

Особенности гранулометрического состава современных отложений озер полуостровов Рыбачий и Средний (Мурманская область)

Адамская П. Н.^{1,2}, Слукровский З. И.¹, Даувальтер В. А.¹

¹ Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН, Апатиты, polina.adamskaya@bk.ru

² Филиал ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет» в г. Апатиты

Аннотация. Изучение гранулометрического состава донных отложений озер играет важную роль в комплексном лимнологическом исследовании той или иной территории, особенно в контексте освоения природных ресурсов арктического региона. В данной работе представлены результаты оценки гранулометрического состава поверхностного слоя донных отложений малых озер тундровой зоны озер: Скорбеевское, Лохи и Крайнее (п-ов Рыбачий), Поропеллон (п-ов Средний). Установлено, что осадки озер преимущественно представлены псаммитовой фракцией с размерами частиц в диапазоне от 0.05 до 1 мм. Для более полного понимания особенностей осадконакопления в водоемах Мурманской области были проведены сопоставительные работы по гранулометрическому составу озер тундровой зоны, не относящихся к полуостровам Средний и Рыбачий, а также горной тундры и лесотундры региона.

Ключевые слова: донные отложения, гранулометрический состав, фракции грунта, тундровая зона, полуострова Рыбачий и Средний, Мурманская область, Арктика.

Features of the grain size composition of modern sediments in the lakes of the Rybachy and Sredny peninsulas (Murmansk region)

Adamskaya P. N.^{1,2}, Slukovski Z. I.¹, Dauvalter V. A.¹

¹ Institute of North Industrial Ecology Problems Kola SC RAS, Apatity, polina.adamskaya@bk.ru

² Apatity branch of Murmansk Arctic University, Apatity

Abstract. The study of the grain size composition of lake bottom sediments plays a crucial role in addressing numerous practical tasks, especially in the context of developing natural resources in the Arctic region. This work presents the results of an assessment of the grain size composition of the surface layer of bottom sediments from small lakes in the tundra zone: Lake Skorbeevskoe, Lake Lokhi, and Lake Kraynee (Rybachy Peninsula), as well as Lake Poropellon (Sredny Peninsula). It has been established that the sediments of these lakes are predominantly represented by the psammitic fraction, with particle sizes ranging from over 1 mm to 0.1 mm. To achieve a more comprehensive understanding, comparative studies were conducted on the grain size composition of lakes in the tundra zone that are not associated with the Sredny and Rybachy Peninsulas, as well as in the mountain tundra and forest-tundra of the Murmansk region.

Keywords: lake sediments, granulometric composition, soil fractions, tundra zone, Rybachy and Sredny Peninsulas, Murmansk region, Arctic.

Введение

Комплексное исследование колонок донных отложений водоемов представляет собой метод изучения климатической, ландшафтно-географической и экологической изменчивости озера и окружающей среды. Особенно актуальны такие исследования на фоне современного промышленного освоения Арктики, где состояние экосистем и водных объектов становится предметом пристального внимания. Одним из параметров для его оценки экологической является гранулометрический состав.

Гранулометрический анализ позволяет выявить преобладающие фракции грунта, что, в свою очередь, определяет характер накопления в отложениях различных химических элементов, в том числе поллютантов, таких как углеводороды и тяжелые металлы (Лукьянов и др., 2011). Поверхностный (по разным данным от ~10 до ~30 см) слой донных осадков является основным объектом геоэкологических исследований. Физические и геохимические свойства современных осадков служат индикаторами величины и интенсивности накопления загрязняющих веществ. Также по физи-

