

УДК 551.8(262.46)(470.22)

ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ И ПРИРОДНАЯ СРЕДА КАРЕЛЬСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ БЕЛОГО МОРЯ В ГОЛОЦЕНЕ ПО ДАННЫМ ИЗУЧЕНИЯ ОЗЕРНЫХ ОСАДКОВ В РАЙОНЕ УСТЬЯ РЕКИ КЕРЕТЬ

© 2023 г. Т. С. Шелехова¹, *, Н. Б. Лаврова¹, Ю. С. Тихонова¹, Д. С. Толстобров², А. А. Вашков²

¹ Институт геологии Карельского научного центра РАН, Петрозаводск, Россия

² Геологический институт Кольского научного центра РАН, Апатиты, Россия

*e-mail: shelekh@krc.karelia.ru

Поступила в редакцию 17.06.2022 г.

После доработки 26.08.2022 г.

Принята к публикации 10.10.2022 г.

Представлены результаты комплексного исследования (диатомовый, спорово-пыльцевой анализ, ¹⁴C-датирование) голоценовых донных отложений озера, расположенного на побережье Канда-лакшского залива Белого моря в районе устья р. Кереть. Выявлено три этапа развития озерной котловины: морской, переходный и озерный. Приведены диатомовые комплексы, характерные для каждой фации. Отмечено индикаторное значение пыльцы, спор и непыльцевых палиноморф для выявления морских, переходных и пресноводных условий седиментации. Установлено снижение уровня моря на рубеже 7200 календарных лет назад. Смена морской обстановки осадконакопления на озерную зафиксирована примерно на рубеже 6700 календарных лет назад. Для данного времени в пределах изученного побережья показано положение береговой линии моря. Данные спорово-пыльцевого анализа использованы для относительного датирования послеледниковых отложений. Выполнена реконструкция растительности с конца раннего голоцена до современности.

Ключевые слова: голоцен, донные отложения, спорово-пыльцевой анализ, диатомовый анализ, палеогеографические реконструкции, Белое море, Карелия

DOI: 10.31857/S0869592X23040051, EDN: TOICJB

ВВЕДЕНИЕ

Изучение последовательностей донных осадков малых озер в разных частях Фенноскандии проводилось с конца XIX в. для неотектонических и палеогеографических реконструкций, установления миграции береговой линии (Ramsay, 1898; Donner et al., 1977; Кошечкин, 1979; Svendsen, Mangerud, 1987; Corner et al., 1999, 2001; Колька и др., 2005, 2013а, 2013б, 2014; Субетто и др., 2012; Lunkka et al., 2012 и др.). В последние годы с такими же целями для получения дополнительных сведений о голоценовой геологической истории конкретных участков побережья Белого моря проведены многочисленные исследования (Колька и др., 2005, 2013а, 2013б, 2014; Колька, Корсакова, 2012; Субетто и др., 2012; Романенко, Шилова, 2012; Корсакова и др., 2016; Зарецкая и др., 2020; Shelekhova et al., 2021 и др.). В настоящей статье представлены результаты комплексного исследования донных осадков озера (абс. отм. 37 м над уровнем моря), позволившие установить время регрессии моря, природные условия на освобожденной от его вод территории и время изоляции пресноводного водоема.

РАЙОН ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследуемый район расположен в зоне тектонического влияния Кандалакшского грабена и мелкого блокового дробления пород (Лукашов, 1976; Баранская, 2015).

Безымянный водоем (рис. 1) находится на Карельском берегу Белого моря, примерно в 3.5 км к востоку от устья р. Кереть (66°16'37.7" с.ш., 33°38'16.7" в.д.; абс. отм. уреза воды 37 м).

Озеро овальной формы, вытянуто в направлении СВ–ЮЗ. Максимальная длина озера около 500 м, ширина до 200 м, площадь 0.07 км². Глубина воды в месте отбора проб 620 см. В северной части озера из него вытекает ручей, впадающий в море. Питание происходит за счет атмосферных осадков. Берега озера покрыты лесом и частично заболочены.

