

УДК 504.05

ББК 20.18

<https://doi.org/10.21443/3034-1434-2026-4-1-25-33>

Экологические риски и перспективы освоения общераспространенных полезных ископаемых в прибрежно-шельфовой зоне Российской Арктики

Леонтьева Е.О.¹, Шилин М.Б.²

¹ ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Санкт-Петербург, Россия

² ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет», Санкт-Петербург, Россия
[✉katerina.leonteva.ol@gmail.com](mailto:katerina.leonteva.ol@gmail.com)

Аннотация. Арктический шельф России рассматривается в первую очередь как стратегическая база углеводородного сырья, однако его минерально-сырьевой потенциал не ограничивается нефтью и газом. В прибрежно-шельфовой зоне имеются отложения общераспространенных полезных ископаемых, в первую очередь строительных материалов — песка, гравия и песчано-гравийных смесей, которые могут быть использованы при реализации инфраструктурных и портовых проектов. При этом в условиях Арктики добыча общераспространенных полезных ископаемых сопряжена с воздействием на особо уязвимые морские и прибрежные экосистемы, характеризующиеся низкой скоростью восстановления, а также должен быть учтен кумулятивный эффект антропогенной нагрузки. В отличие от углеводородных проектов, экологические аспекты освоения общераспространенных полезных ископаемых на арктическом шельфе освещены в литературе фрагментарно, что требует систематизации имеющихся данных и анализа перспективных направлений снижения негативного воздействия на окружающую среду.

Ключевые слова: арктический шельф, прибрежно-шельфовая зона, общераспространенные полезные ископаемые, строительный морской песок, песчано-гравийные смеси, дноуглубительные работы, подводная добыча нерудных материалов; экологические риски, оценка воздействия на окружающую среду

Конфликт интересов: авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Леонтьева Е.О., Шилин М.Б. Экологические риски и перспективы освоения общераспространенных полезных ископаемых в прибрежно-шельфовой зоне Российской Арктики. *Арктика и инновации*. 2026;4(1):25–33. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2026-4-1-25-33>

Environmental risks and prospects for the development of common mineral resources in the coastal-shelf zone of the Russian Arctic

Ekaterina O. Leonteva¹✉, Mikhail B. Shilin²

¹ Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, Russia

² Russian State Hydrometeorological University, Saint Petersburg, Russia
✉ katerina.leonteva.ol@gmail.com

Abstract. The Russian Arctic continental shelf and adjacent coastal zone is primarily regarded as a strategic base of hydrocarbon resources; at the same time, its mineral resource potential is not limited to oil and gas. This zone is also rich in commonly-occurring mineral resources, including construction materials such as sand and gravel, as well as their mixtures, which can be used in the implementation of infrastructure and sea-port development projects. However, under Arctic conditions, the extraction of such materials is associated with a high load on vulnerable marine and coastal ecosystems, characterized by low recovery rates. This requires accounting for the cumulative effect of anthropogenic actions. In comparison with hydrocarbon extraction, there is a lack of studies covering the environmental aspects of developing common mineral resources in the Arctic shelf. This determines the relevance of reviewing existing data and analyzing promising approaches to reducing negative environmental impact in this zone.

Keywords: Arctic shelf, common mineral resources, marine construction sand, sand and gravel aggregates, dredging operations, underwater mining of non-metallic materials, environmental risks, environmental impact assessment, EIA

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

For citation: Leonteva E.O., Shilin M.B. Environmental risks and prospects for the development of common mineral resources in the coastal-shelf zone of the Russian Arctic. *Arctic and Innovation*. 2026;4(1):25–33. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2026-4-1-25-33>

Введение

Арктический шельф России обладает значительными запасами разнообразных по происхождению полезных ископаемых. В настоящее время наиболее интенсивно осваиваются и с экономической точки зрения остаются приоритетными месторождения углеводородного сырья. Вместе с тем в прибрежно-шельфовой зоне разведаны и частично разрабатываются месторождения твердых полезных ископаемых. Прежде всего это россыпные рудные месторождения металлов платиновой группы (главным образом платины и палладия), золота, олова, титан-циркониевых и редкоземельных минералов, а также участки железомарганцевых (Fe-Mn) конкреций. Также выявлены месторождения неметаллических полезных ископаемых — алмазов и других ювелирно-поделочных минералов. По дан-

