

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ВОСТОЧНОЙ АРКТИКИ ПО ДАННЫМ БУРЕНИЯ ПОСЛЕЛЕДНИКОВЫХ ОСАДКОВ НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ

О.Д. Найдина

Геологический институт РАН, Москва, Россия; e-mail: onaidina@gmail.com

Поступила в редакцию 2 июля 2025 г.

В статье представлена климато-стратиграфическая интерпретация результатов палинологического и микропалеонтологического анализов керн двух скважин, пробуренных на северо-востоке моря Лаптевых выше 75° северной широты. Получена новая информация о синхронности климатических изменений в морских и наземных системах, что подтверждено радиоуглеродными датировками (AMS¹⁴C) абсолютного возраста. Обосновано, что выявленное интенсивное потепление климата глобального ранга происходило во время трансгрессии моря в раннем голоцене. Комплексный анализ подтверждает, что климатические флуктуации в голоцене были глобального и регионального рангов и синхронно происходили в морских и наземных природных системах Восточной Сибири.

Ключевые слова: донные осадки, голоцен, палеосреда, климат, микрофоссилии, пыльца, море Лаптевых, Арктика.

ВВЕДЕНИЕ

Глобальные изменения климата в Арктике и их влияние на экосистемы являются одними из самых актуальных и обсуждаемых проблем в научном сообществе. Изменчивость природной среды региона моря Лаптевых в настоящем и прошлом представляет предмет пристального изучения, в том числе и в стратиграфических целях [1, 3, 6, 9–11, 28, 30].

По климату море Лаптевых – одно из самых суровых окраинных морей Северного Ледовитого океана. Здесь формируется трансполярный дрейф льдов на запад, определяющий климат всей Северной Евразии. Поэтому изучение донных осадков весьма важно не только для стратиграфии, но и для реконструкции природной среды Арктики, когда происходило последнее глобальное потепление. Реконструкции изменчивости в Арктике, дающие представление о реакции наземных и морских систем на перемены климата в голоцене, являются основой для установления основной причины современного изменения климата. Такие реконструкции необходимы для выяснения изменения климата в будущем и прогнозирования возможных изменений в природной среде, что и объясняет актуальность проводимых исследований.

Во время подъема уровня Мирового океана в позднем плейстоцене–голоцене [22] произошло быстрое затопление шельфа моря Лаптевых. Детальная реконструкция этих событий началась во время многодисциплинарных исследований в рамках многолетних международных проектов по изучению взаимодействия суши и моря Лаптевых [6]. В морских осадках изменения, вызванные повышением уровня моря и стоком сибирских рек Лены, Яны, привели к смене вверх по разрезу комплексов моллюсков, остракод и фораминифер. Анализ комплексов микрофауны, дополненный изучением диатомовых водорослей, позволил реконструировать по глубине и солености обстановки осадконакопления более детально, что отражено в коллективных работах по морю Лаптевых [29, 32].

При исследовании природной среды региона моря Лаптевых использовались данные палинологического анализа, включая изучение фитопланктона (диноцисты, зеленые водоросли) и палиноморф (пыльца, споры) наземных растений. Предполагается, что пыльца и споры наземных растений, обнаруженные в большом количестве в аэрозолях над морем Лаптевых, в морской взвеси, в поверхностных осадках арктических морей поступали на морскую поверхность в основном эоловым путем [2, 15, 27]. Из-

учения субрецентных спорово-пыльцевых спектров, отобранных по всей акватории моря Лаптевых, показали, что пыльца отражает интегрированное представление о растительности и климате прилегающей суши и может использоваться для палино-климато-стратиграфических реконструкций [27].

Цель работы – обобщить и дополнить результаты палинологических и микропалеонтологических исследований осадков голоцена моря Лаптевых, выявить динамику климатических изменений и сопоставить сушу и море. Для этого использовались спорово-пыльцевой анализ, методы ускорительной масс-спектрометрии, изучения фитопланктона и диатомовых водорослей, микрофауны и малакофауны.

Датировки абсолютного возраста осадков моря Лаптевых по органическим остаткам морской микрофауны, полученные методом ускорительной масс-спектрометрии по C^{14} , пока ещё крайне редки. Поэтому материалы и их новая палеоклиматическая интерпретация, полученные при междисциплинарном исследовании двух колонок, представляют несомненный интерес. Подобный всесторонний подход позволяет выявить динамику климатических изменений и установить взаимосвязь между процессами на суше и в море.

Приведенные корреляции и результаты спорово-пыльцевого анализа из AMS ^{14}C -датированных осадков северо-востока моря Лаптевых и установленные по их данным изменчивость палеообстановок и условий на протяжении раннего и позднего голоцена, представленные в статье, являются важным вложением в изучение природной среды послеледниковья Восточно-Сибирской Арктики.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В ходе арктической экспедиции научно-исследовательского ледокола «Полярштерн» на северо-востоке моря Лаптевых была поднята и изучена колонка донных осадков П135. Скважина расположена (рис.) на глубине 51 м и приурочена к мощным выходам голоценовых осадков в подводном продолжении древней долины реки Яна.

Данные по колонке с внешнего шельфа были дополнены результатами изучения керн скважины К73, расположенной южнее на глубине 37 м моря Лаптевых (рис.). Керн отобран во время полярной Российско-германской экспедиции Трансдрифт на научно-исследовательском гидрографическом судне «Иван Киреев».

Хронология осадков скважины П135 с внешнего шельфа основана на восьми радиоуглеродных датировках раковин двустворчатых моллюсков, остракод

и фораминифер (табл. 1). Абсолютный возраст осадков установлен методом ускорительной масс-спектрометрии (AMS ^{14}C) по изотопам ^{14}C и биогенному кальциту раковин микро и макрофауны в лаборатории им. К. Лейбница Кильского университета в ФРГ [19]. После введения резервуарной поправки для моря Лаптевых в 379 лет [21] радиоуглеродный возраст был преобразован в календарный возраст по программе CALIB 4.3 [31].

Литологическое описание осадочного разреза этой колонки было выполнено в рейсе Х.А. Баухом вместе с Е.Е. Мусатовым и содержится в наших работах [20]. Осадки колонки длиной 562 см однообразны и представлены темно-серой илистой глиной. Судя по AMS- датировкам, эти осадки накапливались в первой половине голоцена с 11.3 по 5.3 кал. тыс. лет ВР (календарный возраст). Детальность временного разреза составляет 50–200 лет.