Территория расположена в южной полосе подзоны северной тайги, где преобладают сосновые, сосновые лишайниковые, сфагновые, елово-сосновые зеленомошно-лишайниковые леса, которые чередуются друг с другом или с болотами (Раменская, 1983; Елина и др., 2000).

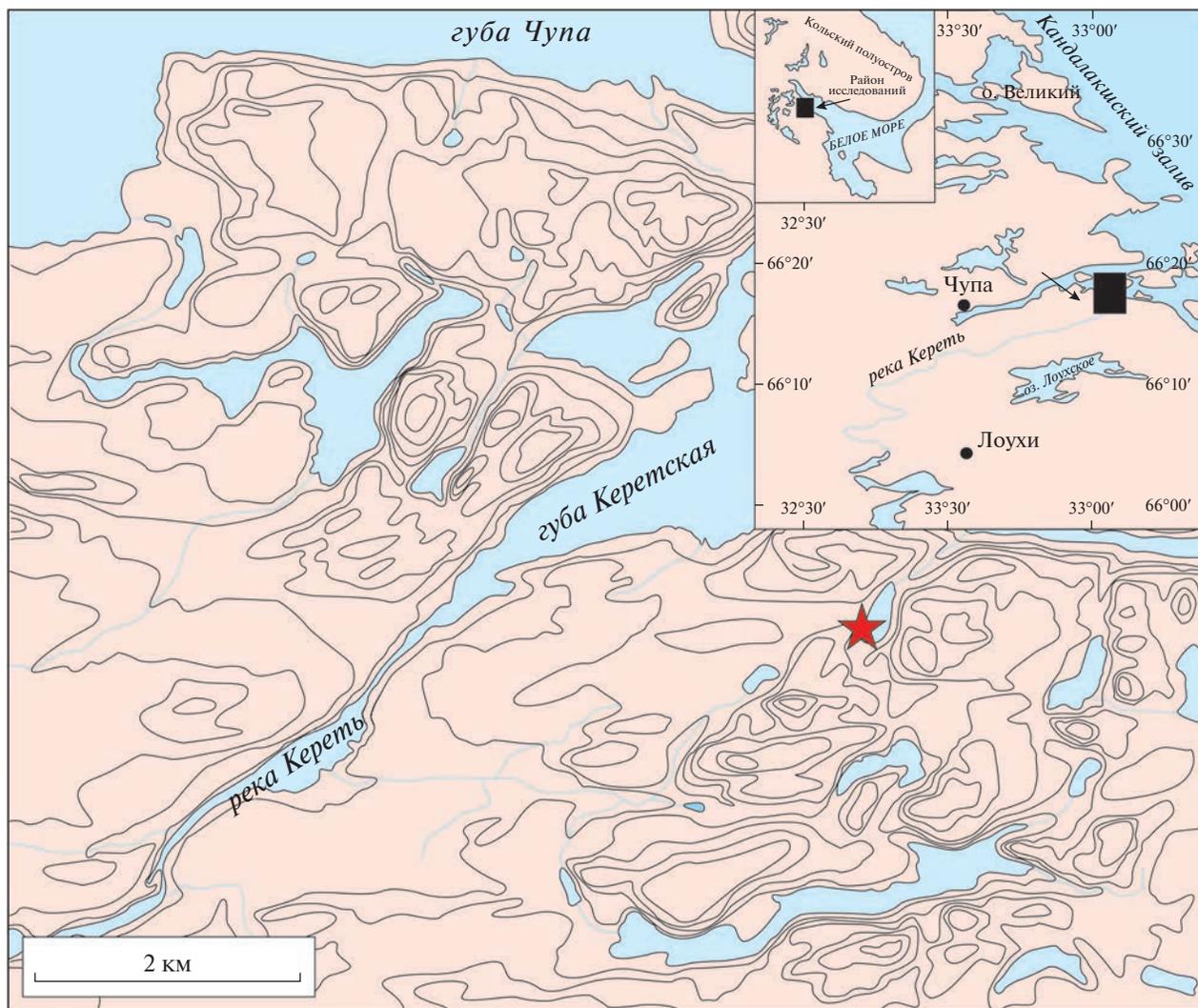


Рис. 1. Район и объект исследований (исследованный водоем обозначен звездочкой).