ным геолого-геофизических исследований, на отдельных участках арктического шельфа к прогнозным ресурсам отнесены такие виды минерального сырья, как фосфориты (фосфатное химическое сырье) и газогидраты, рассматриваемые как перспективный вид нетрадиционных углеводородных ресурсов. При этом степень геологической изученности и промышленного освоения общераспространенных полезных ископаемых (строительный морской песок, гравий и др.) на арктическом шельфе существенно уступает уровню освоения углеводородных и других видов минерального сырья. Многие виды общераспространенных полезных ископаемых уже длительное время разрабатываются на суше, тогда как в пределах арктического шельфа пока выявлены лишь отдельные эксплуатируемые участки и значительное число прогнозных объектов.

Экологические и климатические риски освоения арктического шельфа

Разведка и разработка месторождений на арктическом шельфе осуществляются сложнее, чем во многих других регионах, что связано со сложными природно-климатическими условиями. Проведение подводных разведочных работ на шельфе, а также применение новых технологий добычи и обогащения полезных ископаемых сопряжены с воздействием на окружающую среду и экологическими рисками. Разработка песчаных месторождений строительных материалов на арктическом шельфе осуществляется с применением технологий подводной добычи, которые могут не только оказывать влияние на экосистемы региона и формировать экологические риски, но и приводить к климатическим эффектам. Развитие Северного морского пути также усиливает антропогенную нагрузку на экосистемы прибрежно-шельфовой зоны [1].

На Восточно-Сибирском арктическом шельфе (рис. 1) концентрации метана в поверхностных водах превышают типичные значения для морской воды и превосходят равнове-

сные по отношению к атмосфере концентрации [2]. Эти наблюдения усиливают обеспокоенность возможным ростом эмиссий метана из арктических морей в условиях потепления климата. Ряд авторов подчеркивает [3] одну из актуальных научных задач — оценка того, будут ли темпы выделения CH_4 существенно возрастать в ответ на продолжающиеся климатические изменения. Донные отложения прибрежно-шельфовой зоны выступают долгосрочным хранилищем (депо) органического углерода и, при анаэробных условиях, местом образования парниковых газов (прежде всего CO_2 и CH_4). В ряде прибрежных экосистем основная часть углерода аккумулируется именно в донных осадках, где он может сохраняться на протяжении долгого времени [4]. В то же время антропогенные воздействия, связанные с нарушением поверхностного слоя осадков, такие как дноуглубительные работы, добыча полезных ископаемых, донное траление и др., приводят к интенсификации минерализации органического вещества, что, как показывают современные оценки, сопровождается увеличением потоков углерода и связанных с ним парниковых газов из донных отложений в водную толщу и далее в атмосферу [5, 6].

