

ОСОБЕННОСТИ СЕДИМЕНТАЦИИ ПОСЛЕ МАЛОГО ЛЕДНИКОВОГО ПЕРИОДА В ЗАЛИВАХ ЕВРОПЕЙСКОЙ АРКТИКИ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ВЛИЯНИЮ АТЛАНТИЧЕСКИХ ВОД: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АКВАТОРИЙ АРХИПЕЛАГА ШПИЦБЕРГЕН И КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Н. И. Мещеряков, А. А. Намятов, И. С. Усягина, Н. С. Иванова, Г. Г. Матишов
Мурманский морской биологический институт РАН (Мурманск, Российская Федерация)

Статья поступила в редакцию 16 июня 2025 г.

Для цитирования

Мещеряков Н. И., Намятов А. А., Усягина И. С. и др. Особенности седиментации после Малого ледникового периода в заливах европейской Арктики, подверженных влиянию атлантических вод: сравнительный анализ акваторий архипелага Шпицберген и Кольского полуострова // Арктика: экология и экономика. — 2026. — Т. 16, № 1. — С. 6—17. — DOI: 10.25283/2223-4594-2026-1-6-17.

В работе представлен сравнительный анализ скорости и режимов седиментации в бассейнах архипелага Шпицберген и Кольского полуострова, подверженных непосредственному влиянию атлантических вод, проникающих с Нордкапским и Западно-Шпицбергенским течениями. Темпы осадконакопления на архипелаге Шпицберген были оценены в заливе Ис-фьорд и его рукавах – Грэн-фьорде, Колесбухте, Адвент-фьорде и Билле-фьорде, а на Кольском полуострове – в Кольском и Мотовском заливах, а также в прибрежье Восточного Мурмана – губе Ярнышной и бухте Оскара. В бассейнах описаны механизм и скорости современной седиментации, на основе которых проведена реконструкция аналогичных процессов в Малый ледниковый период (МЛП). По результатам исследований установлено, что скорость седиментации в бассейнах архипелага Шпицберген претерпела существенные изменения после МЛП, в то время как на Кольском полуострове эти изменения менее значительны. Основной причиной сложившихся режимов седиментации на архипелаге Шпицберген и Кольском полуострове является наличие или отсутствие оледенения на водосборных областях бассейнов. Наиболее устойчивыми к климатическим флуктуациям зонами седиментации в европейской Арктике оказались устьевые взморья рек.

Ключевые слова: седиментация, архипелаг Шпицберген, Кольский полуостров, Малый ледниковый период, климатические изменения.

Введение

Изучение геохронологии высокоширотного седиментогенеза в условиях динамичных климатических изменений представляет собой важное направление исследований в науках о Земле, объединяющее литологию, климатологию и палеогеографию. С середины XIX в. климат Северного полушария претерпевает определенные трансформации, свя-

зываемые с завершением Малого ледникового периода (МЛП), длившегося с 1303 по 1850 гг. [1]. Наиболее значимые изменения произошли в европейской Арктике, где современные климатические изменения в рамках последних столетий названы беспрецедентными [2]. В соответствии с концепцией Н. М. Страхова [3] изменения климата неизбежно влекут за собой трансформацию режимов осадконакопления. Наиболее отчетливо и быстро эти процессы должны проявляться в заливах и прибрежных зонах европейской Арктики, испытывающих влияние

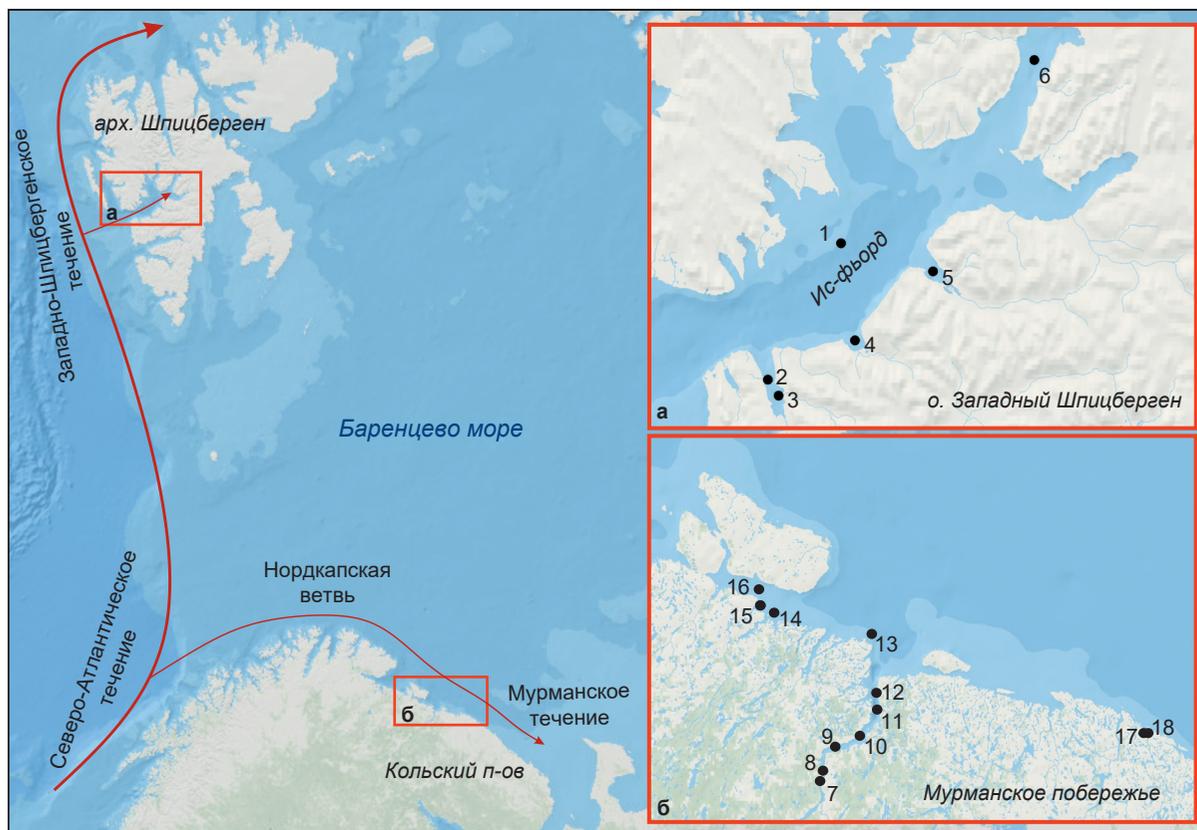


Рис. 1. Районы работ: а – архипелаг Шпицберген: 1 – Ис-фьорд, 2, 3 – Грэн-фьорд, 4 – Колесбухта, 5 – Адвент-фьорд, 6 – Билле-фьорд; б – Кольский полуостров: 7–13 – Кольский залив, 14–16 – Мотовской залив; 17 – губа Ярнышная, 18 – бухта Оскара
Fig. 1. Study areas: a – Spitsbergen archipelago: 1 – Isfjord, 2, 3 – Grenfjord, 4 – Kolesbukhta, 5 – Adventfjord, 6 – Billefjord; б – Kola Peninsula: 7–13 – Kola Bay, 14–16 – Motovsky Bay; 17 – Yarnyshnaya Bay, 18 – Oscar Bay

теплых атлантических вод. Однако интенсивность таких изменений зависит от комплекса факторов, включая геоморфологические особенности бассейна седиментации и его питающей провинции, где поступление атлантических вод сформировало уникальный микроклимат, существенно отличающийся от климата данных широт.