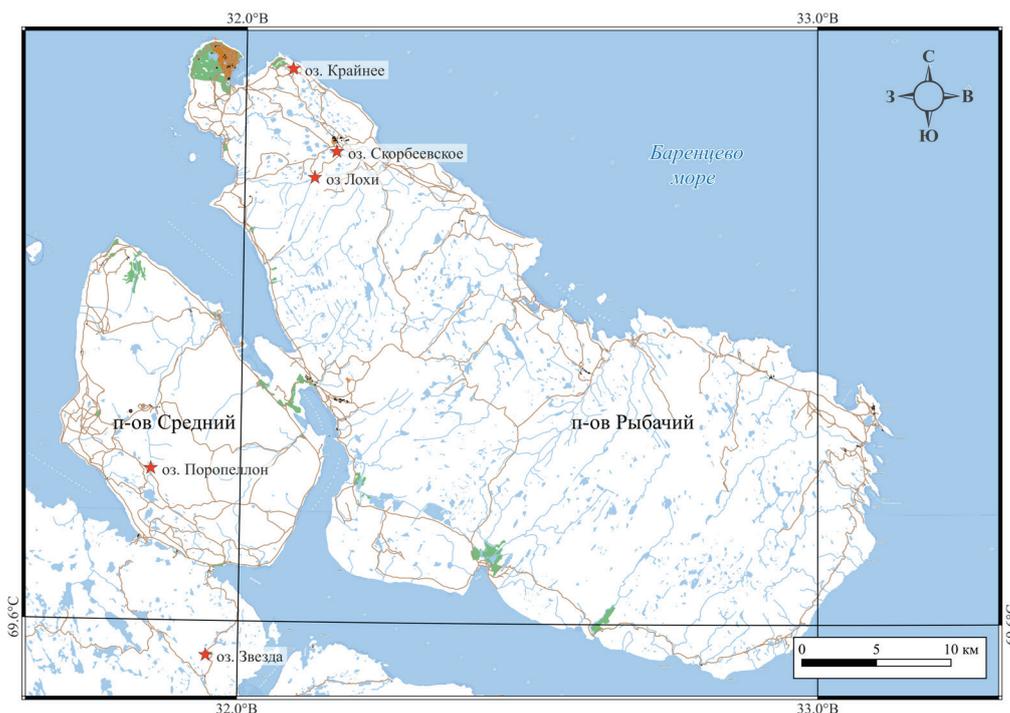


Рис. 1. Район исследований – полуостровов Средний и Рыбачий. Точками отмечены места отбора проб
Fig. 1. Study area – Sredny and Rybachy Peninsulas. Dots indicate sampling locations

ческим характеристикам верхних слоев можно судить о современном характере осадконакопления, что имеет важное значение для оценки состояния водоемов (Иванов, 2006).

Цель данной работы – анализ гранулометрических особенностей донных отложений четырех малых озёр Скорбеевское, Лохи, Крайнее и Поропеллон, расположенных в тундровой зоне на полуостровах Средний и Рыбачий Мурманской области (рис. 1).

Материалы и методы

Полуострова Средний и Рыбачий расположены на северо-западе Мурманской области и административно входят в состав Печенгского района. Рельеф данной местности представляет собой плато, резко обрывающееся к Баренцевому морю. Плато сложено песчаниками, известняками и глинистыми сланцами. Наивысшая точка п-ова Рыбачий достигает 299 м, в то время как максимальная высота п-ова Средний составляет 334 м. Полуостров Средний соединяет Рыбачий с материковой частью Кольского п-ова через хребет Муста-Тунтури (Атлас..., 1971).

Геологическая структура территории п-вов Средний и Рыбачий является частью позднепротерозойского Тимано-Варангерского складчато-разрывного пояса, обрамляющего Восточно-Европейскую платформу. Рифейские отложения области Среднего п-ова отделены от архейских пород Мурманского блока сложной геометрией отражающих площадок (Сорохтин и др., 2022). Архейский кристаллический фундамент погружается до 8–12 км в пределах Среднего п-ова и до 16–18 км в районе Рыбачьего (Симонов и др., 2002). Данная территория характеризуется проявлениями полиметаллических ресурсов, а также фосфатного и керамического сырья (Атлас..., 1971).

Озёра Скорбеевское, Лохи, Крайнее и Поропеллон являются небольшими водоемами, расположенными среди северной тундры (рис. 1). Максимальная глубина оз. Скорбеевское составляет 8.9 м. (средняя – 3.3), в то время как максимальная глубина оз. Лохи достигает 13.1 м (средняя – 3.0). Озеро Крайнее имеет максимальную глубину 3.2 м (средняя – 2.0), а максимальная глубина оз. Поропеллон равна 0.8 м. (средняя – 0.6). В непосредственной близости от этих водоемов отсутствуют населенные пункты, если не считать заброшенного поселка (вероятно, военного) на берегу оз. Скорбеевского и промышленные предприятия. Более подробная информация об изученных озёрах представлена в табл. 1.