East Siberian Arctic Shelf

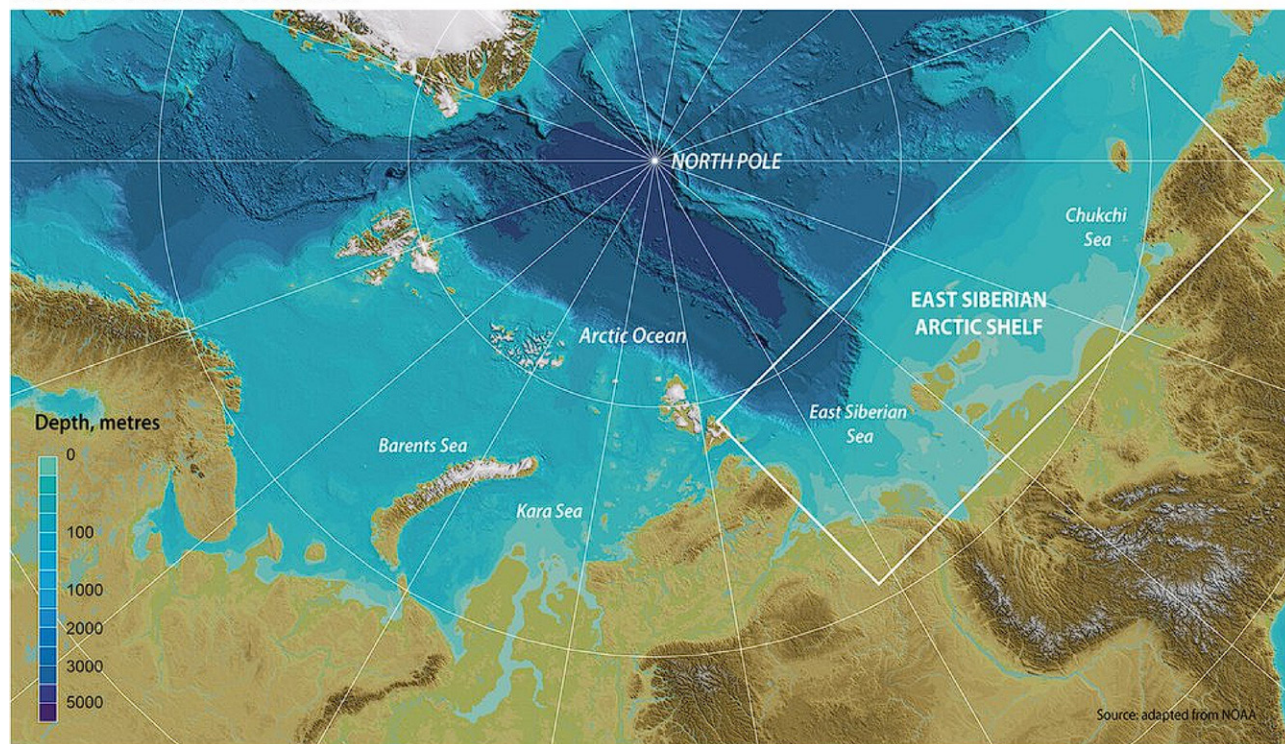


Рис. 1. Восточно-Сибирский арктический шельф [3]

Fig. 1. East Siberian Arctic Shelf (ESAS) [3]

Международная практика освоения полезных ископаемых в прибрежной арктической зоне

В Гренландии сложилась устойчивая практика добычи морских песков и гравия для строительных целей. На шельфе преимущественно применяются дноуглубительные методы, включающие выемку песка с помощью всасывающих насосов и гибких шлангов, а также использование землеройной техники для разработки мелководных

отложений и их транспортировки на баржи. По официальной статистике, объем добычи песка и гравия в 2019 г. превысил 60 тыс. т, а добытое сырье используется главным образом в местном строительстве. В Западной Гренландии в пределах шельфовой зоны выделено пять потенциальных месторождений песка и гравия, которые рассматриваются как пригодные для промышленной разработки и экспорта (рис. 2). Однако согласно результатам технико-экономических оценок этих месторождений, экспорт