Цель исследования — сравнительный анализ геохронологии в прибрежных морских бассейнах архипелага Шпицберген и Кольского полуострова. Несмотря на различия физико-географических характеристик их водосборных территорий, эти регионы объединены влиянием общего океанографического фактора — проникновения атлантических вод, Западно-Шпицбергенского течения во фьорды центральной части острова Западный Шпицберген и ветвей Нордкапского течения в заливы Кольского полуострова. Широкий геоморфологический спектр исследуемых бассейнов позволяет провести комплексную оценку высокоширотной седиментации в условиях климатических флуктуаций.

Район работ

Район исследования включает центральную часть острова Западный Шпицберген и Мурманское побережье Кольского полуострова (рис. 1).

Северо-Атлантическое течение смягчает климатические условия в обоих регионах по сравнению с типичными показателями для данных широт.

Климат центральной части острова Западный Шпицберген в значительной степени определяется влиянием Западно-Шпицбергенской ветви Северо-Атлантического течения. Среднегодовые температуры воздуха в этом регионе превышают характерные для данных широт показатели [4]. Архипелаг Шпицберген характеризуется развитым оледенением, площадь которого за последнее столетие существенно сократилась [4]. Процессы дегляциации оказывают значительное влияние на седиментационный режим. Основным источником поступления осадочного материала в бассейны седиментации архипелага служат флювиогляциальные потоки, транспортирующие большое количество взвешенных наносов [5].

Мурманское побережье испытывает выраженное отепляющее воздействие Нордкапской ветви Северо-Атлантического течения, которая в районе Кольского полуострова трансформируется в Мурманское течение и его прибрежную ветвь. Морские воды заливов состоят из смеси атлантических вод Прибрежной ветви Мурманского течения и пресноводного стока. В основном заливы Кольского полу-

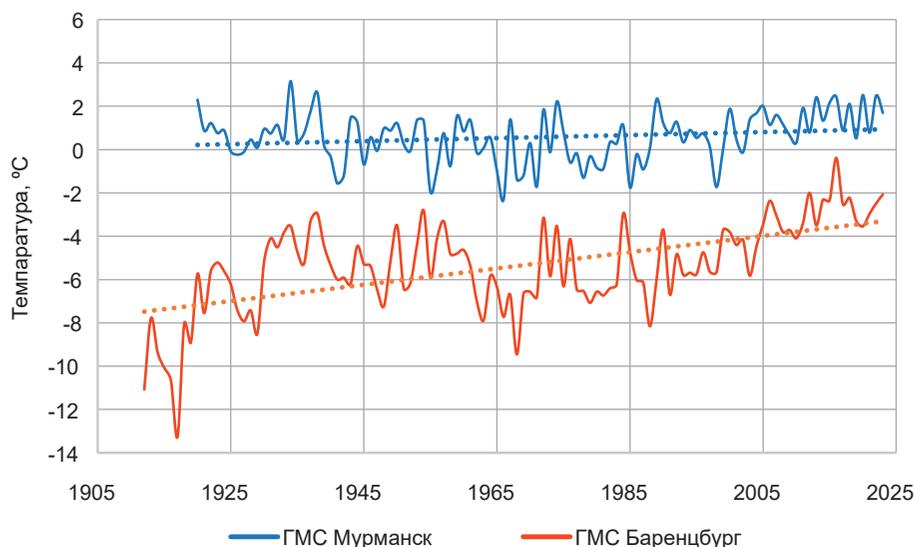


Рис. 2. Изменение средних годовых значений температуры воздуха на Кольском полуострове (гидрометеорологическая станция (ГМС) Мурманск, синий цвет) и на архипелаге Шпицберген (ГМС Баренцбург, красный цвет) [10; 11]
 Fig. 2. Changes in average annual air temperatures on the Kola Peninsula (Hydrometeorological Station (HMS) Murmansk, blue) and on the Spitsbergen archipelago (HMS Barentsburg, red) [10; 11]

острова незамерзающие, хотя в экстремально холодные периоды возможно образование льда.

В отличие от Шпицбергена на Кольском полуострове с голоцена отсутствуют ледники [6], а сохранившиеся острова вечной мерзлоты не оказывают существенного влияния на морскую седиментацию. Основной источник поступления осадочного материала в прибрежные бассейны седиментации связан с денудацией осадочных пород Кольского полуострова и процессами плоскостного смыва. При этом вклад глыбовой абразии и речного стока в поставку минерального вещества незначителен [7]. В целом для водотоков Мурманского побережья характерно низкое содержание взвешенного вещества (ВВ) (редко превышающее 2 мг/л) [8]. Также для рек, приуроченных к краевым бассейнам Мурманска, характерны низкий среднесезонный модуль стока взвешенного вещества и медленная скорость эрозии, что обусловлено геолого-геоморфологическим строением и географическим положением побережья, но не зависит критически от изменения среднегодовых температур воздуха и годовой суммы атмосферных осадков на территории региона [9].

Как на Кольском полуострове, так и на архипелаге Шпицберген (рис. 2) наблюдается глобальный линейный тренд повышения температуры воздуха.

Скорость изменения температур воздуха в линейном тренде потепления на архипелаге Шпицберген (с 1912 по 2023 гг.) по сравнению с Кольским полуостровом (с 1920 по 2023 гг.) в пять раз выше. Если изменение средних годовых значений температуры воздуха на ГМС Мурманск в линейном тренде составило 0,07°C за 10 лет, то на ГМС Баренцбург — 0,38°C за 10 лет.

Район исследований на архипелаге Шпицберген охватывает крупнейший залив Ис-фьорд и его ответвления. Ис-фьорд, протянувшийся на 107 км в юго-западном — северо-восточном направлении, представляет собой самый большой фьорд архипелага. Его сильно изрезанная береговая линия формирует несколько второстепенных заливов [12], включая Грэн-фьорд, Колесбухта, Адвент-фьорд и Билле-фьорд. Поскольку на выходе из залива отсутствует топографический барьер, водные массы с континентального шельфа могут свободно проникать внутрь Ис-фьорда [13]. Ис-фьорд и его рукава, несмотря на воздействие теплого течения, периодически покрываются льдом. В наибольшей степени это касается кутовых частей заливов и устьевых зон рек.

Залив Грэн-фьорд протяженностью 16,3 км является юго-западным рукавом Ис-фьорда. Он ориентирован в меридиональном направлении. Ширина залива изменяется от 5,3 км в устье до 1,7 км в кутовой части, глубина — с юга на север и достигает максимальных значений 178 м в устье залива на траверсе мысов Фестнингген и Хееродден. Порог в горловине Грэн-фьорда отсутствует, что обеспечивает возможность свободного обмена с водными массами Ис-фьорда [13]. В заливе изучалось распределение изменчивости содержания речных (ледниковых) вод в составе морских вод. Наибольшее содержание локального речного стока обнаружено в зоне лавинной разгрузки осадочного материала (от 100% до 9—11%). Максимальный вертикальный градиент изменения содержания речных вод наблюдался в слое 5—7 м, ниже эта величина варьировалась в пределах 1—4%. Уменьшение содержания речных вод от градиентной зоны к оси залива в среднем составляло 0,2% на 100 м, и на

расстоянии 1,6 км от уреза воды содержание речных вод составляло 6—8%. Максимальный горизонтальный градиент изменения содержания речных вод прослеживался на расстоянии 400—600 м от устья реки. На этом расстоянии содержание речного стока локального происхождения уменьшалось от 100% до 11%, а величина солёности увеличилась от 0 до 31 единицы практической солёности [14].

В залив впадают несколько ручьев и рек [13]. С востока впадает самая большая река водосбора залива Грёндален [15].