Одновременно с описанием разреза скважин образцы керна распределялись на все виды микропалеонтологических исследований. Образцы для палинологического анализа в виде ломтиков толщиной 3 см равномерно отбирали с интервалом в среднем 5 см. Пробы подвергали замораживанию и высушиванию в условиях вакуума. Подготовку образцов на спорово-пыльцевой анализ и изучение фитопланктона, включающего динофлагелляты и их цисты, производили совместно по общепринятой сепарационной методике с применением центрифугирования и фтористоводородной (HF) кислоты [16]. Исследования пыльцы и спор наземных растений осуществлялись при увеличении $\times 400$ и $\times 2000$, используя световую оптическую и сканирующую электронную микроскопию. Спорово-пыльцевой анализ в сочетании с хронологией осадков позволяет выявить флору, динамику растительности и климатических условий.

Для реконструкции условий кроме пыльцы и спор, изученных автором, привлекались также результаты анализов диноцист Т.С. Клювиткиной [7], диатомей Е.И. Поляковой [29], остракод А.Ю. Степановой, двустворчатых моллюсков и фораминифер Е.Е. Талденковой [32].

Вторая изученная колонка К73 длиной 1.29 м состоит из темно-серых илистых глин, которые по AMS-данным накапливались в течение последних 2.3 тыс. лет. Изменения природной среды в позднем голоцене региона моря Лаптевых реконструированы на основе радиоуглеродных данных, результатов спорово-пыльцевого анализа, проведенного автором, и обобщения материалов по комплексам диатомей, фораминифер и остракод. В этой колонке диатомей изучены Х. Кремером [23], фораминиферы и остракоды – Х.А. Баухом и Т.М. Крониным [17].

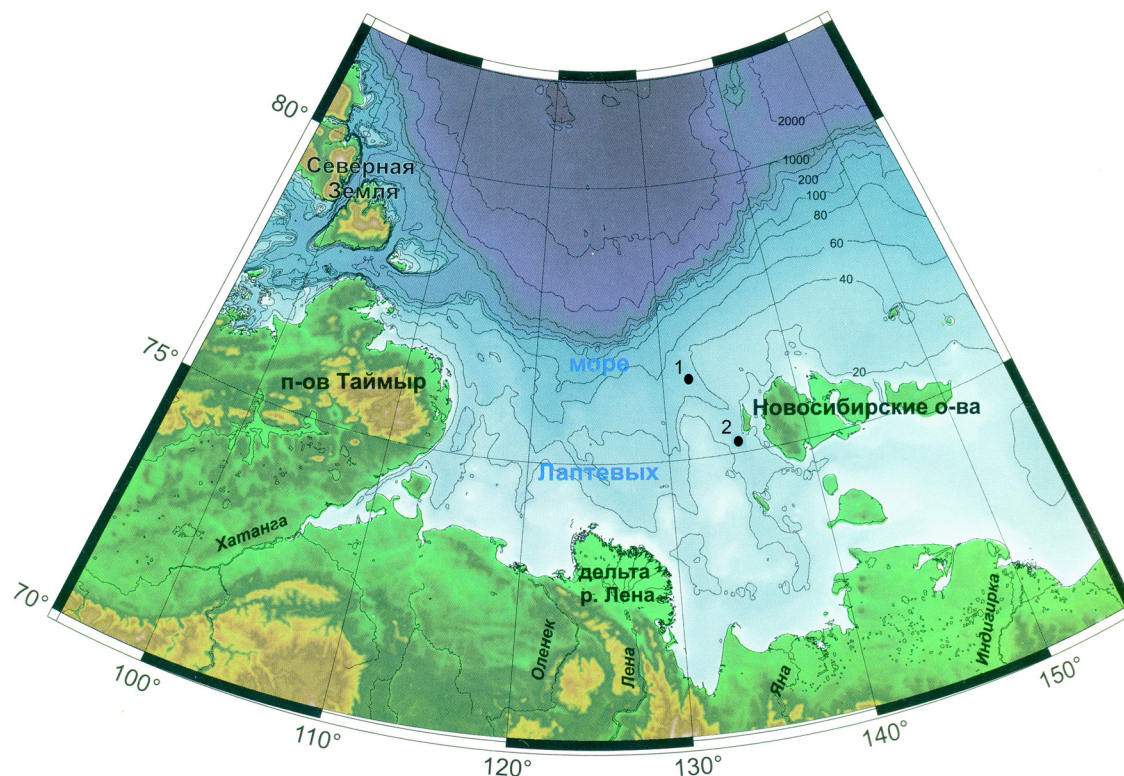


Рис. Батиметрическая карта моря Лаптевых [Кассенс и др., 2009], с дополнениями.

Расположение исследованных колонок сосредоточено в северо-восточной части моря Лаптевых и отмечено: 1 – скважина П135, глубина моря 51 м; 2 – скважина К73, глубина моря 37 м.

Таблица 1. Радиоуглеродные датировки раковин морской фауны по скважине П135.

Глубина, см	Номер датировки	Органический материал: двустворчатые моллюски, фораминиферы и остракоды	Датировки по AMS ¹⁴ C: радиоуглеродный возраст, лет	Калиброванный (календарный) возраст, кал. лет
8	KIA 6911	<i>Macoma cf. calcaria</i>	4920 ± 40	5301
40	KIA 6912	<i>Yoldia amygdalae hyperborean</i>	6480 ± 50	7017
80	KIA 6913	<i>Nuculana</i> sp.	7100 ± 55	7610
143	KIA 6914	Фораминиферы+остракоды	8460 ± 70	8956
266	KIA 6915	<i>Macoma calcaria</i>	8945 ± 55	9613
403	KIA 6916	<i>Portlandia arctica</i>	9580 ± 45	10306
456	KIA 6917	<i>Portlandia arctica</i>	10187 ± 60	11142
562	KIA 6918	<i>Portlandia arctica</i>	10360 ± 55	11339

Хронология осадков скважины К73 с внутреннего шельфа основана на семи радиоуглеродных датировках морской фауны моллюсков (табл. 2). Радиоуглеродный возраст колонки К73 подсчитывался с резервуарной поправкой 400 лет для моря Лаптевых (тыс. лет ВР) [17, 18]. Учитывался резервуарный эффект, который проявляется при датировке морских организмов, получающих углерод из воды.

Абсолютный возраст осадков позднего голоцена определен по AMS ¹⁴C в Институте физики и астрономии при Орхуском (Aarhus) университете в

Дании по биогенному кальциту раковин двустворчатых моллюсков [18].

Источники осадков в голоцене моря Лаптевых

В море Лаптевых преобладают терригенные осадки, образующиеся при поступлении в море веществ эоловым и водным путем с поверхности суши [8].

Представляется, что острова Анжу Новосибирского архипелага являются одним из источников осадочного материала для рассматриваемого района. Кроме того, перенос осадочного вещества в восточ-

Таблица 2. Радиоуглеродные датировки раковин морской фауны по скважине К73.