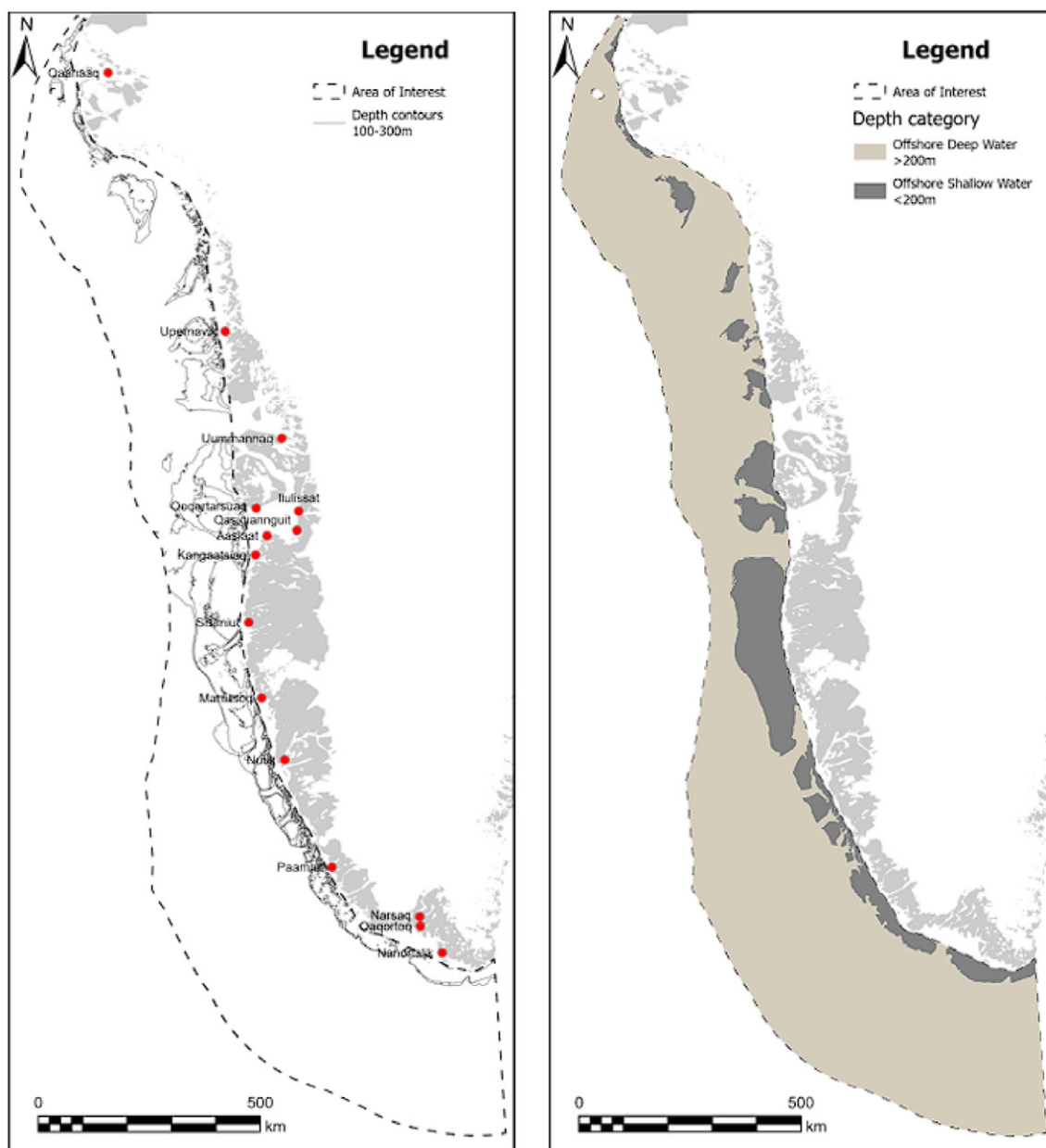


Рис. 2 Левая часть: обзорная карта исключительной экономической зоны Западной Гренландии, ограниченная береговой базисной линией Гренландии и самой внешней границей. Правая часть: глубины экономической зоны Западной Гренландии [7]

Fig. 2. On the left: overview map of the West Greenland exclusive economic zone, delimited by the Greenland coastal baseline and the outermost boundary. On the right: depths of the West Greenland exclusive economic zone [7]

рассматривать в качестве перспективного резерва для промышленной эксплуатации, поскольку изъятие значительных объемов песка из шельфовых месторождений может приводить к негативным последствиям в береговой зоне [12].

В южной части Баренцева моря широко развиты песчаные отложения, образующие сплошную полосу, огибающую п-ов Канин и о-в Колгуев и протягивающуюся к востоку до о-ва Вайгач. Вблизи восточного побережья о-ва Колгуев сформирована система мощных протяженных песчаных баров и кос, отчленяющих лагунные акватории. В ледниковое и послеледниковое время на осушенные пространства дна Печорского моря выносились значительные объемы песка, которые в настоящее время в основном сконцентрированы в береговых аккумулятивных формах южного побережья (рис. 3) [13].