Залив Билле-фьорд — северо-западный рукав Ис-фьорда. Длина залива (без учета бухт Адольфа и Петунья) составляет 26 км, ширина изменяется в пределах 5—8 км, средняя глубина — 160 м, площадь — 182 км², объем — 13 км³. На входе бассейна седиментации расположены два топографических барьера, препятствующих свободному водообмену с Ис-фьордом, — внешний (70 м) и внутренний (40 м) [12; 13].

Залив Адвент-фьорд — один из южных рукавов Ис-фьорда, ориентирован с юго-востока на северо-запад, длина составляет 8,3 км, ширина — 3,4 км. Глубина центрального бассейна составляет от 60 до 100 м [16]. Данный бассейн седиментации испытывает влияние реки Адвент, которая впадает в куттовую часть залива. Река насыщена взвешенными частицами и является значимым поставщиком осадочного вещества в залив.

Колесбухта, являясь южным рукавом Ис-фьорда, представляет собой залив, вытянутый в южном и юго-восточном направлениях на 4,2 км при ширине в устьевой части около 3,5 км. Морфометрия залива характеризуется постепенным увеличением глубин в северном направлении. Бассейн седиментации имеет выраженную желобообразную форму с максимальными глубинами до 100 м в районе соединения с Ис-фьордом, при этом около 75% площади дна располагается выше изобаты 50 м. Важнейшим фактором формирования осадочного материала выступает река Колес, впадающая в вершину залива и существенно влияющая на современные процессы осадконакопления в бассейне [17].

Район исследований на Кольском полуострове включает Кольский залив, Мотовский залив, губу Ярнышную и бухту Оскара. Кольский залив является типичным незамерзающим фьордом, который глубоко вдаётся в сушу (на 57 км) при относительно незначительной ширине (до 7 км). Залив делится на три колена — южное, среднее и северное. Мотовский залив расположен на западе Мурмана, его длина составляет около 43 км, ширина изменяется в пределах от 5 до 15 км, глубины превышают 200 м. Площадь водного зеркала залива — около 380 км², что более чем вдвое превышает площадь акватории Кольского залива [18]. Губа Ярнышная — вдающийся на 6 км в материк залив (фьорд) с глубинами до 80 м и шириной до 2,1 км. Берега скалистые, обрывистые. Бухта Оскара — глубоководная часть губы

Зеленецкой с глубинами до 20 м. Длина бухты около 500 м, ширина в устье до 800 м.

Материалы и методы

Работа выполнена на основе обобщения и систематизации ранее опубликованных авторами материалов по датированию осадочной толщи и скорости осадконакопления методом избыточного (атмосферного) ²¹⁰Pb [19—21], а также баз данных Норвежского метеорологического института [22] и открытых источников Арктического и антарктического научно-исследовательского института и Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации — Мирового центра данных [10; 11].

Результаты и обсуждение

На архипелаге Шпицберген в заливе Ис-фьорд зафиксированы существенные изменения темпов седиментации после окончания МЛП. Согласно исследованиям, мощность донных отложений центральной части Ис-фьорда, сформированных с начала МЛП до конца XX в., составляет 17 см [23], что соответствует средней скорости седиментации 0,015 см/год. В современный период (после МЛП) скорость седиментации увеличилась до 0,11—0,17 см/год [24]. Следует учитывать, что рассматриваемый временной интервал включает не только сам МЛП, но и около 150 лет после его завершения, поэтому фактические показатели седиментации в МЛП были существенно ниже. В северо-восточном рукаве Ис-фьорда залива Билле-фьорд в период МЛП темпы седиментации составляли около 0,02 см/год, тогда как в XX в. они достигли 0,18—0,34 см/год [12; 25]. В юго-западном рукаве залива Грён-фьорд современная скорость седиментации составляет в среднем 0,1 см/год [15]. Принимая во внимание, что бассейны со сходными условиями осадконакопления должны иметь сопоставимые скорости седиментации, можно предположить, что скорость осадконакопления в заливе Грён-фьорд в МЛП составляла приблизительно 0,02 см/год (рис. 3).

Наибольшие скорости осадконакопления наблюдаются в районах, подверженных влиянию речного стока, где современные значения достигают 1,3 см/год, тогда как в 1860-х годах они не превышали 0,09 см/год [14]. Следует отметить, что темпы седиментации на устьевом взморье оставались стабильными до конца XX в. Увеличение скорости седиментации произошло в результате трансформации режима осадконакопления в Грён-фьорде, связанной с перераспределением донных отложений [26] вследствие отсутствия формирования берегового припая [27; 28] на мелководье.

В заливе Колесбухта зафиксирован значительный рост скорости седиментации — с 0,03 см/год в первой половине XX в. до 0,5 см/год в начале XXI в. [17]. С учетом глубин и геоморфологических особенностей большей части бассейна, которая является