Таблица 1. Общие морфометрические показатели озёр и гидрологическое описание
Table 1. General morphometric parameters of lakes and their hydrological description

Название озера	S, км ²	l, км	h		Общее описание водоема
			h _{ср.}	h _{макс.}	
Скорбеевское	0.17	0.75	8.9	3.31	Озеро продолговатой формы. Впадающих водотоков нет, сток осуществляется через безымянный водоток в реку Скорбеевская
Лохи	0.18	1.22	13.1	3.06	Котловина представлена двумя широкими плёсами, соединёнными узкой протокой. Сток идет через два безымянных водотока в губу Большая Волоковая
Крайнее	0.05	0.45	3.2	2.01	Озеро бессточное. Котловина продолговатой вытянутой формы, близкой к овальной
Поропеллон	0.12	0.65	0.8	0.66	Котловины треугольной формы. Впадающих водотоков нет, сток осуществляется через безымянную реку в озеро Палви

Отбор проб донных отложений озёр производился в летний период 2024 г. При помощи пробоотборника системы Стогхейма (рис. 2 а) были отобраны колонки осадков из центральных частей водоемов Скорбеевское, Крайнее, Поропеллон. Длина колонок составила 35, 25 и 30 см соответственно. Осадки преимущественно представлены мягкими илами с частичками песка. После извлечения колонки были разделены на слои по 5 см. Для оз. Лохи была отобрана нестратифицированная проба донных отложений с помощью дночерпателя Экмана Берджа (рис. 2 б) также из центральной (наиболее глубокой) части водоема. После отбора и деления на слои каждая проба помещалась в отдельный маркированный полиэтиленовый пакет. Для хранения проб при транспортировке использовалась сумка-холодильник.

Гранулометрический анализ осуществлялся с использованием анализатора частиц серии LS13 320 в Институте геологии КарНЦ РАН (Петрозаводск). Подробная методика подготовки проб