Глубина, см	Номер датировки	Органический материал: двустворчатые раковины моллюсков	Датировки по AMS ¹⁴ C: радиоуглеродный возраст (лет ВР-400 лет)
32.5	AAR 2253	<i>Portlandia arctica</i>	1150 ± 75
53.5	AAR 2254	<i>Portlandia arctica</i>	1420 ± 45
62.5	AAR 2255	<i>Portlandia arctica</i>	1540 ± 55
71.5	AAR 2256	<i>Portlandia arctica</i>	1760 ± 55
80.5	AAR 2257	<i>Portlandia arctica</i>	1670 ± 70
89.5	AAR 2258	<i>Portlandia arctica</i>	1955 ± 60
100	AAR 2259	<i>Portlandia arctica</i>	2159 ± 60

ную часть моря Лаптевых осуществляется стоком р. Яна. Несомненно, участие Верхоянского хребта и Приморских низменностей Якутии в поставке компонентов терригенных осадков. Климатический фактор является основным двигателем осадкообразования в Арктике [14].

Прилегающая к морю северо-восточная территория покрыта полярными пустынями и тундровой растительностью из низкорослых трав, мхов и лишайников при средней температуре воздуха июля +6 °С. Тем не менее, пыльца древесных растений довольно обильна в спорово-пыльцевых спектрах морских отложений, переносится ветром и водой на значительные расстояния от побережья, что отражено в моих работах.

С литологической точки зрения, вскрытые разрезы двух колонок представляют собой однородные толщи темно-серой илистой тонкослоистой глины.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Хронология осадков в раннем голоцене

Осадки раннего голоцена вскрыты разрезом полуметровой мощности в северо-восточной части внешнего шельфа моря Лаптевых в подводном продолжении палеодолины реки Яна. Начиная с последнего глобального повышения Мирового океана, эта северо-восточная часть моря была одним из основных центров послеледниковой седиментации [19].

Подробная хронология является необходимой основой палеогеографических построений для голоцена. Было установлено, что осадки накапливались в течение 6 тысяч лет. Осадки колонки П135 мощностью 514 см представлены темно-серой биотурбированной илистой глиной. Рассматриваемая колонка П135 донных осадков имеет восемь датировок абсолютного возраста с 11.3 по 5.3 кал.тыс. лет ВР (календарный возраст) (табл. 1)

Эволюция природных обстановок в раннем голоцене

Микрофоссилии и их значение для палеореконокструкций раннего голоцена

Для палеореконокструкций природной среды и условий помимо данных спорово-пыльцевого анализа использовались также результаты совместного изучения водных микрофлоры и микрофауны, содержащихся в морских осадках колонки начала голоцена: фитопланктона (динофлагелляты, зеленые водоросли), кремнистой микрофлоры (диатомовые водоросли), микрофауны (фораминиферы, остракоды) и двустворчатых моллюсков.

По данным изучения *палиноморф*, состав палинофлоры донных осадков раннего голоцена насчитывает около четырех десятков таксонов пыльцы и спор, типичных для тундровой растительности высоких широт. По результатам спорово-пыльцевого анализа и радиоуглеродным датировкам колонку П135 удалось расчленить на четыре палинозоны (снизу вверх по разрезу) (табл. 3):

PZ1 (инт. 500–400 см, возраст 11.1–10.3 кал. тыс. лет) – сопоставляется с периодом постепенного потепления климата; на побережье моря Лаптевых арктические пустыни сменились типично тундровой растительностью с мхами, осоками и кустарниками ивы, березы и ольхи. Отмечалась серия кратковременных потеплений и похолоданий продолжительностью в 100 лет. Приблизительно в 11.1 кал. тыс. лет назад летние температуры воздуха могли достигать +9 °С, о чем свидетельствует эпизодическое развитие фитоценозов с *Alnus fruticosa* Rupr. Очевидно, граница южных тундр, для которых характерна кустарниковая ольха (*Alnus fruticosa*), периодически отступала, оставляя островки ольховника.

По геоботаническим данным, *Alnus fruticosa* произрастает на границе тундры и лесотундры. Появление и рост первых листьев кустарниковой ольхи происходит при температуре около +9 °С. На основе спорово-пыльцевого материала по приморским низменностям Якутии [5] автором произведена реконструкция климатических параметров для ландшафтов тундры и лесотундры [26]. Установлено, что для раннего голоцена *Alnus fruticosa* характерна для южной (кустарниковой) тундры, где средняя температура июля достигала +9 °С [26].

PZ2 (инт. 400–210 см, возраст 10.3–9.3 кал. тыс. лет) отражает нарастающее потепление и увлажнение климата; зафиксировано возрастание количества древесной пыльцы *Pinus pumila* (Pall.) в нижней части разреза. Около 9.6 кал. тыс. лет назад происходи-

Таблица 3. Изменчивость природной среды северо-востока моря Лаптевых в раннем голоцене.

Палинозоны (интервал, см)	Календарный возраст, лет	Палеоландшафты, климатические условия	Палеосреда моря	Фитопланктон	Диатомеи
PZ-4 90–12	7600–5300	Похолодание и иссушение; северная тундра	Гидрологические условия моря, близкие к современным	Виды диноцист, близкие к современным	Морские виды
PZ-3 210–90	9300–8900	Тепло и влажно, лесотундра; экспансия северной границы леса к морю	Активное поступление атлантических вод и повышение температуры воды	Пик северо-атлантических видов диноцист	Пик морских видов
PZ-2 400–210	10300–9300	Потепление и увлажнение; южная тундра, кустарники и травы	Усиление адвекции атлантических вод	Появление северо-атлантических видов диноцист	Появление морских видов
PZ-1 500–400	11100–10300	Начало потепления и увлажнения; северная тундра, кустарнички, травы, мхи	Сильное влияние речного стока; опреснение	Зеленые водоросли	Пик пресноводных видов

ло интенсивное увлажнение, заболачивание и развитие осоково-гипновых тундровых болот. Мозаичная структура растительности объединяла болота с *Syringaceae*, *Bryales* в понижениях рельефа и тундры с *Pinus pumila* на возвышенностях.

Палинозона PZ2 характеризуется примерно равным содержанием пыльцы древесных, травянистых растений и спор. Подобный состав характерен для тундровых ландшафтов. Среди пыльцы древесных (до 47 % от общего числа подсчитанных зерен) отмечается увеличение пыльцы хвойных (до 39 %). В кругу травянистых растений (до 44 %) возрастает количество *Syringaceae* (до 28 %) и *Roaceae* (17 %). Среди споровых присутствуют споры гипновых мхов *Bryales* (до 28 %), *Sphagnum* (до 6 %), *Selaginella rupestris* (L.) (8 %), *Polypodiaceae* (до 9 %). Подобный состав спорово-пыльцевых комплексов свидетельствует о заболачивании в прибрежных понижениях рельефа и несомкнутом растительном покрове с развитием кедровостланниковых тундр на возвышенностях.