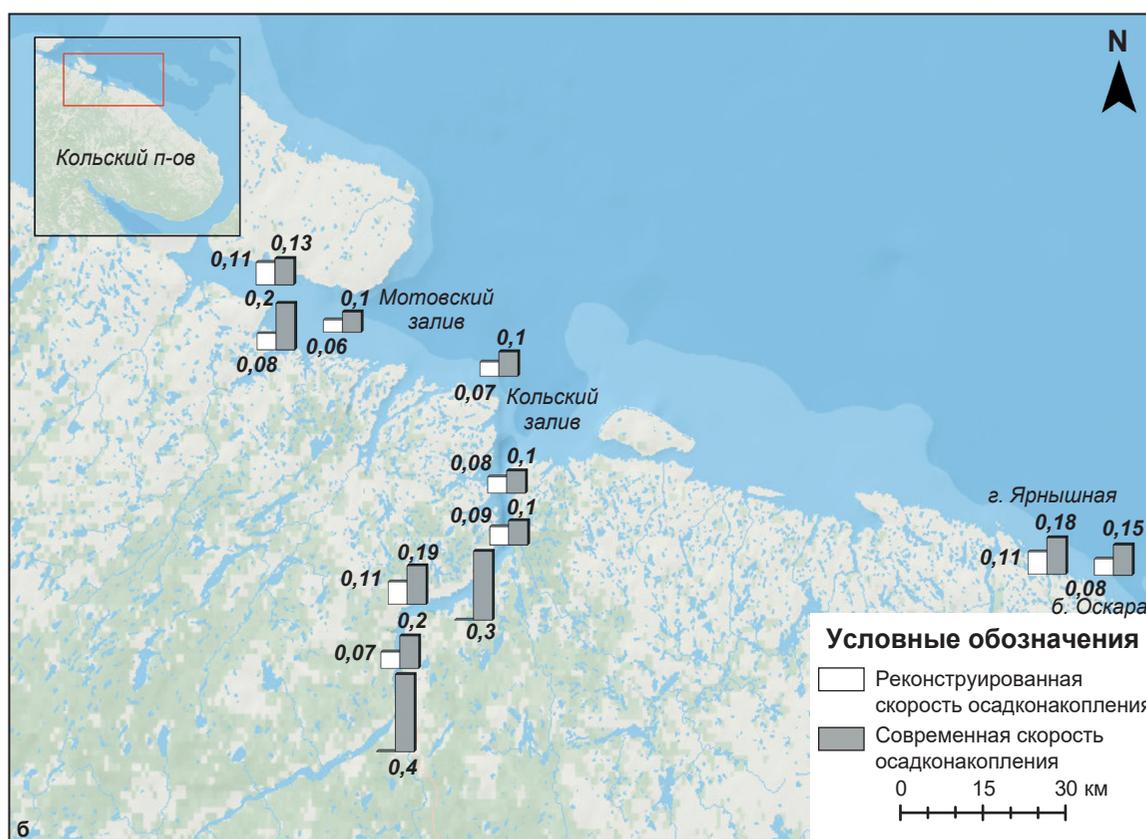
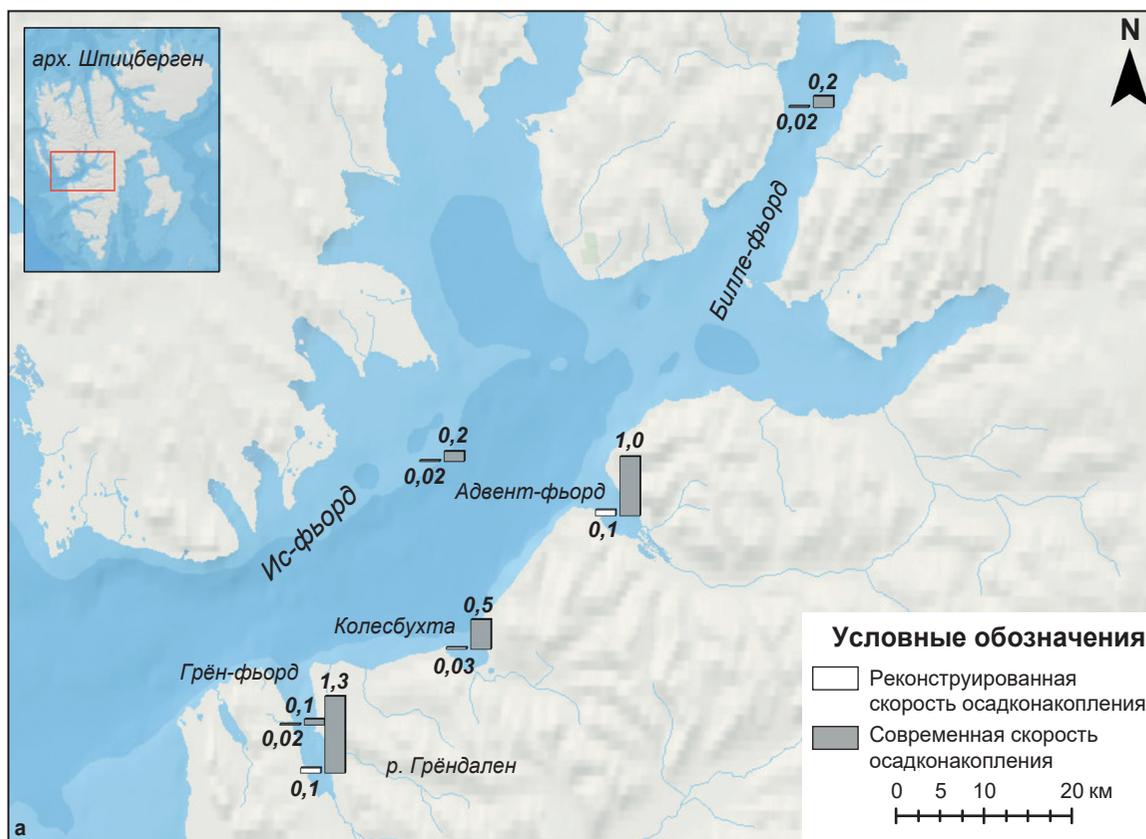


Рис. 3. Современные темпы седиментации (см/год) и реконструированные (на период МЛП) в районах работ: а – архипелаг Шпицберген, б – Кольский полуостров

Fig. 3 Current sedimentation rates (cm/year) and reconstructed ones (as of the LIA) in the study areas: а – Svalbard Archipelago, б – Kola Peninsula

транзитной зоной осадочного вещества, данная информация отражает изменение режима седиментации в заливе, связанное с перераспределением донных отложений в бассейне, а также указывает на увеличение транзита осадочного вещества.

Поскольку даже в удаленной от источников сноса центральной части бассейна залива Ис-фьорд в МЛП скорости седиментации составляли 0,02 см/год, можно заключить, что в заливе Колесбухта, подверженном значительному влиянию речного стока реки Колес, значения скорости седиментации в МЛП не опускались ниже этого уровня и соответствовали показателям начала XX в.

В заливе Адвент-фьорд во второй половине XX в. скорости седиментации варьировали от 0,58 до 1,0 см/год [16]. Учитывая сопоставимые значения скорости осадконакопления и сходные механизмы седиментации для устьевых зон и взморий заливов Колесбухта и Грэн-фьорд, можно предположить, что в период МЛП темпы седиментации в Адвент-фьорде были ниже современных приблизительно в 10 раз и составляли менее 0,1 см/год.

На Кольском полуострове в Кольском заливе скорость седиментации после МЛП составляет от 0,12 до 0,19 см/год, локальные значения достигают 0,38 см/год [29; 30].

В устьевой части залива на осадконакопление оказывают влияние реки Кола и Тулома. С удалением от их устьевых зон увеличивается роль плоскостного смыва и абразии. Для района устьевого взморья Туломы и Колы характерны повышенные темпы седиментации в бассейне залива. Скорость седиментации в южном колене залива может достигать 0,38 см/год. Несмотря на мелководье (11 м) и, как следствие, отсутствие относительно спокойных гидродинамических условий для аккумуляции, баланс поступающего материала значительно превышает его размыв. При удалении от устьевого взморья при глубине 33 м скорость седиментации уменьшается до 0,16 см/год.

В среднем колене залива на глубине более 40 м скорость седиментации достигает 0,19 см/год. В среднем колене залива на склонах западного борта, в районе губы Ретинской, скорость осадконакопления может достигать 0,34 см/год. Вероятно, это связано с процессами склоновой седиментации и возможным субаквальным деляпсиом. Помимо этого в среднем колене производится сброс грунтов после дноуглубительных работ, что искажает природу седиментации бассейна антропогенным воздействием. Подобные значения являются частным случаем, распространенным на крутых подводных склонах залива. Поэтому экстраполяция таких скоростей на весь бассейн седиментации центрального колена Кольского залива не представляется верной.

В северном колене Кольского залива скорость осадконакопления составляет 0,12 см/год в районе губы Тюва (глубина 97 м) и 0,11 см/год (глубина 163 м) в районе губы Большой Волковой (см. рис. 3).

Вскрытая осадочная толща мощностью 13 см начала формироваться в 1923 г. Поскольку для точек отбора проб характерны спокойные гидродинамические условия аккумуляции и при этом она удалена от подводного склона, полученные данные по скорости седиментации отражают условия осадконакопления большей части бассейна северного колена Кольского залива. В устье залива темпы седиментации соответствуют 0,12 см/год [30].

В Мотовском заливе темпы седиментации составляют от 0,1 до 0,2 см/год [18; 30]. Осадконакопление происходит за счет денудации осадочных пород полуостровов Рыбачий и Средний, а также речной взвеси с Мурманского побережья. Аккумуляция осадков происходит в глубоководной и пологой зоне с низкой гидродинамикой на расстоянии более 3 км от береговой зоны, что во многом определяет литотип формирующихся здесь глубоководных отложений. Подобные условия способствуют формированию мелкодисперсных осадков. Отсутствие грубообломочных зерен в глубоководной осадочной толще мощностью до 32 см на востоке Мотовского залива [18] исключает влияние ледового разноса на формирующийся литотип. С учетом средней скорости седиментации данная тенденция сохраняется уже не первое столетие.

Последние геохронологические исследования в губе Ярнышной и бухте Оскара [31] позволили не только установить средние значения седиментации (0,15—0,18 см/год), но и выявить узкий диапазон их вариации (0,1 см/год) за последние столетия. Однородность гранулометрического состава донных отложений говорит о стабильности условий седиментации в период формирования осадочной толщи на протяжении XX—XXI вв.