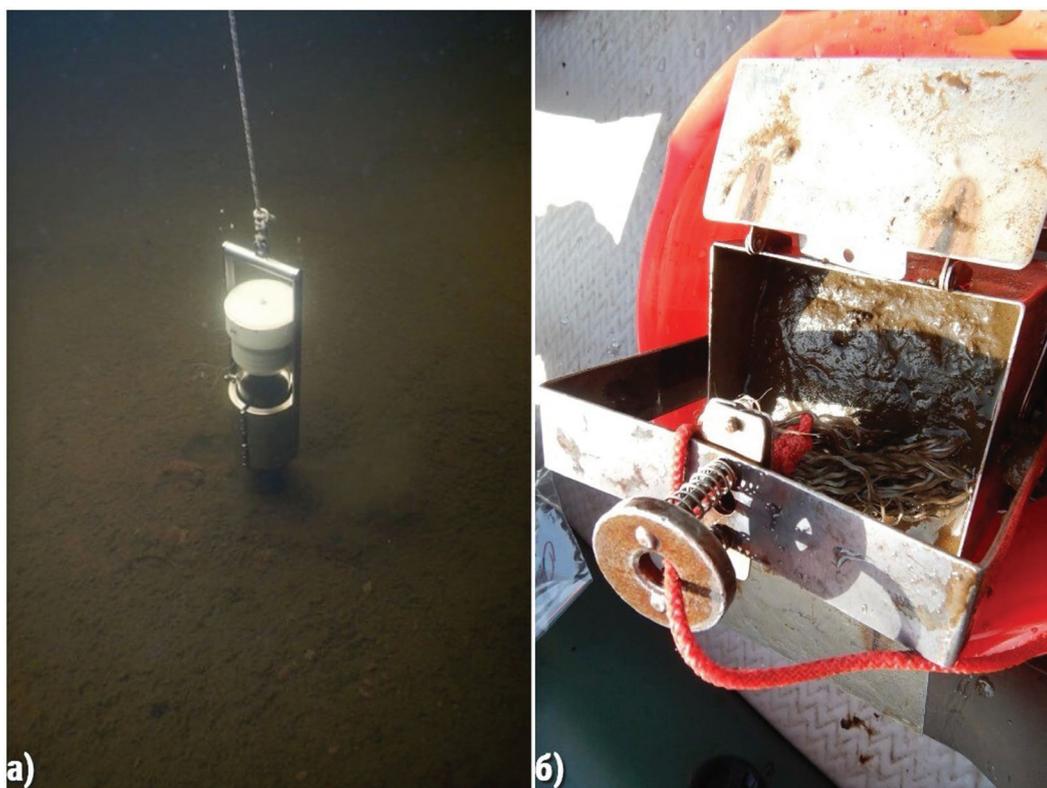


Рис. 2. Оборудование: а – пробоотборник системы Стогхеима; б – дночерпатель Экмана Берджа
Fig. 2. Equipment: a – Stogheim sampler; b – Ekman Berge grabber

к анализу и описание методов лабораторных исследований приводится в работе (Шелехова и др., 2020). Для графического представления данных были использованы программы MS Excel 2016 и Inkscape 0.91.

Результаты и обсуждение

По гранулометрической классификации (Субетто, 2009), осадки озёр Скорбеевское и Крайнее на п-ове Рыбачий, а также оз. Поропеллон на п-ове Средний, в основном представлены песчаными типами (рис. 3). В данных водоемах значительная доля псаммитовых фракций составляет от 63 до 78 %, в то время как алевритовые отложения варьируются от 20 до 32 %.

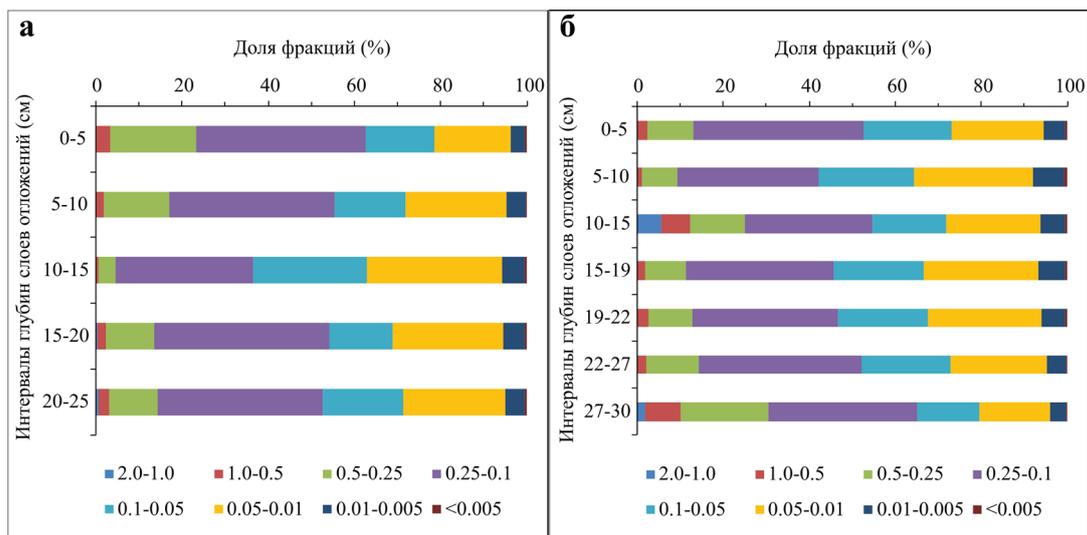


Рис. 3. Распределение гранулометрических фракций по колонке отложений: а – оз. Крайнее; б – оз. Поропеллон
 Fig. 3. Distribution of granulometric fractions along the sediment column: a – Lake Krainee; b – Lake Poropellon

