. 161–169. (In Russ.).
- Kuzevanov V. Ya. Sovremennye botanicheskie sady kak eko-sotsial'nye resursy gorodskogo razvitiya: ot idei "sad v gorode" k "gorod v sadu" [Modern botanical gardens as eco-social resources for urban development: from the idea of "a garden in the city" to "a city in the garden"]. *Materialy mezhdunar. nauchn.-prakt. konf. "Sovremennye problemy obrazovaniya i nauki"* [Proceedings of the International Scientific and Practical Conference "Modern Problems of Education and Science"]. Irkutsk, Izd-vo IGU, 2017, pp. 174–180. (In Russ.).
- Lamers, M., Steins N.A., van Bets L. Combining Polar Cruise Tourism and Science Practices. *Annals of Tourism Research*, 2024, Vol. 107, 103794. <https://doi.org/10.1016/j.annals.2024.103794>.
- MacCannell D. The Tourist. A New Theory of Leisure Class. Berkley, Los Angeles, University of California Press, 1999, 231 p.
- Morrison A. M. Marketing and Managing Tourism Destinations, 2nd ed. London, Routledge, 2019, 350 p.
- Müller D. K. Polar Tourism and the Changing Geographies of the Arctic and the Antarctic Regions. *Tourism Geographies*, 2025, Vol. 27 (3–4), pp. 872–880. <https://doi.org/10.1080/14616688.2025.2462777>
- Müller D. K. Tourism and population change in the Arctic. *Tourism and Change in the Arctic*. London, Routledge, 2020, pp. 1–22.
- Olsson M. Hybrid tourism spaces in the Arctic: science, nature and recreation at the crossroads. *Arctic Tourism: Experiences and Innovations*. Cham, Springer, 2021, pp. 45–62.
- Pine B. J., Gilmore J. H. The experience economy: past, present and future. *Handbook on the Experience Economy*. UK, Edward Elgar Publishing Limited, 2013, pp. 21–44. <https://doi.org/10.4337/9781781004227.00007>
- Sharpley R., Jepson D. Rural tourism: a spiritual experience? *Annals of Tourism Research*, 2011, Vol. 38 (1), pp. 52–71. <http://dx.doi.org/10.1016/j.annals.2010.05.002>
- Skinner J., Theodossopoulos D. Great expectations: Imagination and anticipation in tourism. Oxford, Berghahn, 2011, 232 p.
- Zhel'nina Z. Yu. *Arkticheskiy turizm* [Arctic Tourism]. Saint Petersburg, Skifiya-print, 2022, 316 p.
- Zhel'nina Z. Yu., Sizova I. A., Khoreva L. V. Vzaimodeystvie turizma i kreativnykh industriy na arkticheskikh territoriyakh: sfery peresecheniya [Interaction of tourism and creative industries in the Arctic territories: areas of intersection]. *Sovremennye problemy servisa i turizma* [Service and Tourism: Current Challenges], 2023, Vol. 17, No. 2, pp. 7–20. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7997710> (In Russ.).

Информация об авторе

А. С. Давыдова — кандидат исторических наук, старший научный сотрудник.

Information about the author

A. S. Davydova — PhD (History), Senior Research Fellow.

Статья поступила в редакцию 05.05.2026; одобрена после рецензирования 03.06.2026; принята к публикации 11.06.2026.
The article was submitted 05.05.2026; approved after reviewing 03.06.2026; accepted for publication 11.06.2026.