С учетом постоянства условий осадконакопления подобная тенденция должна прослеживаться во всех заливах Кольского полуострова. Таким образом, в МЛП темпы седиментации в краевых бассейнах Кольского полуострова, вероятно, были приблизительно в 1,8 раза ниже, чем современные (табл. 1), и соответствовали диапазону от 0,06 до 0,11 см/год (см. рис. 3).

В районах устьевых зон и приустьевых акваторий заливов Мурманского побережья скорости седиментации в МЛП почти не отличались от современных. Это предположение основывается на следующих наблюдениях: даже на архипелаге Шпицберген, где темпы седиментации изменились повсеместно, в эстуарной зоне реки Грэндален (остров Западный Шпицберген) они оставались стабильными вплоть до начала XX в., пока не изменились условия осадконакопления на обширном мелководье и не произошел резкий скачок темпов седиментации [14] (см. табл. 1). Кроме того, многолетние измерения ВВ в ряде водотоков побережья Мурманска не показали значимых межгодовых различий содержания ВВ, и эти показатели, как правило, находятся в пределах 1 мг/л [8].

Таблица 1. Изменение скорости осадконакопления в европейской Арктике в зоне влияния Северо-Атлантического течения

Table 1. Changes in sedimentation rates in the European Arctic in the zone of the North Atlantic Current influence

Бассейн седиментации	МЛП, см/год	Современное потепление, см/год	Увеличение скорости седиментации
<i>Система заливов Ис-фьорд (остров Западный Шпицберген)</i>			
Ис-фьорд	< 0,02 [23]	0,11—0,17 [24]	× 7—11
Билле-фьорд	0,02 [25]	0,18—0,19 [25; 32]	× 9
Грён-фьорд	≤ 0,02 *	0,10 [15]	× 5
Устьевая зона реки Грёндален	≤ 0,09 [14]	0,10 (XX в.) 1,30 (XXI в.) [14]	× 1,1 × 14,4
Колесбухта	~ 0,03 *	0,50 [17]	× 16
Адвент-фьорд	< 0,10 *	0,58—1,00 [16]	× > 6
<i>Мурманское побережье (Кольский полуостров)</i>			
Кольский залив	—	0,12—0,38	—
Устьевое взморье рек Тулома и Кола	—	До 0,38 [30]	—
Южное колено Кольского залива	~ 0,07 *	0,16 [30]	× 2,3
Среднее колено Кольского залива	~ 0,11 *	0,19 [30]	× 1,7
Губа Ретинская (западный борт)	—	0,34 [29]	—
Северное колено	~ 0,08 *	0,11—0,12 [30]	× 1,5
Устье Кольского залива	~ 0,07 *	0,12 [29]	× 1,7
Мотовский залив	0,06—0,11 *	0,10—0,23 [18; 30; 33]	× 1,0—4,0 (?)
Губа Ярнышная	~ 0,11 *	0,18 [31]	× 1,6
Бухта Оскара	~ 0,08 *	0,15 [31]	× 1,9

* Значения, рассчитанные авторами.

Следует отметить, что из данной гипотезы необходимо исключить реки Колу и Тулому, подверженные существенному антропогенному воздействию вследствие строительства каскада ГЭС и мостов. Для репрезентативной реконструкции седиментационных процессов в Кольском заливе в МЛП (т. е. в период до антропогенного вмешательства) требуются дополнительные исследования.

Изучение осадочной толщи Кольского залива, сформированной в период развития портовой и сухоходной инфраструктуры в XX в., может дать исчерпывающую информацию о природных темпах седиментации, поскольку в отдельных районах залива осуществлялась свалка грунтов при дноуглубительных работах. Реконструкция темпов седиментации для МЛП на бортах Кольского залива также невозможна, так как склоновая седиментация в большей степени обусловлена субквальноными гравитационными процессами, нежели климатическими особенностями водосборной площади, а следовательно, отличается меньшей предсказуемостью.

Сравнительный анализ исследуемых районов показал, что после МЛП при сопоставимых климатических условиях и трендах на архипелаге Шпицберген (в заливе Ис-фьорд и его рукавах) скорость седиментации увеличилась приблизительно на порядок (см. рис. 3), тогда как на Кольском полуострове подобные изменения зафиксированы не были. Таким образом, можно заключить, что в МЛП темпы седиментации в губах и заливах Кольского полуострова (0,06—0,11 см/год) были в несколько раз выше, чем во фьордах центральной части архипелага Шпицберген (0,02—0,03 см/год). Средние значения бассейновой седиментации Мурманского берега оказались сопоставимы с локальными показателями устьевых взморий в рукавах Ис-фьорда (0,09 см/год).

В настоящее время скорости седиментации во фьордах архипелага Шпицберген и Кольского полу-

острова сопоставимы с локальными показателями устьевых взморий в рукавах Ис-фьорда (0,09 см/год).

острова стали сравнимы. Однако при учете локальных значений, характерных для устьевых взморий, скорость седиментации в бассейнах архипелага Шпицберген в несколько раз превышает соответствующие показатели Кольского полуострова (см. табл. 1).

Высокие темпы седиментации связаны со смягчением климата и, как следствие, с общей дегляциацией архипелага Шпицберген после Малого ледникового периода. Наиболее ярко этот процесс проявился в водосборном бассейне Ис-фьорда (Земля Норденшельда) — районе, подверженном влиянию Северо-Атлантического течения [34—36]. Освободившиеся от ледников территории обнажили новообразованный постгляциальный рельеф (морены, зандры, камы), который начал активно размываться под воздействием флювиогляциальных потоков и рек с ледниковым питанием. В результате огромное количество осадочного материала (преимущественно мелкодисперсного) было мобилизовано и вынесено водотоками в заливы системы Ис-фьорда и аккумуляровалось в пределах сублиторали. Полноводность рек способствовала увеличению твердого стока за счет русловой эрозии. С учетом особенностей рельефа Земли Норденшельда дегляциация также привела к активизации склоновых процессов (солифлюкции, линейной и плоскостной эрозии), что усилило мобилизацию и поступление осадочного вещества в бассейн заливов.

Однако для десятикратного увеличения скорости седиментации этих процессов недостаточно. Мы предполагаем, что столь резкий рост на коротких геохронологических интервалах связан с размывом донных отложений на мелководьях Ис-фьорда и его рукавов во время зимне-весенних штормов. Именно в эту транзитную область бассейна седиментации за короткое время было поставлено основное количество осадочного вещества после дегляциации Земли Норденшельда. Перераспределение осадочного материала из зоны транзита в зону спокойной седиментации шло монотонно под действием гидродинамического режима и океанографических процессов. Динамичному размыву препятствовал береговой ледовый припай, но смягчение климата привело к сокращению ледовитости в регионе, уменьшению мощности или полному исчезновению припая в отдельные годы, что способствовало более динамичному перераспределению осадочного вещества по бассейну седиментации.

На Кольском полуострове существенные изменения в режиме седиментации не наблюдались, несмотря на ярко выраженный в последнем столетии тренд потепления. Присущий МЛП режим осадконакопления не претерпел существенных трансформаций. Стабильность темпов накопления осадочного вещества объясняется отсутствием ледниковых массивов и новообразованного постгляциального рельефа, а также региональными особенностями условий седиментации, включая низкое содержание

взвешенных веществ в водотоках, денудацию горных пород и глыбовую абразию, которые в меньшей степени зависят от климатических изменений. Одним из следствий смягчения климата в прибрежье Кольского полуострова, находящегося под влиянием Мурманского течения, стало увеличение продолжительности сезона седиментации. Более длительный теплый период в течение года способствует мобилизации осадочного вещества на водосборе, а частые оттепели в зимне-ранневесенний период усиливают процессы морозного выветривания, что отразилось хотя и в незначительном, но увеличении скорости седиментации.