Кроме того, в пробах из озёр Поропеллон и Скорбеевское зафиксированы псефитовые частицы, составившие 1 и 3 % от веса всех фракций соответственно. В осадках оз. Лохи наблюдается значительное количество (до 79 %) частиц размером от 0.05 до 0.005 мм (алевритовая фракция). В осадках оз. Лохи на п-ове Рыбачий наблюдается преобладание алевритовых фракций, составляющих 79 % (рис. 4). Также для оз. Лохи отмечено присутствие более 1 % пелитовых фракций в отложениях. Различия в гранулометрическом составе отложений оз. Лохи и других исследованных водоемах

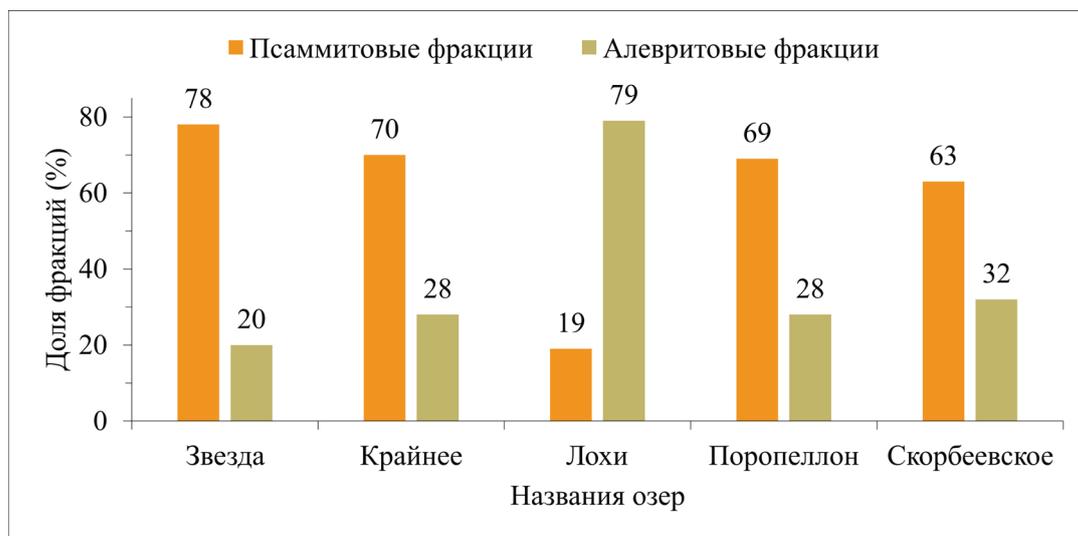


Рис. 4. Преобладающие фракции в донных отложениях озёр полуостровов Рыбачий и Средний
 Fig. 4. Predominant fractions in the bottom sediments of the lakes of the Rybachi and Sredny peninsulas

может быть следствием нескольких различных процессов. Во-первых, оз. Лохи – самое глубокое из всех водоемов, а его берега высокие в отличие от озёр Скорбеевское, Поропеллон и Крайнее. Кроме того, зона наибольшей глубины (аккумуляции) оз. Лохи находится вблизи крутого берега, что позволяет наиболее тонким (алевритовым) частичкам быстрее достигать дна. В случае других водоемов происходит рассредоточение частиц мелких фракций от зоны литорали до зоны аккумуляции. Вторая причина такой разницы в гранулометрическом составе может быть связана с большим количеством органического вещества в отложениях озёр Скорбеевское, Поропеллон и Крайнее (ППП от ~25 до ~40 %) по сравнению с осадками оз. Лохи (7.2). Часть крупных фракций, по размеру соответствующих псаммитовым, состоит из органических остатков, в частности высшей водной растительности, которая активно произрастает по берегам изученных водоемов. Кроме того, биологическая продуктивность озёр может быть различной, учитывая проточность оз. Лохи по сравнению с другими водоемами. В любом случае, данные исследования следует продолжить, в частности проведя анализ геохимических особенностей отложений озёр, чтобы сопоставить новые данные с гранулометрическим составом.

С целью более глубокого изучения условий накопления осадков и определения зависимости распределения фракций в отложениях озёр от природной зоны, были проведены сравнительные исследования гранулометрического состава отложений различных озёр Мурманской области, результаты которых представлены в табл. 2. Для сравнения использовались данные следующих озёр: тундровой зоны территории – оз. Звезда, граничащей с п-вом Средний на Кольском полуострове; горной тундры Хибин – озёр Большой Вудъявр и Малый Вудъявр; лесотундры – озёра Прогресс, Пенсионное и озёра в пределах г. Мурманска (Озёра города..., 2023).