PZ3 (инт. 210–90 см, возраст 9.3–8.9 кал. тыс. лет) характеризует наиболее теплый и влажный промежуток времени. Начиная с 9.5 кал. тыс. лет и почти до 7.7 кал. тыс. лет назад развивается растительность лесотундры, подходившей к побережью моря. Максимум региональной пыльцы сосны, в том числе пыльцы *Pinus pumila*, отмечается около 8.9 кал. тыс. лет назад. Разнообразный древесный состав характерен для лесотундры с июльской температурой +12 °С. О большом количестве пыльцы *Pinus pumila* в спектрах и широком распространении кедрового стланика к востоку от Верхоянского хребта и в лесотундрах Берингии общается А.В. Ложкиным и П.М. Андерсон [25].

PZ4 (инт. 90–12 см, возраст 7.6–5.3 кал. тыс. лет) климато-фитоценотическая обстановка несколько изменилась. Сократилось поступление на шельф пыльцы хвойных растений. По палинологическим данным, в этом временном интервале на суше существовали кустарниковая тундра с *Betula sect. Nanae*, *Alnus fruticosa* и осоковые болота, представленные *Syringaceae*, *Roaceae* и гипновыми мхами *Bryales*.

Пыльца кустарниковой ольхи *Alnus fruticosa*, обнаруженная в PZ4, характеризует южную (кустарниковую) тундру с июльскими температурами +9 °С. Неоднократно теплые, влажные условия сменялись засушливыми и холодными.

Изученный Т.С. Ключевиткиной [7] фитопланктон характеризуется преобладанием цист динофлагеллят и зеленых водорослей. Пресноводные водоросли в осадках колонки представлены видами *Pediastrum* spp., *Botryococcus* cf. *braunii*. В сообществе морских диноцист доминируют виды *Islandinium minutum*, *Brigantedinium simplex* и *Operculodinium centrocarpum*. Комплекс фитопланктона в интервале 11.2–10.3 кал. тыс. лет свидетельствует о влиянии речного стока. Интервал 10.3–9.2 кал. тыс. лет отмечен высоким содержанием цист автотрофных и североатлантических видов, что говорит об усилении адвекции атлантических вод. Ассоциации фитопланктона в интервале 8.6–5.3 кал. тыс. лет по видовому и количественному составу близки к современным.

Диатомовые водоросли изучались в этой колонке Е.И. Поляковой [29], среди которых определено двести видов и разновидностей. Морские диатомеи представлены холодноводными планктонными видами рода *Thalassiosira*. Пресноводные диатомеи в осадках колонки содержат планктонные речные виды

рода *Aulacoseira*. Распределение пресноводных диатомей по колонке свидетельствует о неравномерном стоке р. Яна.

К интервалу времени 11.2–11.0 кал. тыс. лет приурочена высокая концентрация диатомей с максимумом пресноводных видов – более 90 %. Подобное свидетельствует о лавинообразном накоплении диатомовых водорослей в начале голоцена. Постепенное сокращение численности пресноводных диатомей (до 50 %) и наименьшая концентрация диатомовых водорослей наблюдаются между 11.0 и 7.5 кал. тыс. лет (табл. 3). О постепенном наступлении морских условий начиная с 11.0 кал. тыс. лет назад свидетельствует обнаружение морских диатомей. Рост концентрации морских диатомей совпадает с постепенным убыванием речных видов диатомей (до 8 %) в диапазоне 7.5–5.5 кал. тыс. лет.

Среди *двустворчатых моллюсков* в изученной колонке по данным малакологического анализа определено около десяти таксонов моллюсков, принадлежащих типично арктическому роду *Portlandia* и североморскому роду *Macoma* [32]. Распределение раковин моллюсков свидетельствует о том, что нижний комплекс моллюсков (инт. 562–460 см) таксономически очень беден и состоит из двух видов арктического рода *Portlandia* и одной гастроподы, обитающей на опресненном мелководье. Переходный комплекс (инт. 460–120 см) представлен видами родов *Portlandia* и *Macoma*. Верхний комплекс (инт. 120–0 см) наиболее таксономически разнообразный и представлен видами рода *Macoma*.

Среди изученных *фораминифер* обнаружено более двадцати таксонов фораминифер, представленных в основном элфидидами [32]. В нижней части колонки, которая накапливалась ранее 10 кал. тыс. лет назад, неожиданно обнаружено большое количество отличной сохранности планктонных фораминифер (до 50 %). Предполагается, что эти планктонные фораминиферы проникли в море Лаптевых с возможным периодическим притоком атлантических вод в начале трансгрессии моря.

Насчет *остракод* указано, что в основании колонки (11.2–11.0 кал. тыс. лет) присутствует эстуарный комплекс остракод, в котором многочисленны солоновато-водный вид *Cytheromorpha macchesneyi* и эвригалинные виды [32]. В диапазоне 11.0–10.3 кал. тыс. лет преобладают эвригалинные виды, образуя переходный бентосный комплекс остракод. Позже 10.3 кал. тыс. лет и почти до 6.5 кал. тыс. лет существуют мелководно-морские виды (табл. 3). Между 10.3 и 9.3 кал. тыс. лет эти виды остракод достигают максимума.

Изменчивость природной среды в раннем голоцене

На раннем этапе затопления шельфа моря Лаптевых высокая скорость подъема уровня моря и затопление долины реки Яна привели к образованию эстуария с высокими скоростями осадконакопления. В диапазоне 11.3–9 кал. тыс. лет средняя скорость седиментации составляла 184 см/тыс. лет и снизилась до 37 см/тыс. лет с 9 до 5 кал. тыс. лет [21]. Высокая скорость седиментации (до 500 см/тыс. лет) в интервале 11.3–11.1 кал. тыс. лет обеспечило быструю fossilization микрофоссилий, что позволило проследить смену ископаемых комплексов. Данные по смене комплексов остракод хорошо отражают эту последовательность в коллективной работе [32].

Эстуарный комплекс остракод выделен в интервале 11.2–11.0 кал. тыс. лет (табл. 3). О сильном опреснении вод в это время свидетельствуют лавинообразное накопление пресноводных диатомей, обилие зеленых водорослей и преобладание цист эвригалинных динофлагеллят [7]. Накопление микрофоссилий сопровождалось высокими скоростями аккумуляции осадков в начале голоцена.

Около 11.2 кал. тыс. лет назад уровень моря на внешнем шельфе северо-восточной части моря достиг современной изобаты 51 м. Об этом свидетельствуют появления в осадках колонки диноцист и морских видов диатомей. Начиная с этого времени в море Лаптевых начали проникать атлантические воды, оказавшие влияние на гидрологические условия внешнего шельфа. Последнее подтверждается увеличением доли североатлантических видов в ассоциациях динофлагеллят и повышенным содержанием планктонных фораминифер, возможно принесенных атлантическими водами [12].