Выводы

Климатические изменения последнего столетия в Арктике существенно скорректировали современный режим седиментации на архипелаге Шпицберген, в то время как на Кольском полуострове изменения были менее значимы.

Скорость изменения температур воздуха в глобальном тренде на архипелаге Шпицберген за последнее столетие по сравнению с Кольским полуостровом в пять раз выше. На этом фоне современные средние темпы седиментации в заливах центральной части острова Западный Шпицберген превышают значения, характерные для Мурманского побережья. Однако в МЛП наблюдалась обратная ситуация — скорости седиментации на Кольском полуострове были в несколько раз выше, чем на архипелаге Шпицберген. Основными факторами, определяющими режим седиментации в этих бассейнах, являются особенности водосборных площадей, наличие или отсутствие оледенения и новообразованного постгляциального рельефа, а также возможность мобилизации осадочного вещества в пределах водосбора.

Режим седиментации в устьевых зонах краевых бассейнов Мурманского побережья в последние столетия представляет собой наиболее стабильную систему. Исключение составляют устьевые взморья рек, подверженные антропогенному воздействию, которого не было в МЛП. Для получения репрезентативных данных по этим объектам требуются дополнительные исследования, способные выделить роль антропогенного вмешательства в режим седиментации.

Финансирование

Анализ геохронологии седиментации на архипелаге Шпицберген выполнен в рамках темы 188-25-02. (1.6.19) «Состояние морских и наземных экосистем архипелага Шпицберген в условиях современной климатической и антропогенной изменчивости», номер государственной регистрации 125012900989-8 (29.01.2025), номер в госзадании FMEE-2025-0003. Реконструкция динамики седиментации выполнена за счет гранта Российского научного фонда (№ 22-17-00243) «Радиационная океанология и геозколо-

гия прибрежного шельфа Баренцева и Белого морей. Биокосные взаимодействия в системе: донные отложения — вода — макроводоросли — микроорганизмы, их роль в ремедиации морской прибрежной экосистемы при радиационном и химическом загрязнении в условиях Арктики».

Литература/References

1. Matthes F. E. Report of Committee on Glaciers, April 1939. *Eos Trans. AGU*, 1939, vol. 20, no. 4, pp. 518—523.
2. Overpeck J., Hughen K., Hardy D. et al. Arctic Environmental Change of the Last Four Centuries. *Science*, 1997, vol. 278, pp. 1251—1256.
3. Страхов Н. М. Основы теории литогенеза: В 3 т. — Т. 1: Типы литогенеза и их размещение на поверхности Земли. — М.: АН СССР, 1960. — 212 с.
Strakhov N. M. Fundamentals of the Theory of Lithogenesis: In 3 vol. Vol. 1: Types of Lithogenesis and Their Location on the Earth's Surface. Moscow, USSR Academy of Sciences, 1960, 212 p. (In Russian).
4. Троицкий Л. С., Зингер Е. М., Корякин В. С. и др. Оледенение Шпицбергена (Свальбарда). — М.: Наука, 1975. — 275 с.
Troitsky L. S., Zinger E. M., Koryakin V. S. et al. The Glaciation of Spitsbergen (Svalbar). Moscow, Nauka, 1975, 275 p. (in Russian).
5. Тарасов Г. А., Погодина И. А., Хасанкаев В. Б. и др. Процессы седиментации на гляциальных шельфах. — Апатиты: КНЦ РАН, 2000. — 473 с.
Tarasov G. A., Pogodina I. A., Khasankaev V. B. et al. Sedimentation processes on glacial shelves. Apatity, KSC RAS, 2000, 473 p. (In Russian).
6. Иванова Е. В., Мурдмаа И. О., Емельянов Е. М. и др. Последлениковые палеоокеанологические условия в Баренцевом и Балтийском морях // *Океанология*. — 2016. — Т. 56, № 1. — С. 125—138.
Ivanova E. V., Murdmaa I. O., Seitkhalieva E. A. et al. Post-glacial paleoceanographic environments in the barents and baltic seas. *Oceanology*, 2016, vol. 56, no. 1, pp. 118—130.
7. Митяев М. В. Мурманское побережье (геолого-геоморфологические и климатические особенности, современные геологические процессы). — Апатиты: КНЦ РАН, 2014. — 226 с.
Mityaev M. V. Murman Coast (geological, geomorphological, and climatic features, current geological processes). Apatity, KSC RAS, 2014, 226 p. (In Russian).
8. Митяев М. В., Герасимова М. В. Сток воды, взвешенных веществ и интенсивность эрозии на Мурманском побережье // *Изв. Рос. акад. наук. Сер. Геогр.* — 2018. — № 1. — С. 111—128. — DOI: 10.7868/S2587556618010101.
Mityaev M. V., Gerasimova M. V. Runoff of water, suspended solids and erosion intensity on the Murmansk coast. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2018, no. 1, pp. 111—128. (In Russian).
9. Митяев М. В., Герасимова М. В., Дружков Н. В. Перенос взвешенного вещества в водотоках Мурман-

ского побережья // *Вод. ресурсы*. — 2005. — Т. 32, № 3. — С. 301—306.

Mityaev M. V., Gerasimova M. V., Druzhkov N. V. Transport of Suspended Material in Streams of the Murmansk Coastal Area. *Water Resour.*, 2005, vol. 32, no. 3, pp. 270—275.

10. Демин В. И., Иванов Б. В., Ревина А. Д. Восстановление ряда приземной температуры воздуха на российской станции в поселке «Баренцбург» (Шпицберген) // *Рос. Арктика*. — 2020. — № 9. — С. 30—40.

Demin V. I., Ivanov B. V., Revina A. D. Reconstruction of air temperature series at Russian Station in Barentsburg (Svalbard). *Russian Arctic*, 2020, no. 9, pp. 30—40. (In Russian).

11. Булыгина О. Н., Разуваев В. Н., Трофименко Л. Т. и др. Описание массива данных среднемесячной температуры воздуха на станциях России: Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014621485. — URL: <http://meteo.ru/data/156-temperature#описание-массива-данных>.

Bulygina O. N., Razuvaev V. N., Trofimenko L. T. et al. Description of the Data Array of Average Monthly Air Temperature at Stations in Russia: Certificate of State Registration of the Database 2014621485. Available at: <http://meteo.ru/data/156-temperature#описание-массива-данных>. (In Russian).

12. Блошкина Е. В., Фильчук К. В. Современное состояние вод фьордов Западного Шпицбергена // *Проблемы Арктики и Антарктики*. — 2018. — Т. 64, № 2. — С. 125—140.

Bloshkina E. V., Filchuk K. V. The Present Water Masses Conditions of West Spitsbergen Fjords. *Arctic and Antarctic Research*, 2018, vol. 64, no. 2, pp. 125—140. (In Russian).

13. Современное состояние природной среды архипелага Шпицберген: Коллективная монография / Под общей ред. Л. М. Саватюгина. — СПб.: ААНИИ, 2020. — 304 с.

The current state of the natural environment of the Spitsbergen archipelago: a collective monograph. Under the general editorship of Dr. L. M. Savatyugin. St. Petersburg, AARI, 2020, 304 p. (In Russian).

14. Meshcheriakov N. I., Usyagina I. S., Namyatov A. A. et al. Stratigraphic Chronology and Mechanisms of Formation of Bottom Sediments at the Mouth of the Grøndalen River (Grøn-Fjord, West Spitsbergen) during the Period of Climatic Changes. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 2024, vol. 32, no. 5, pp. 631—645.