Таблица 2. Средний гранулометрический состав поверхностных отложений в исследуемых озерах, %
 Table 2. Average granulometric composition of surface sediments in the studied lakes, %

Название озера	Размер фракций, мм										Тип и наименование осадка (Субетто, 2009)
	Псефиты	Псаммиты				Алевриты		Пелиты	Σ псам	Σ ал	
	> 1 мм	1–0.5	0.5–0.25	0.25–0.1	0.1–0.05	0.05–0.01	0.01–0.005	<0.005	1–0.05	0.05–0.005	
Конечное	–	2	12	38	18	24	4	0.4	70	28	Песчаный, песок
Лохи	–	–	–	8	11	50	29	1.4	19	79	Алевритовый, алеврит
Поропеллон	1	3	12	35	19	23	5	0.5	69	28	Песчаный, песок
Скорбеевское	3	2	5	31	25	27	5	0.5	63	32	Песчаный, песок
Звезда	0.5	2	16	45	15	17	3	0.4	78	20	Песчаный, песок
Малый Вудъявр	–	–	–	8	15	48	27	0.7	23	75	Алевритовый, алеврит
Пенсионное	0.5	2	17	34	19	22	3	0.3	72	25	Песчаный, песок
Прогресс	0.5	3	9	23	17	37	9	0.4	51	46	Песчаный, алевритовый песок
Дикое	–	–	–	6	17	46	30	0.5	23	76	Алевритовый, алеврит

В оз. Звезда, расположенном в 15 км на юго-восток от п-ова Средний и находящемся так же в тундровой зоне, в донных отложениях наблюдается выраженное преобладание фракции псаммита, составляющей 78 %, в большинстве представленных частицами размером 0.25–0.1 мм, которые составляют 45 % от общего объема. Данные результаты хорошо сопоставимы с характером донных отложений озёр п-вов Средний и Рыбачий, что свидетельствует о схожести физико-географических условий.

Озёра лесотундры (переходящей в горную тундру) Малый Вудъявр и Большой Вудъявр характеризуются алевритовыми осадками, где доля алевритов составляет 75–88 %, с преобладанием

грубой фракции (Слуковский и др., 2020). Вместе с тем, в оз. Малый Вудъявр наблюдаются глинистые отложения, усредненное количество которых стремиться к 1 %.

Осадки оз. Дикое, расположенного в лесотундровой зоне, характеризуются мелкой фракцией, где доля алевритов составляет 76 %, с преобладанием грубых алевритов 46 % от общей суммы. В оз. Пенсионное, находящемся в той же природной зоне, преобладают псаммитовые фракции (72 %), преимущественно размером частиц от 0.25 до 0.1 мм (34 %). По гранулометрическому составу донные осадки оз. Прогресс, расположенного в лесотундре, сопоставляются с алевритовыми песками, где на долю псаммитовых фракций приходится 51 %, в большем количестве представлены частицы размером 0.25–0.1 и 0.1–0.05 мм (23 % и 17 % соответственно), а алевритовых – 46 % с преобладанием алевритовых частиц 0.05–0.01 мм (37 %). Таким образом, можно предполагать, что донные отложения озёр лесотундры характеризуются алевритовой фракцией.

В озёрах г. Мурманска средняя доля псаммитовых отложений составляет 39 %, а средняя доля алевритовых отложений достигает 60 % (Слуковский и др., 2023). В результате проведенного исследования был сделан вывод о неоднозначном характере донных отложений озёр города Мурманска и в радиусе 50 км от него. В данном районе, относящемся к лесотундровой зоне, отмечается наличие как песчаного, так и алевритового типов отложений, при этом алевритовый песок встречается реже.