Выводы

Проведенный обзор показывает, что в прибрежно-шельфовой зоне Российской Арктики общераспространенные полезные ископаемые (прежде всего строительные пески и песчано-гравийные смеси) обладают заметным ресурсным потенциалом, однако в настоящее время крупномасштабная промышленная подводная добыча морских строительных материалов не ведется. Вовлечение этих ресурсов осуществляется главным образом в рамках дноуглубительных (дреджинговых) и строительных работ, необходимых для развития портовой инфраструктуры и обеспечения судоходства по трассам Северного морского пути.

Опыт зарубежных стран (в частности, Западной Гренландии) демонстрирует техническую реализуемость и экономическую целесообразность использования морских песков и гравия для региональных строительных нужд, однако экспорт таких материалов на внешние рынки при арктических условиях зачастую оказывается экономически ограниченным. Для российской части Арктики освоение морских месторождений ОПИ на данном этапе следует рассматривать скорее как локальное дополнение к дноуглубительным проектам, а не как самостоятельное направление массовой добычи.

Основная экологическая нагрузка, связанная с освоением песчано-гравийных ресур-

сов на арктическом шельфе, сосредоточена именно в сфере дноуглубительных работ. Такие мероприятия приводят к удалению и нарушению поверхности морского дна на значительных площадях, формированию седиментационных шлейфов и повышению мутности воды. Нарушение поверхностного слоя донных отложений сопровождается интенсификацией минерализации органического вещества и, как следствие, увеличением потоков углерода и связанных с ним парниковых газов из придонной зоны.

Дополнительными факторами воздействия при дноуглубительных и горнодобывающих работах выступают шумовое, световое и вибрационное загрязнение от горнодобывающего оборудования и судов как в надводной, так и в подводной среде, а также сброс технологических и балластных вод.

Учитывая высокую чувствительность арктических прибрежно-шельфовых экосистем и медленные темпы их восстановления, освоение месторождений общераспространенных полезных ископаемых в этом регионе требует более строгих подходов к оценке воздействия на окружающую среду. Перспективными направлениями являются: учет климатического измерения (изменение потоков CO_2 и CH_4 при нарушении донных осадков), разработка специфических критериев допустимых изъятий и мутности для Арктики, внедрение наилучших доступных технологий дноуглубления и подводной добычи, а также интеграция проектов по добыче ОПИ в систему морского пространственного планирования с оценкой кумулятивных эффектов.

В будущем развитие инфраструктуры Северного морского пути и прибрежных промышленных узлов будет объективно стимулировать спрос на строительные материалы, включая морские пески и песчано-гравийные смеси. Это создает одновременно и экономические перспективы, и экологические риски. Своевременная научно обоснованная регламентация добычи общераспространенных полезных ископаемых на арктическом шельфе, основанная на результатах комплексных исследований, представляется ключевым условием минимизации негативного воздействия на окружающую среду при сохранении возможностей устойчивого хозяйственного развития региона.