Климат Карелии умеренно-холодный, с переходом от морского к континентальному. Среднегодовая температура воздуха 0.5°C , средняя температура февраля -10.5°C , средняя температура июля $+13.2^{\circ}\text{C}$. Безморозный период длится 121 день, число дней с температурой не ниже $+10^{\circ}\text{C}$ составляет 72 дня, с общей суммой температур $900-1000^{\circ}\text{C}$. Годовое количество осадков 400 мм (Романов, 1961).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Работы проводились по традиционной методике (Колька и др., 2013а), которая ранее широко применялась в прилегающих регионах (Dopner et al., 1977; Колька и др., 2015, 2018; Корсакова и др., 2016; Толстобров, 2018). Отбор проб производился сотрудниками Геологического института КНЦ РАН со льда озера весной 2019 г. Высотное поло-

жение озера определено по карте масштаба 1 : 50000. Для бурения использовали ручной поршневой бур с мощностью отбираемой колонки осадков в 100 см. Непосредственно в полевых условиях изучены литологический состав, структура, текстура, цвет седиментационных последовательностей донных отложений. Особое внимание уделялось характеру границ и контактов между слоями. На основании этих данных предварительно оценивали фациальную принадлежность выделенных слоев, из которых отбирались образцы для радиоуглеродного датирования. Все литологические последовательности донных отложений опробовали для микропалеонтологических исследований (диатомового и спорово-пыльцевого анализа). Общая мощность разреза составляет 360 см.

Хронология осадков устанавливалась по образцам гиттии или алевритистой гиттии в Лабора-

рии геоморфологических и палеогеографических исследований полярных регионов и Мирового океана им. В.П. Кёппена Санкт-Петербургского государственного университета по стандартной методике (Арсланов, 1987), с применением традиционного сцинтилляционного метода. Значения календарного возраста приведены на основании калибровочной программы OxCal 4.3 (калибровочная кривая IntCal 13), Christopher Bronk Ramsey (<https://c14.arch.ox.ac.uk>).

Техническую обработку проб и приготовление постоянных препаратов на **диатомовый анализ** выполняли по общепринятой методике (Диатомовый..., 1949; Давыдова, 1985). Видовые определения диатомей в препаратах осуществлялись с помощью микроскопа Jenaval (Carl Zeiss Jena) при увеличении $\times 1000$, с иммерсией. Подсчет створок производили до 250 экземпляров. Диатомей определяли до вида, разновидности или формы. При идентификации флоры использовалась различная справочная литература (Определитель..., 1951; Mölder, Tynni, 1967–1973; Tynni, 1975–1980, 1991; Krammer, Lange-Bertalot, 1986; Лосева, 1992; Шилова, 2008; Куликовский и др., 2016). Для палеогеографических реконструкций виды диатомей были сгруппированы по галобности согласно модифицированной системе Кольбе (Simonsen, 1962; Pankow, 1990): полигалобы, обитающие в водах с нормальной морской соленостью; мезогалобы, характерные для опресненных участков морей и солоноватых континентальных водоемов; олигогалобы – типичные пресноводные виды, населяющие водоемы с соленостью вод до 0.4–1‰; эвгалобы – виды с широкой экологической амплитудой. Группа олигогалобов подразделяется на три подгруппы: а) галофилы (диатомей, обычно населяющие пресные воды, но способные жить в условиях несколько повышенной солености, которая стимулирует их развитие), б) индифференты (диатомей, способные переносить некоторую минимальную соленость, которая, однако, является ингибитором для их развития), в) галофобы, обитающие в пресных водоемах с низкой минерализацией воды.

Диатомовый анализ выполнен по 84 образцам. В морской фации (гл. 970–750 см) пробы отбирали с разными интервалами, иногда послонно без перерывов. В переходном горизонте (гл. 742–749 см) отобран 1 образец (744–745 см), в пресноводных (озерных) осадках интервал отбора проб составил 2–14 см.