Переходный этап развития шельфа характеризовался увеличением количества морских организмов и сокращением поступления терригенного материала. Переходный бентосный комплекс остракод существовал в интервале 11.2–10.3 кал. тыс. лет назад (табл. 3). К этому времени приурочено повышенное количество североатлантических видов диноцист, характерных для трансформированных атлантических вод.

По данным анализа *палиноморф*, в начале голоцена (11.1–10.3 кал. тыс. лет) на расположенном рядом побережье преобладала тундровая растительность. Отмечалось несколько кратковременных потеплений и похолоданий продолжительностью ~100 лет. Иногда при потеплении летние температуры могли достигать +9 °C, о чем свидетельствует кратковременное развитие фитоценозов с *Alnus fruticosa* [26] приблизительно 11.1 кал. тыс. лет назад и совпадение

с возможным проникновением атлантических вод в море Лаптевых.

В результате повышения уровня моря, которое за период 11.2–10.3 кал. тыс. лет составило около 5 м, произошло дальнейшее смещение к югу береговой линии. В этом интервале времени фиксируются высокие скорости осадконакопления (184 см/тыс. лет) [21].

Следующий этап развития шельфа – становление современных мелководно-морских условий. Он характеризуется сравнительно низкими скоростями седиментации и похожими на современное распределениями видов. Присутствие мелководно-морского комплекса остракод в колонке с внешнего шельфа отражает увеличение глубины и отступление берега в ходе трансгрессии. Время существования этого комплекса – от 10.3 до 6.5 кал. тыс. лет назад (табл. 3).

По данным изучения динофлагеллят и зеленых водорослей, в диапазоне 10.3–9.2 кал. тыс. лет суммарное содержание североатлантических видов достигает 90 %. Высокий процент видов динофлагеллят *Brigantedinium simplex*, *Islandinium minutum*, *Pentapharsodinium dalei*, *Operculodinium centrocarpum* свидетельствует об усилении влияния атлантических вод на формирование природной среды в этот период. По спорово-пыльцевым данным приблизительно в это время с 10.3 до 9.5 кал. тыс. лет фиксируется направленное потепление и увлажнение климата на побережье.

В Атлантическом океане в интервале около 10.5–8.5 тыс. лет произошло смещение полярного фронта на север и активное проникновение атлантических вод в Северный Ледовитый океан [24]. Для моря Лаптевых значительный приток атлантических вод и начало повышения температуры его вод регистрируется по данным анализа диноцист примерно с 9.5 тыс. лет (10.3 кал. тыс. лет) [7].

Почти одновременно с притоком атлантических вод, по данным спорово-пыльцевого анализа, происходит потепление на расположенных рядом территориях островов Анжу и в Приморских низменностях Якутии. На побережье моря Лаптевых начиная приблизительно с 9.5 кал. тыс. лет назад и почти до 7.7 кал. тыс. лет назад климат стал более теплым и влажным (табл. 3). Пик региональной пыльцы *Pinus* в морских осадках отмечается около 8.9 кал. тыс. лет назад. В интервале времени 9.3–7.7 кал. тыс. лет регистрируется максимум поступления на шельф пыльцы сосны и кедрового стланика, что свидетельствует о сдвиге северной границы леса и расширении ареала произрастания кедрового стланика. В это время происходит значительное потепление и увлажнение климата (табл. 3). Летние температуры были выше

современных приблизительно на 4–5 °С. Так, приблизительно в это время для зоны лесотундры средняя температура января, по пыльцевым данным в моих работах [13, 26], составляла –34 °С, средняя температура июля +12 °С, а среднегодовая сумма осадков была меньше 400 мм/год.

По результатам спорово-пыльцевого анализа и климатостратиграфических интерпретаций можно утверждать, что основное осадконакопление в изученной колонке происходило во время интенсивного потепления с 9.3 кал. тыс. лет и почти до 7.7 кал. тыс. лет, когда климат был значительно теплее современного. Июльские температуры во время этого потепления значительно превышали современные температуры воздуха.

В настоящее время в восточно-сибирском секторе Арктики прямой эффект Гольфстрима отсутствует. В оптимумы голоцена влияние атлантических воздушных масс было более ощутимым, чем сейчас [4].

Для моря Лаптевых значительный приток атлантических вод и повышение температуры его вод отмечается по данным анализа диноцист примерно с 10.3 кал. тыс. лет. О проникновении теплых атлантических вод на шельф моря Лаптевых в первую половину голоцена свидетельствуют результаты изучения диатомей, остракод и фораминифер. Развивалась максимальная стадия послеледниковой трансгрессии моря, и в ландшафтах севера Якутии тундровая растительность заменялась лесотундровой, продвигавшейся к побережью моря.

Судя по результатам палеоокеанологических и климато-фитоценологических интерпретаций, в начале раннего голоцена в течение почти 1.6 тыс. лет происходило интенсивное потепление. Проведенные сопоставления позволяют выделить климатический сигнал на глобальном уровне и подтвердить существование глобального потепления в начале голоцена.

Среднеголоценовый этап по спорово-пыльцевым данным

Что касается среднего голоцена, то наиболее полный разрез получен по колонке, пробуренной к югу от колонки К73 в палеодолине р. Яна на глубине моря 27 м на внутреннем шельфе моря Лаптевых [13]. Несмотря на то, что изученные осадки насыщены палиноморфами наземного происхождения, адекватных данных по фитопланктону и микрофауне для сопоставления палеообстановок в морской среде и на суше не обнаружено. Хронология осадков, основанная на двенадцати AMS¹⁴C-датировках, позволила хорошо проследить перенос пыльцы на шельф за 9.4 кал. тыс. лет. Оказалось, что возрастание количества пыльцы

древесных растений наступило на 1.6 тыс. лет позже, чем на внешнем шельфе на глубине 51 м (колонка П135). Скорость седиментации достигала 50 см/тыс. лет и была, в основном, постоянной [21].

При изучении осадков по спорово-пыльцевым данным выявлено два термических оптимума – в раннем и среднем голоцене. Первый термический оптимум выделен около 8.9 кал. тыс. лет назад, что совпадает с потеплением глобального ранга, установленном по результатам изучения осадков колонки П135. Второй климатический оптимум – около 5.5 кал. тыс. лет – соответствует развитию ландшафта лесотундры на побережье. В интервале времени с 5.5 по 2.7 кал. тыс. лет наблюдается наибольшее количество пыльцы древесных хвойных растений. Развивалась мозаичная растительность, характерная для ландшафта лесотундры; климат был теплее современного. С 2.7 кал. тыс. лет похолодание климата привело к сокращению притока древесной пыльцы на шельф и возобновлению ландшафта тундры на прилегающей суше.