Литература

1. Леонтьева Е.О., Агафонов С.А. Современные перспективы развития портовой инфраструктуры Северного морского пути. Арктика и инновации. 2024;2(1):71–79. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2024-2-1-71-79>
2. Shakhova N., Semiletov I., Leifer I., Salyuk A., Rekant P., Kosmach D. Geochemical and geophysical evidence of methane release over the East Siberian Arctic Shelf. Journal of Geophysical Research: Oceans. 2010;115(C8). <https://doi.org/10.1029/2009JC005602>
3. Beaudoin Y.C., Boswell R., Dallimore S.R., Waite W.F. (eds.). Frozen Heat: A Global Outlook on Methane Gas Hydrates. Volume 1. United Nations Environment Programme, GRID-Arendal; 2014.
4. Шулькин В.М., Жариков В.В., Лебедев А.М., Базаров К.Ю. Углерод в экосистеме *Zostera marina* Linnaeus, 1753 на песчаных грунтах бухты Средняя (залив Петра Великого, Японское море) по данным полевых наблюдений. Морской биологический журнал. 2024;9(2):98–114.
5. Marine Conservation Society & Rewilding Britain. Blue carbon: Ocean-based solutions to fight the climate crisis [internet]; 2021. Available at: https://s3.eu-west-1.amazonaws.com/media.mcsuk.org/documents/BlueCarbon_Report_cd4TzeP.pdf.
6. Epstein G., Middelburg J.J., Hawkins J.P., Norris C.R., Roberts C.M. The impact of mobile demersal fishing on carbon storage in seabed sediments. Global Change Biology. 2022;28(9):2875–2894. <https://doi.org/10.1111/gcb.16105>
7. Bagger A.M.T., Blockley D., Gustavson K., Mosbech A., Zinglensen K.B., Burmeister A.D., [et al.]. Marine mining in Greenland — a strategic assessment of potential impacts. Scientific Report from DCE — Danish Centre for Environment and Energy No. 640 [internet]. Aarhus: DCE — Danish Centre for Environment and Energy, Aarhus University; 2025. Available at: https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Videnskabelige_rapporter_600-699/SR640.pdf.
8. Кисляков В.Е., Камышев П.В., Линьков Я.Е., Показкий Д.А., Курсанов А.К., Цимбалюк Н.А. Способ добычи полезных ископаемых со дна арктического шельфа. Патент Российской Федерации № 2822857 С1. Опубл. 15.07.2024.
9. Али А.А., Жигульский В.А., Шилин З.Б., Леонтьева Е.О. Воздействия ремонтного дноуглубления на природную среду в порту Сабетта (Обская губа) и компенсация их негативных эффектов. Арктика и инновации. 2024;2(4):30–42. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2024-2-4-30-42>
10. Министерство природных ресурсов и экологии Мурманской области. Текущее состояние минерально-сырьевой базы Мурманской области [интернет]. Режим доступа: <https://mpr.gov-murman.ru/activities/napravleniya/10.mineral/oo.current/> (дата обращения: 10.11.2025)
11. Рыбалко А.Е. Позднечетвертичный седиментогенез внутренних морей гляциальных шельфов Северо-Запада России [диссертация]. Санкт-Петербург; 1999.
12. Евзеров В.Я. Размещение месторождений песка, песчано-гравийных смесей и легкоплавких глин Кольского региона в связи с дегляциацией. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. 2000;(9):155–162.
13. Павлидис Ю.А., Никифоров С.Л., Огородов С.А., Тарасов Г.А. Печорское море: прошлое, настоящее и будущее. Океанология. 2007;47(6):927–939.

References

1. Leonteva E.O., Agafonov S.A. Modern prospects for the port infrastructure development of the Northern Sea Route. Arctic and Innovations. 2024;2(1):71–79. (In Russ.). <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2024-2-1-71-79>
2. Shakhova N., Semiletov I., Leifer I., Salyuk A., Rekant P., Kosmach D. Geochemical and geophysical evidence of methane release over the East Siberian Arctic Shelf. Journal of Geophysical Research: Oceans. 2010;115(C8). <https://doi.org/10.1029/2009JC005602>
3. Beaudoin Y.C., Boswell R., Dallimore S.R., Waite W.F. (eds.). Frozen Heat: A Global Outlook on Methane Gas Hydrates. Volume 1. United Nations Environment Programme, GRID-Arendal; 2014.
4. Shulkin V.M., Zharikov V.V., Lebedev A.M., Bazarov K.Yu. Carbon in the *Zostera marina* Linnaeus, 1753 ecosystem on sandy grounds of Srednyaya Bay (Peter the Great Gulf, Sea of Japan) according to field observations. Morskoy Biologicheskij Zhurnal = Marine Biological Journal. 2024;9(2):98–114. (In Russ.).