15. Мещеряков Н. И. Современное осадконакопление в заливе Грэнфьорд (Западный Шпицберген). Дис. ... канд. геогр. наук. — Мурманск: Мурман. морской биол. ин-т РАН. — 2017. — 120 с.

Meshcheryakov N. I. Modern sedimentation in the Grenfjord bay (Western Spitsbergen). PhD. Murmansk Marine Biological Institute, Russian Academy of Sciences. Murmansk, 2017, 120 p. (In Russian).

16. Zajaczkowski M., Szczuciński W., Wojanowski R. Recent changes in sediment accumulation rates in Ad-

- ventfjorden, Svalbard. *Oceanologia*, 2004, vol. 46, no. 2, pp. 217—231.
17. Meshcheryakov N. I., Usyagina I. S., Sharin V. V. et al. Chronology of sedimentation in Colesbukta, Spitsbergen (Svalbard Archipelago): the results of the 2018 expedition. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 2021, vol. 937, p. 042081.
18. Митяев М. В., Герасимова М. В., Павлова Л. Г. Современные донные отложения Мотовского залива (Баренцево море) // Тр. Кольского науч. центра РАН. — 2018. — № 5. — С. 118—130. — DOI: 10.25702/KSC.2307-5252.2018-9-4-118-130.
- Mityaev M. V., Gerasimova M. V., Pavlova L. G. Modern Bottom Sediments of the Motovsky Bay (Barents Sea). *Proceedings of the Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences*, 2018, no. 5, pp. 118—130. DOI: 10.25702/KSC.2307-5252.2018-9-4-118-130. (In Russian).
19. Appleby P. G. ^{210}Pb dating by low background gamma. *Hydrobiologia*, 1986, vol. 143, pp. 21—27.
20. Aliev R. A., Bobrov V. A., Kalmykov S. N. et al. Natural and artificial radionuclides as a tool for sedimentation studies in the Arctic region. *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 2007, vol. 274, no. 2, pp. 315—321.
21. Sanchez-Cabeza J. A., Ruiz-Fernández A. C. ^{210}Pb sediment radiochronology: An integrated formulation and classification of dating models. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2012, vol. 82, pp. 183—200.
22. Norwegian Meteorological Institute and NRK. Available at: <https://www.yr.no/en>.
23. Forwick M., Vorren T. O. Late Weichselian and Holocene sedimentary environments and ice rafting in Isfjorden, Spitsbergen. *Palaeogeography. Palaeoclimatology. Palaeoecology*, 2009, vol. 280, no. 1-2, pp. 258—274.
24. Elverhøi A., Svendsen J. I., Solheim A. et al. Late Quaternary Sediment Yield from the High Arctic Svalbard Area. *The J. of Geology*, 1995, vol. 103, no. 1, pp. 1—17.
25. Szczyliński W., Zajaczkowski M., Scholten J. Sediment accumulation rates in subpolar fjords — Impact of post-Little Ice Age glaciers retreat, Billefjorden, Svalbard. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 2009, vol. 85, no. 3, pp. 345—356.
26. Иванова Н. С., Усягина И. С., Мецзяков Н. И. Предварительные результаты определения современных темпов осадконакопления в кутовой части залива Грэн-фьорд (Западный Шпицберген) // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. — 2024. — № 11. — С. 158—165. — DOI: 10.24412/2687-1092-2024-11-158-165.
- Ivanova N. S., Usyagina I. S., Meshcheryakov N. I. Preliminary results of determining current rates of sedimentation in the upper part of Groen fjord Bay (Western Spitsbergen). *Relief and Quaternary formations of the Arctic, Subarctic and North-West of Russia*, 2024, no. 11, pp. 158—165. DOI: 10.24412/2687-1092-2024-11-158-165. (In Russian).
27. Иванов Б. В., Журавский Д. М. Ледовые условия в заливе Грэн-фьорд (Архипелаг Шпицберген) за период 1974—2008 гг. // Проблемы Арктики и Антарктики. — 2010. — Вып. 2, № 85. — С. 29—34.
- Zhuravskiy D., Ivanov B., Pavlov A. Ice conditions at Gronfjorden Bay, Svalbard, from 1974 to 2008. *Polar Geography*, 2012, vol. 35, iss. 2, pp. 169—176. DOI: 10.1080/1088937X.2012.662535.
28. Лисицын А. П. Новый тип седиментогенеза в Арктике — ледовый морской, новые подходы к исследованию процессов // Геология и геофизика. — 2010. — Т. 51, № 1. — С. 18—60.
- Lisitzin A. P. Marine ice-rafting as a new type of sedimentogenesis in the arctic and novel approaches to studying sedimentary processes. *Russian Geology and Geophysics*, 2010, vol. 51, no. 1, pp. 12—47. DOI: 10.1016/j.rgg.2009.12.002.
29. Матишов Г. Г., Матишов Д. Г., Намятов А. А. и др. Геохронологические исследования поступления искусственных радионуклидов в донные осадки прибрежных вод Баренцева моря // Тезисы докладов IV съезда по радиационным исследованиям (радиобиология, радиоэкология, радиационная безопасность), Москва, 20—24 ноября 2001 г. — Т. 2. — М.: Изд-во РУДН, 2001. — С. 171—179.
- Matishov G. G., Matishov D. G., Namyatov A. A. et al. Geochronological investigations of the flow of artificial radionuclides into the bottom deposits in the coastal waters of the Barents Sea. *Abstr. 4th Conf. on Radiation Studies (radiobiology, radioecology, radiation safety)*, Moscow, Nov. 20—24, 2001. Moscow, 2001, vol. 2, pp. 171—179. (In Russian).
30. Radioecological State of Environment in the Murman Coastal Area. *Murmansk Marine Biological Institute of RAS, Akvaplan-niva, Murmansk*, 2021, 70 p.
31. Мецзяков Н. И., Усягина И. С., Ильин Г. В. и др. Датирование современной осадочной толщи краевых бассейнов Восточного Мурмана (Кольский полуостров) на примере губ Ярнышная и Зеленецкая // Арктика: экология и экономика. — 2024. — Т. 14, № 3. — С. 393—405. — DOI: 10.25283/2223-4594-2024-3-393-405.
- Mescheriakov N. I., Usyagina I. S., Ilyin G. V. et al. Dating of the recent sedimentary strata of the marginal basins of Eastern Murman (Kola Peninsula) using the example of Yarnyshnaya and Zelenetskaya Bays. *Arctic: Ecology and Economy*, 2024, vol. 14, no. 3, pp. 393—405. DOI: 10.25283/2223-4594-2024-3-393-405. (In Russian).
32. Намятов А. А., Усягина И. С., Иванова Н. С. и др. Донные осадки как архив данных о климатической изменчивости морской среды (на примере залива Билле-фьорд, архипелаг Шпицберген, 1880—2024 гг.) // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России: Материалы ежегодной конференции по результатам экспедиционных исследований. — 2024. — № 11. — С. 243—253. — DOI: 10.24412/2687-1092-2024-11-243-253.
- Namyatov A. A., Usyagina I. S., Ivanova N. S. et al. Bottom sediments as a data archive of climate variability

in the marine environment (case study: Billefjorden bay, Svalbard Archipelago, 1880—2024). Relief and Quaternary formations of the Arctic, Subarctic and North-West of Russia, 2024, no. 11, pp. 243—253. DOI: 10.24412/2687-1092-2024-11-158-165. (In Russian).