Эволюция природных обстановок в позднем голоцене

Микрофлора и микрофауна и их значение для палеорекопструкций позднего голоцена

Для палеорекопструкций природной среды и условий за последние 2.3 тыс. лет использовались результаты изучения содержащихся в морских осадках микрофлоры (палиноморфы, диатомовые водоросли) и микрофауны (фораминиферы, остракоды) [17, 23].

Пыльца и споры, изученные автором в небольшом по мощности разрезе колонки К73 длиной 129 см, содержат относительно небольшое разнообразие таксономического состава палинофлоры. Удалось расчленить разрез на шесть локальных палинозон (Z): Z-1 (инт. 108–99 см, возраст 2.3–2.0 тыс. лет); Z-2 (инт. 96–90 см, возраст 1.9–1.8 тыс. лет); Z-3 (инт. 81–39 см, возраст 1.7–1.3 тыс. лет); Z-4 (инт. 36–30 см, возраст 1.2–1.1 тыс. лет); Z-5 (инт. 27–16 см, возраст 0.8–0.3 тыс. лет); Z-6 (инт. 14–11 см, возраст < 0.2 тыс. лет). Палинозоны и радиоуглеродный AMS¹⁴C-возраст в некалиброванных годах ВР представлены в таблицах 2 и 4.

Среди палинофлоры определены таксоны древесных, травянистых и споровых растений, представленные пыльцой *Abies*, *Picea*, *Pinus*, *Larix*, *Salix*, *Alnus*, *Betula*, *Tilia*, *Ericaceae*, *Ephedra*, *Poaceae*, *Cyperaceae*, *Asteraceae*, *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Caryophyllaceae*, *Umbelliferae*, *Rosaceae*, *Cruciferae*, *Saxifragaceae*, *Polypodiaceae*, *Bryales* и *Sphagnum*. Состав палинофлоры типичен для тундровой растительности.

Таксономический состав спорово-пыльцевых спектров весьма однообразный и свидетельствует лишь о кратковременных изменениях растительности в пределах единой тундровой зоны, которая подразделяется на северную и южную части. В самом начале накопления осадков колонки К73 около 2.1 тыс. лет назад преобладала мохово-кустарничковая растительность в условиях климата северной части тундры (табл. 2, 4).

Появление пыльцы крупных кустарников ольховника свидетельствует о потеплении, увлажнении и возобновлении ландшафтов южной тундры с 1.8 тыс. лет и почти до 1.3 тыс. лет. Примечательна находка термофильной пыльцы *Tilia* в осадках на глубине 66 см, накапливавшихся около 1.5 тыс. лет назад. Обнаружение этого таксона совпадает с проникновением в море Лаптевых планктонных фораминифер из Атлантики и кратковременным потеплением на суше.

Наступившее после 1.1 тыс. лет кратковременное похолодание привело к распространению растительности северной тундры. В конце позднего голоцена возобновляется потепление и приток пыльцы древесных растений на шельф. Предполагается продвижение северной границы лесотундры к северу во время потепления. Современная граница лесотундровой зоны в низовьях р. Яна расположена недалеко от побережья моря Лаптевых.

По *диатомовым водорослям* хорошо сохранившийся комплекс диатомей *Chaetoceros Thalassiosira hyperborea* равномерно распределен по всему разрезу колонки К73. Этот комплекс диатомей отражает уменьшение солености в море и стабильные условия природной среды для восточной части моря Лаптевых в течение последних 2.3 тыс. лет [23].

Данные по *остракодам* из этой колонки представлены в коллективной работе [17]. Обнаружены таксоны остракод, типичные для всего внутреннего шельфа Северного Ледовитого океана, включая Аляскинскую и Канадскую материковые отмели. На глубине 70 см появляются многочисленные экземпляры остракод эвригалинного вида *Heterocyprideis sorbyana* и солоноватоводного вида *Cytheromorpha tacchesneyi*. Особенно выделяется интервал глубин 70–80 см (возраст 1.5–1.7 тыс. лет), где возрастает общее количество бентосных остракод и фораминифер (табл. 2, 4). В это время скорость седиментации увеличилась с 30 до 80 см/тыс. лет [17].

Среди изученных *фораминифер* обнаружено несколько таксонов планктонных фораминифер и тридцать бентосных фораминифер. Необычен таксономический состав планктонных фораминифер. Некоторые из этих видов, такие как *Globoturborotalita tenella*

Таблица 4. Изменчивость природной среды северо-востока моря Лаптевых в позднем голоцене.

Палинозоны (интервал, см)	AMS ¹⁴ C возраст, лет	Палеоландшафт, климатические условия	Палеосреда моря	Фораминиферы	Остракоды
Z-6 14–11	< 200	Похолодание и северная тундра	Стабильная	Сокращение числа видов	Мало видов
Z-5 27–16	800–300	Постепенное похолодание	Стабильная	Бентосные	Бентосные
Z-4 36–30	1200–1100	Потепление и южная тундра	Стабильная	Бентосные	Бентосные
Z-3 81–39	1700–1300	Потепление и южная тундра	Теплые течения	Планктонные виды и их пик	Пик
Z-2 96–90	1900–1800	Постепенное потепление	Стабильная	Бентосные	Бентосные
Z-1 108–99	2300–2000	Северная тундра	Стабильная	Бентосные	Бентосные

и *Turborotalita clarkei*, предполагается, проникли с теплыми водами из более южных акваторий Атлантического океана [17].

Примечательно то, что на глубине 70 см в осадках отмечается максимум планктонных фораминифер (табл. 4). Особенно выделяется интервал глубин 80–60 см (возрастной диапазон 1.7–1.5 тыс. лет), где наряду с планктонными фораминиферами появляются многочисленные экземпляры остракод и бентосных фораминифер.

Изменчивость природной среды в позднем голоцене

Распределение бентосных фораминифер и остракод по колонке показывает, что в течение последних 2.3 тыс. лет развивался эстуарный опресненный бассейн. Хорошо сохранившиеся диатомовые водоросли равномерно распределены по всему разрезу колонки и отражают стабильные условия природной среды; регистрируется уменьшение солёности по диатомеям в восточной части моря Лаптевых.

Связь потепления с проникновением атлантических вод далеко на северо-восток в море Лаптевых подтверждают находки термофильной пыльцы *Tilia* вместе с планктонными фораминиферами. Предполагается, что сокращение речного стока могло способствовать проникновению атлантических и тихоокеанских водных масс в регион моря Лаптевых. Таким образом могли появиться планктонные фораминиферы и термофильная пыльца. Исходя из результатов изучения микрофауны, в позднем голоцене развивался эстуарный опресненный бассейн с сильным влиянием речного стока и эпизодическим интенсивным проникновением вод из Атлантики. Около двух сотен лет, опираясь на таксономический состав микрофауны, длилось интенсивное вторжение атлантических вод из теплых широт. К этому времени приурочено интенсивное потепление на побережье.