5. Marine Conservation Society & Rewilding Britain. Blue carbon: Ocean-based solutions to fight the climate crisis [internet]; 2021. Available at: https://s3.eu-west-1.amazonaws.com/media.mcsuk.org/documents/BlueCarbon_Report_cd4T2eP.pdf.
6. Epstein G., Middelburg J.J., Hawkins J.P., Norris C.R., Roberts C.M. The impact of mobile demersal fishing on carbon storage in seabed sediments. *Global Change Biology*. 2022;28(9):2875–2894. <https://doi.org/10.1111/gcb.16105>
7. Bagger A.M.T., Blockley D., Gustavson K., Mosbech A., Zinglersen K.B., Burmeister A.D., [et al.]. Marine mining in Greenland — a strategic assessment of potential impacts. Scientific Report from DCE — Danish Centre for Environment and Energy No. 640 [internet]. Aarhus: DCE — Danish Centre for Environment and Energy, Aarhus University; 2025. Available at: https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Videnskabelige_rapporter_600-699/SR640.pdf.
8. Kislyakov, V. E., Katyshev, P. V., Linkov, Ya. E., Pokatskii D.A., Kirsanov A.K., Tsimbalyuk N.A. Method for mining mineral resources from the bottom of the Arctic shelf. Patent RU 2822857 C1, IPC E21C 50/02, E21C 45/00. Filed 12 January 2024, published 15 July 2024. Applicant: Siberian Federal University (in Russian).
9. Ali A.A., Zhigulsky V.A., Shilin M.B., Leonteva E.O. Environmental consequences of maintenance dredging in the port of Sabetta (Gulf of Ob) and compensation measures. *Arctic and Innovations*. 2024;2(4):30–42. (In Russ.). <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2024-2-4-30-42>
10. Ministry of Natural Resources and Environment of the Murmansk Region. *Current state of the mineral resource base of the Murmansk Region* [internet]. Available at: <https://mpr.gov-murman.ru/activities/napravleniya/10.mineral/oo.current/> (accessed 10 November 2025). (In Russ.).
11. Rybal'ko A.E. Late Quaternary sedimentogenesis of the inland seas of glacial shelves of north-western Russia [dissertation]. Saint Petersburg; 1999. (In Russ.).
12. Evzerov V.Ya. Distribution of sand, sand–gravel mixture and low-melting clay deposits of the Kola region in relation to deglaciation. *Vestnik Voronezhskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya: Geologiya = Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology*. 2000;(9):155–162. (In Russ.).
13. Pavlidis Yu.A., Nikiforov S.L., Ogorodov S.A., Tarasov G.A. The pechora sea: past, recent, and future. *Oceanology*. 2007;47(6): 865–876. <https://doi.org/10.1134/S0001437007060112>

Сведения об авторах

Екатерина Олеговна Леонтьева — аспирант, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого.

Россия, 195251, г. Санкт-Петербург, вн. тер. г. муниципальный округ Академическое, ул. Политехническая, д. 29 литера Б
Scopus Author ID: 60036756900
Web of Science ResearcherID: JDC-6366-2023
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2034-5211>
E-mail: katerina.leonteva.ol@gmail.com

Михаил Борисович Шилин — доктор географических наук, профессор, Российский государственный гидрометеорологический университет.

Россия, 192007, г. Санкт-Петербург, ул. Воронежская, д. 79
Scopus Author ID: 6603362644
Web of Science ResearcherID: LMN-1311-2024
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4901-1996>
E-mail: shilin@rshu.ru

Information about the authors

Ekaterina O. Leonteva — Postgraduate Researcher, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University. Russia, 195251, St. Petersburg, inner territory of the city, Akademicheskoe municipal district, Politekhnikeskaya St., 29, Building B
Scopus Author ID: 60036756900
Web of Science ResearcherID: JDC-6366-2023
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2034-5211>
E-mail: katerina.leonteva.ol@gmail.com

Mikhail B. Shilin — Dr. Sci. (Geogr.), Prof., Russian State Hydrometeorological University. Russia, 192007, St. Petersburg, Voronezhskaya St., 79
Scopus Author ID: 6603362644
Web of Science ResearcherID: LMN-1311-2024
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4901-1996>
E-mail: shilin@rshu.ru

Вклад авторов

Екатерина Олеговна Леонтьева — разработка общей концепции статьи, работа с источниками, подготовка и обобщение материала.

Шилин Михаил Борисович — работа с источниками, подготовка рукописи к изданию.

Author's contribution

Ekaterina O. Leonteva — research concept development, literature review, data analysis, draft manuscript writing.

Mikhail B. Shilin — literature review, data analysis, manuscript preparation for publication.