33. Ильин Г. В., Касаткина Н. Е., Моисеев Д. В. и др. Объекты инфраструктуры атомного флота как источник радиоактивного загрязнения Баренцева моря (на примере хранилища отходов в губе Андреева) // Атом. энергия. — 2017. — Т. 122, № 2. — С. 108—114.

Ilyin G. V., Kasatkina N. E., Moiseev D. V. et al. Infrastructure Objects of the Nuclear Fleet as Sources of Radioactive Contamination of the Barents Sea: Waste Repository in Guba Andreeva. Atomic Energy, 2017, vol. 122, no. 2, pp. 131—137. DOI: 10.1007/s10512-017-0247-7. EDN XNTIXQ.

34. Мавлюдов Б. Р., Саватюгин Л. М., Соловьянова И. Ю. Реакция ледников Земли Норденшельда (арх. Шпицберген) на изменение климата // Проблемы Арктики и Антарктики. — 2012. — Вып. 1 (91). — С. 67—77.

Mavlyudov B. R., Savatyugin L. M., Solovyanova I. Yu. The response of the glaciers of the Nordenskiöld Land (Svalbard) to climate change. Probl. Arkt. Antarkt., 2012, vol. 1, no. 91, pp. 67—77.

35. Кокин О. В., Кириллова А. В. Реконструкция динамики ледника Грэнфьорд (Западный Шпицберген) в голоцене // Лед и Снег. — 2017. — Т. 57, № 2. — С. 241—252.

Kokin O. V., Kirillova A. V. Reconstruction of Grønfjordbreen dynamics (West Spitsbergen) in the Holocene. Led i Sneg [Ice and Snow], 2017, vol. 57, no. 2, pp. 241—252. DOI: 10.15356/2076-6734-2017-2-241-252. (In Russian).

36. Чернов Р. А., Муравьев А. Я. Современные изменения площади ледников западной части Земли Норденшельда (архипелаг Шпицберген) // Лед и Снег. — 2018. — Т. 58, № 4. — С. 462—472.

Chernov R. A., Muraviev A. Ya. Contemporary changes in the area of glaciers in the western part of the Nordenskiöld Land (Svalbard). Led i Sneg [Ice and Snow], 2018, vol. 58, no. 4, pp. 462—472. (In Russian).

Информация об авторах

Мещеряков Никита Игоревич, кандидат географических наук, старший научный сотрудник, Мурманский морской биологический институт РАН (183038, Россия, Мурманск, Владимирская ул., д. 17), e-mail: meshcheriakov104@mail.ru.

Намятов Алексей Анатольевич, кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, Мурманский морской биологический институт РАН (183038, Россия, Мурманск, Владимирская ул., д. 17), e-mail: alexey.namyatov.a@gmail.com.

Усягина Ирина Сергеевна, кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, Мурманский морской биологический институт РАН (183038, Россия, Мурманск, Владимирская ул., д. 17), e-mail: usjagina@mmbi.info.

Иванова Наталья Сергеевна, младший научный сотрудник, Мурманский морской биологический институт РАН (183038, Россия, Мурманск, Владимирская ул., д. 17), e-mail: ivanova_ns@mmbi.info.

Матишов Геннадий Григорьевич, доктор географических наук, профессор, академик РАН, главный научный сотрудник, Мурманский морской биологический институт РАН (183038, Россия, Мурманск, Владимирская ул., д. 17), e-mail: matishov_ssc-ras@ssc-ras.ru.

FEATURES OF SEDIMENTATION AFTER THE LITTLE ICE AGE IN THE INLETS OF THE EUROPEAN ARCTIC UNDER THE INFLUENCE OF ATLANTIC WATERS: A COMPARATIVE ANALYSIS OF THE WATER AREAS OF THE SVALBARD ARCHIPELAGO AND THE KOLA PENINSULA

Meshcheriakov, N. I., Namyatov, A. A., Usyagina, I. S., Ivanova, N. S., Matishov, G. G.

Murmansk Marine Biological Institute of the Russian Academy of Sciences (Murmansk, Russian Federation)

The article was received on June 16, 2025

For citing

Meshcheryakov N. I., Namyatov A. A., Usyagina I. S., Ivanova N. S., Matishov G. G. Features of sedimentation after the Little Ice Age in the inlets of the European Arctic under the influence of Atlantic waters: a comparative analysis of the water areas of the Svalbard archipelago and the Kola Peninsula. *Arctic: Ecology and Economy*, 2026, vol. 16, no. 1, pp. 6—17. DOI: 10.25283/2223-4594-2026-1-6-17. (In Russian).

Abstract

The paper presents a comparative analysis of the sedimentation rates and patterns in the basins of the Spitsbergen archipelago and the Kola Peninsula, directly affected by Atlantic waters penetrating with the Norwegian Current (Nordcap Current) and West Spitsbergen Current. Sedimentation rates on the Spitsbergen archipelago were estimated in Isfjorden Bay and its arms — Grenfjorden, Kolesbukht, Adventfjorden and Billefjorden, and on the Kola Peninsula — in Kola and Motovsky Bays, as well as on the coast of Eastern Murman — Yarnyshnaya Bay and Oscar Bay. The researchers described the pattern and rates of current sedimentation in the basins, based on which they reconstructed similar processes during the Little Ice Age (LIA). The research results showed that the sedimentation rate in the basins of the Spitsbergen archipelago underwent significant changes after the LIA, while on the Kola Peninsula these changes were less significant. The main reasons for the existing sedimentation patterns on the Spitsbergen archipelago and the Kola Peninsula are the presence or absence of glaciation in the catchment areas of the basins. The sedimentation zones most resistant to climate fluctuations in the European Arctic turned out to be river estuaries.

Keywords: *sedimentation, Spitsbergen Archipelago, Kola Peninsula, Little Ice Age, climate change.*

Funding

The analysis of sedimentation geochronology on the Spitsbergen archipelago was carried out within the framework of topic 188-25-02. (1.6.19) “The state of marine and terrestrial ecosystems of the Spitsbergen archipelago under current climatic and anthropogenic variability conditions”. State registration no. 125012900989-8 (29.01.2025), State assignment no. FMEE-2025-0003. The reconstruction of sedimentation dynamics was supported by the Russian Science Foundation grant (no. 22-17-00243) “Radiation Oceanology and Geocology of the coastal shelf of the Barents and White Seas. Biaxial interactions in the system: sediments — water — macroalgae — microorganisms, their role in remediation of the marine coastal ecosystem under radiation and chemical pollution in the Arctic”.

Information about the authors

Meshcheriakov, Nikita Igorevich, PhD of Geographical Sciences, Senior Researcher, Marine Biological Institute of the Russian Academy of Sciences (17, Vladimirskaya St., Murmansk, Russia, 183038), e-mail: meshcheriakov104@mail.ru.

Namyatov, Alexey Anatolievich, PhD of Geographical Sciences, Leading Researcher, Marine Biological Institute of the Russian Academy of Sciences (17, Vladimirskaya St., Murmansk, Russia, 183038), e-mail: alexey.namyatov.a@gmail.com.

Usyagina, Irina Sergeevna, PhD of Geographical Sciences, Leading Researcher, Marine Biological Institute of the Russian Academy of Sciences (17, Vladimirskaya St., Murmansk, Russia, 183038), e-mail: usyagina@mmbi.info.

Ivanova, Natalia Sergeevna, Junior Researcher, Marine Biological Institute of the Russian Academy of Sciences (17, Vladimirskaya St., Murmansk, Russia, 183038), e-mail: ivanova_ns@mmbi.info.

Matishov, Gennady Grigorievich, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher, Marine Biological Institute of the Russian Academy of Sciences (17, Vladimirskaya St., Murmansk, Russia, 183038), e-mail: matishov_ssc-ras@ssc-ras.ru.