В это теплое и влажное время возобновлялась растительность крупнокустарниковых тундр с ольховником и средними июльскими температурами

+9 °С. В позднем голоцене максимум потепления диагностируется около 1.5 тыс. лет ВР. Предполагается продвижение северной границы лесотундры к побережью моря Лаптевых во время потепления. В интервале времени 1.7–1.5 тыс. лет под влиянием Атлантики в регионе моря Лаптевых возрастала температура воздуха и количество атмосферных осадков. Сопоставление предполагает обнаружение климатического сигнала о потеплении в это время на региональном уровне.

Палинологическое изучение осадков колонки свидетельствует, что во время потепления июльские температуры воздуха превышали современные, но были ниже, чем в оптимуме раннего голоцена. Реконструированное возрастание температурного фона на побережье синхронно с кратковременным проникновением в море Лаптевых теплых трансформированных вод из Атлантического океана.

ВЫВОДЫ

Выполненные сопоставления установили изменчивость природной среды в голоцене региона моря Лаптевых, зависящую от глобальных и региональных факторов и, прежде всего, от климатических осцилляций. Согласно данным палинологического анализа и AMS¹⁴C-датирования морских осадков, дополненным анализом публикаций, сравнением изученных комплексов микрофлоры и микрофауны, удалось выделить климатические сигналы глобального и регионального рангов.

Выявлено, что в результате глобального повышения уровня Мирового океана и послеледниковой трансгрессии моря Лаптевых происходили неоднократные изменения природной среды на море и суше. Обнаружено, что в первую половину голоцена основные изменения происходили во время послеледниковой трансгрессии моря и интенсивного потепления в период с 9.3 кал. тыс. лет и почти до 7.7 кал. тыс. лет ВР, когда климат становился теплее современного. В это время на приморских терри-

ториях развивались лесотундровые ландшафты, и средние июльские температуры воздуха превышали современные значения на 4–5 °С.

Оказалось, что выявленное интенсивное потепление синхронно с проникновением в море Лаптевых трансформированных атлантических вод. Об этом свидетельствует появление в пробах морских диатомей, североатлантических диноцист и планктонных фораминифер, принесенных атлантическими течениями. Диапазон потепления в раннем голоцене, установленный по морским осадкам, можно сопоставить с раннеголоценовым оптимумом, который прослеживается глобально на востоке и западе Арктики.

Обзор полученных результатов позволил утверждать, что начиная с 2.3 тыс. лет природная среда становилась относительно стабильной. Эпизодическое проникновение теплых трансформированных атлантических вод на северо-восток моря Лаптевых с максимумом около 1.5 тыс. лет назад совпадало с развитием тундровых ландшафтов, кратковременным потеплением и увлажнением климата на суше.

В целом, установлена синхронность климатических изменений в экосистемах на море и на суше, явно обусловленная глобальными причинами.

Таким образом, анализ полученных данных позволил обнаружить в голоцене два интенсивных потепления глобального и регионального рангов, когда климат становился теплее современного на несколько градусов. Очевидно, распределение тепла происходило путем переноса теплоты воздушными и океаническими потоками, что связано с космическими и планетарными факторами.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Статья была подготовлена по теме государственного задания Геологического института Российской Академии наук.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баух Х.А., Кассенс Х., Тиде Й. Процессы природных трансформаций на северо-евразийском шельфе со времени последнего оледенения // Система моря Лаптевых и прилегающих морей Арктики: современное состояние и история развития / Ред. Х. Кассенс, А.П. Лисицын, Й. Тиде и др. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2009. С. 373–383.
2. Белогуб Е.В., Масленникова А.В., Шевченко В.П., Маслов А.В., Герланд С., Блинов И.А. Осадочный материал из дрейфующих льдов пролива Фрама: новые данные по минералогии, геохимии и спорово-пыльцевым спектрам // Минералогия. 2017. Т. 3, № 4. С. 79–91.
3. Богоявленский В.И., Кишанков А.В., Казанин А.Г. Распространение субквальной мерзлоты в море Лаптевых по данным сейсморазведки методом преломленных волн // Арктика: экология и экономика. 2023. Т. 23, № 4. С. 501–515. DOI: 10.25283/2223-4594-2023-4-501-515.
4. Величко А.А., Борисова О.К., Зеликсон Э.М. Парадоксы климата последнего межледниковья // Пути эволюционной географии (итоги и перспективы). М.: Ин-т географии РАН, 2002. С. 207–239.
5. Каплина Т.Н., Ложкин А.В. История развития растительности Приморских низменностей Якутии в голоцене // Развитие природы в позднем плейстоцене и голоцене. М.: Наука, 1982. С. 207–220.
6. Кассенс Х., Лисицын А.П., Тиде Й., Полякова Е.И., Тимохов Л.А., Фролов И.Е. Система моря Лаптевых и прилегающих морей Арктики: современное состояние и история развития. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2009. 608 с.
7. Клювиткина Т.С., Баух Х.А. Изменения палеогидрологических условий в море Лаптевых в голоцене по материалам исследования водных палиноморф // Океанология. 2006. Т. 46, № 6. С. 911–921.
8. Лисицын А.П. Ледовая седиментация в Мировом океане. М.: Наука, 1994. 448 с.
9. Малышев Н.В., Вержбицкий В.Е., Данилкин С.М., Коллюбакин А.А., Ершова В.Б., Бородулин А.А., Обметко В.В., Комиссаров Д.К., Пашали А.А., Болдырев М.Л., Васильева И.С., Рогов М.А., Попова А.Б., Васильев В.Е., Новиков С.С., Гатовский Ю.А., Александрова Г.Н., Лидская А.В., Симакова А.Н., Лопатина Д.А., Бордунов С.И., Ступакова А.В., Сулова А.А., Никишин А.М., Лакеев В.Г., Лукашев Р.В. Первые результаты стратиграфического бурения на северо-востоке моря Лаптевых // Докл. АН. Науки о Земле. 2024. Т. 515, № 1. С. 26–35.
10. Малышев Н.В., Вержбицкий В.Е., Данилкин С.М., Коллюбакин А.А., Ершова В.Б., Бородулин А.А., Обметко В.В., Комиссаров Д.К., Болдырев М.Л., Васильева И.С., Рогов М.А., Попова А.Б., Махова О.С., Ставицкая В.Н., Тимошенко Т.А., Алымов А.Н., Шеин В.А., Угрюмов А.С., Васильев В.Е., Гатовский Ю.А., Лакеев В.Г., Лукашев Р.В., Александрова Г.Н., Лидская А.В., Симакова А.Н., Лопатина Д.А., Бордунов С.И., Сулова А.А., Ступакова А.В., Никишин А.М. Стратиграфическое бурение на северо-востоке моря Лаптевых: основные результаты и дальнейшее развитие проекта // Геология и геофизика. 2025. Т. 66, № 2. С. 160–179. DOI: 10.15372/GiG2024153
11. Найдина О.Д. Изменения палеосреды Восточного шельфа моря Лаптевых в поздне ледниковье // Стратиграфия. Геология. Корреляция. 2009. Т. 17, № 5. С. 95–108. DOI: 10.1134/S08695593809050062
12. Найдина О.Д. Природные условия северо-восточного региона моря Лаптевых в раннем послеледниковье // Стратиграфия. Геология. Корреляция. 2013. Т. 21, № 4. С. 24–136. DOI: 10.7868/S0869592X1304008X
13. Найдина О.Д. Пыльца из послеледниковых осадков моря Лаптевых как биоиндикатор // Стратиграфия. Геология. Корреляция. 2014. Т. 22, № 3. С. 115–124. DOI: 10.7868/S0869592X14030119
14. Фролов В.Т. Генетическая типизация морских отложений. М.: Недра, 1984. 222 с.
15. Шевченко В.П., Виноградова А.А., Лисицын А.П., Новигатский А.Н., Горюнова Н.В. Атмосферные аэрозоли как источник осадочного вещества и загрязнений в Северном Ледовитом океане // Система моря Лаптевых и прилегающих морей Арктики: современное состояние и история развития / Ред. Х. Кассенс, А.П. Лисицын, Й. Тиде и др. М.: Изд-во Моск. Ун-та, 2009. С. 150–172.