Заключение

Для зоны тундр, включая п-вов Рыбачий и Средний, характерен псаммитовый тип осадков. В отличие от этого, в зоне горных тундр, в которой располагаются озёра Малый Вудъявр и Большой Вудъявр, наблюдается преобладание алевритовых фракций в отложениях. Лесотундра, охватывающая озёра города Мурманска, а также озёра Прогресс, Дикое и Пенсионное демонстрирует равномерное распределение обоих типов отложений. Таким образом, исследования выявляют значительные различия в гранулометрическом составе донных отложений озёр, вероятно обусловленные эколого-географическими условиями.

Данные о повышенном содержании алевритовых и пелитовых фракций в осадках оз. Лохи требуют проведения дополнительных исследований. Необходима переоценка методов отбора проб, чтобы установить точное распределение фракционного состава и выявить возможные несоответствия, возникающие в результате использования различных пробоотборников. Это позволит более точно интерпретировать результаты и сделать обоснованные выводы о гранулометрических характеристиках осадков оз. Лохи.

Благодарности

Авторы выражают благодарность М. А. Шестакову за создание картографического материала.

Работа производилась при поддержке и в рамках реализации проекта РНФ24-17-20006 «Фоновые озёра Арктической зоны Мурманской области: гидрохимия, аномалии тяжелых металлов и микропластик как новый тип загрязнения водоёмов мира».

Литература

1. Атлас Мурманской области / А. Ф. Антонов [и др.]. М. Изд-во: Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР, 1971. 33 с.
2. Иванов Г. И. Геоэкология Западно-Арктического шельфа России: литолого-экогеохимические аспекты. СПб. Изд-во: Наука, 2006. 173 с.
3. Лукьянов С. А., Лебедев А. А., Шварцман Ю. Г. Гранулометрический состав донных отложений и его распределение в устьевой зоне р. Северной Двины // Вестник Поморского университета. Серия: Естественные науки. 2011. № 2. С. 12–19.
4. Симонов А. П., Губерман Д. М., Яковлев Ю. Н., Снетко П. П., Берзин Р. Г., Сулейманов А. К., Андрющенко Ю. Н., Заможняя Н. Г. Полуостров Рыбачий (Баренцево море): новые данные о тектонике и перспективах нефтегазоносности рифейских отложений прибрежной зоны Кольского полуострова // Доклады АН. 2002. Т. 384, № 6. С. 795–801.

5. Слуковский З. И., Гузева А. В., Григорьев В. А., Даувальтер В. А., Мицуков А. С. Палеолимнологическая реконструкция техногенного воздействия на экосистему оз. Большой Вудъявр (Кировск, Мурманская область, Арктика): новые геохимические данные // Экология урбанизированных территорий. 2020. № 4. С. 96–107. <https://doi.org/10.24412/1816-1863-2020-4-96-107>.
6. Слуковский З. И., Денисов Д. Б., Даувальтер В. А., Зубова Е. М., Мязин В. А., Гузева А. В., Черепанов А. А., Постевая М. А., Валькова С. А., Терентьев П. М., Фокина Н. В., Косова А. Л., Постнова С. В., Сошина А. С. Озёра города Мурманска: гидрологические, гидрохимические и гидробиологические особенности / З. И. Слуковский, Д. Б. Денисов, В. А. Даувальтер [и др.]. Апатиты. Изд-во : КНЦ РАН, 2023. 174 с. <https://doi.org/10.37614/978.5.91137.471.6>.
7. Сорохтин Н. О., Козлов Н. Е., Глазнев В. Н., Куликов Н. В., Чикирев И. В., Мартынов Е. В., Марчук Т. С. Архей и неопротерозой полуостровов Рыбачий и Средний (Балтийский щит): геология, геодинамика, нефтегазоносность и алмазоносность. Апатиты. Изд-во: КНЦ РАН, 2022. 853 с. <https://doi.org/10.37614/978.591137.469.3>.
8. Субетто Д. А. Донные отложения озёр: палеолимнологические реконструкции. СПб. Изд-во: РГПУ им. А. И. Герцена, 2009. 343 с.
9. Шелехова Т. С., Слуковский З. И., Лаврова Н. Б. Методы исследования донных отложений озёр Карелии. Петрозаводск. Изд-во: КарНЦ РАН. 2020. 111 с.