16. Barss M.S., Williams G.L. Palynology and nanofossil processing techniques // *Geol. Surv.Can.* 1973. Pap. 73–26.P. 1–25.
17. Bauch H.A., Kubisch-Popp M., Cronin T.M. et al. A study of the calcareous microfauna from Laptev Sea sediments / *Rep. Polar Res.* 1995. V. 176. P. 334–339.
18. Bauch H.A., Heinemeier J., Grootes P.M. Radiocarbon (AMS ¹⁴C) ages of sediments from the Laptev Sea //3-d Workshop on Russian-German Cooperation: Laptev Sea System. Terra Nostra. 1996. Hf. 96/9. P. 90.
19. Bauch H.A., Kassens H.A., Erlenkeuser H. et al. Depositional environment of the Laptev Sea (Arctic Siberia) during the Holocene // *Boreas.* 1999. V. 28, N 1. P. 194–204.
20. Bauch H.A., Kassens H., Naidina O.D. et al. Composition and flux of Holocene sediments on the eastern Laptev Sea shelf, Arctic Siberia // *Quaternary Res.* 2001. V. 55, N 3. P. 344–351.
21. Bauch H.A., Mueller-Lupp T., Taldenkova E. et al. Chronology of the Holocene transgression at the North Siberian margin // *Global Planet. Change.* 2001. V. 31. P. 125–139.
22. Fairbanks R.G. A 17000-year glacio-eustatic sea level record: influence of glacial melting rates on the Younger Dryas event and deep-ocean circulation // *Nature.* 1989. V. 298. P. 841–844.
23. Cremer H. Diatoms in the Laptev Sea (Arctic Ocean): Taxonomy and biogeographic distribution // *Rep. Polar Res.* 1998. V. 260. 205 p.
24. Koç N., Jansen E., Haffidason H. Paleooceanographic reconstructions of surface ocean conditions in the Greenland, Iceland and Norwegian Seas through the last 14 ka based on diatoms // *Quaternary Sci. Rev.* 1993. V. 12. P. 115–140.
25. Lozhkin A., Minyuk P., Korzun J., Pakhomov A., Tsygankova V., Burnatny S., Naumov A., Anderson P., Brown T. Implications for conifer glacial refugia and postglacial climatic variation in western Beringia from lake sediments of the Upper Indigirka basin // *Boreas.* 2018. V. 47.P. 938–953.
26. Naidina O.D. Holocene climatic, vegetation and pollen data of Siberia adjacent to the Laptev Sea // *Rep. Polar Res.*1995. V. 176. P. 235–253.
27. Naidina O.D., Bauch H.A. Distribution of pollen and spores in surface sediments of the Laptev Sea // *Land–Ocean systems in the Siberian Arctic: dynamics and history* / Eds. H. Kassens, H.A. Bauch, I. Dmitrenko et al. New York: Springer-Verlag, 1999. P. 577–585.
28. Naidina O.D., Bauch H.A. A Holocene pollen record from the Laptev Sea shelf, northern Yakutia// *Global Planet. Change.* 2001. V. 31. P. 141–153.
29. Polyakova Ye.I., Bauch H.A., Klyuvitkina T.S. Early to middle Holocene changes in Laptev Sea water masses deduced from diatom and aquatic palynomorph assemblages // *Global Planet. Change.* 2005. V. 48. P. 208–222.
30. Ruban A.S, Dudarev O.V., Rudmin M.A., Semiletov I.P. Rare Earth Elements in Sediments from the Laptev Sea Shelf: Insight into Sources and Distribution Factors // *Quaternary.* 2024. V. 7 (1). N 12. 18 p. URL: <https://doi.org/10.3390/quat7010012>
31. Stuiver M., Reimer P.J. Extended ¹⁴C data base and revised CALIB 3.0 ¹⁴C ages calibration program // *Radiocarbon.* 1993. V. 135 (1). P. 215–230.
32. Taldenkova E., Bauch H.A., Stepanova A. Last postglacial environmental evolution of the Laptev Sea shelf as reflected in molluscan, ostracodal and foraminiferal faunas // *Global Planet. Change.* 2005. V. 48. P. 223–251.

Рекомендована к печати И.Б. Цой
 после доработки 28.07.2025 г.
 принята к печати 16.01.2026 г.

VARIABILITY OF THE NATURAL ENVIRONMENT OF THE EASTERN ARCTIC BASED ON DRILLING DATA FROM POSTGLACIAL SEDIMENTS IN THE NORTHEASTERN LAPTEV SEA

O.D. Naidina

Geological Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia; e-mail: onaidina@gmail.com

The article presents a climato-stratigraphic interpretation of palynological and micropaleontological analysis results for core samples from two wells drilled in the northeast of the Laptev Sea above 75°N. New information has been obtained on the synchronicity of climate changes in marine and terrestrial systems, which is supported by the accelerator mass spectrometry radiocarbon (AMS ¹⁴C) age measurements. It is proved that the revealed intense warming of the global climate occurred during the transgression of the sea in the early Holocene. A comprehensive analysis confirms that the climatic fluctuations in the Holocene were of global and regional rank and occurred synchronously in the marine and terrestrial natural systems of Eastern Siberia.

Key words: Arctic bottom sediments, Holocene, paleoenvironment, climate, microfossils, pollen, Laptev Sea, Arctic.