Обработка проб для **спорово-пыльцевого анализа** осуществлялась по общепринятым методикам (Пыльцевой..., 1950). При пробоподготовке для удаления органических остатков был использован пропионовый ангидрид (Мазей, Новенко, 2021). Для выделения пыльцы и спор из минеральных осадков использовали сепарационный

метод В.П. Гричука (1940). Исследования пыльцы и спор проводили при увеличении $\times 400$. При идентификации пыльцевых зерен привлекали справочники-определители (Куприянова, Алешина, 1972, 1978; Бобров и др., 1983; Moore et al., 1991 и др.), а также эталонную коллекцию пыльцы и спор Института геологии КарНЦ РАН. Статистическую обработку данных и построение спорово-пыльцевых диаграмм (СПД) проводили с использованием компьютерных программ TILIA2 и TILIA GRAPH (Grimm, 1992). Процентное содержание таксонов высчитывали от общей суммы пыльцы деревьев и кустарников (AP) и наземных травянистых растений (NAP). Пыльцу водных растений, споры и остатки водорослей *Pediastrum* не включали в подсчет общей суммы пыльцы, их процентные значения были рассчитаны как отношение к сумме деревьев, кустарников и трав кустарничков (AP+NAP). Выделение палинозон проводили с использованием кластерного анализа CONISS, встроенного в программу TILIA. Палинозомам соответствуют фазы в развитии растительности. Спорово-пыльцевые спектры (СПС) донных осадков дают общее представление о растительности и, следовательно, о климате региона (Naidina, Bauch, 1999; Найдина, 2013). При сопоставлении полученных данных с хронологическими подразделениями голоцена использовали периодизацию Блитта-Сернандера, модифицированную для Северной Евразии Н.А. Хотинским (1977, 1987), позволяющую детализировать описываемые изменения растительного покрова. Этапы голоцена с некоторой степенью приближения соотнесены с новой схемой расчленения голоцена, официально принятой Международной комиссией по стратиграфии (Cohen, Gibbard, 2019). Помимо этого, использовали данные радиоуглеродного анализа и литературные источники (Елина, Лебедева, 1992; Сапелко и др., 2015; Корсакова и др., 2016).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Литология отложений

Описание разреза донных отложений дано снизу вверх. Стратиграфическая последовательность представлена следующими осадками:

Интервал 983–873 см – глина серого цвета с обломками и целыми раковинами.

Интервал 873–751 см – алеврит неяснослоистый. Отмечаются слойки серого цвета с оливковым и коричневым оттенками. Вверх по разрезу увеличивается содержание органики.

Интервал 751–740 см – гиттия тонкослоистая, от темно-коричневого до черного цвета, с растительными остатками.

Таблица 1. Результаты радиоуглеродного датирования донных осадков озера в районе устья р. Кереть на побережье Кандалакшского залива Белого моря

№ обр.	Лаб. номер	Глубина отбора проб, см	Тип отложений	Радиоуглеродный возраст (^{14}C), лет назад	Калиброванный возраст (календарный), кал. лет назад
1	ЛУ-9466	721–727	Гиттия	5140 ± 80	5880 ± 110
2	ЛУ-9465	735–740	Гиттия	5620 ± 110	6430 ± 120
3	ЛУ-9464	745–740	Гиттия + алеврит	5890 ± 130	6720 ± 160
4	ЛУ-9463	751–745	Гиттия + алеврит	6330 ± 130	7230 ± 150

Интервал 740–720 см – слоистая гиттия с про-
слоями коричневого, темно-коричневого, серого
цвета, мощностью 1–2 мм.

Интервал 720–620 см – монотонная гиттия
темно-коричневого цвета.

Радиоуглеродное датирование

Результаты радиоуглеродного датирования дон-
ных осадков озера в районе устья р. Кереть на по-
бережье Кандалакшского залива Белого моря
представлены в табл. 1.

Микрофоссилии в донных осадках

Диатомовый анализ

В донных отложениях озера выявлено 206 ви-
дов и разновидностей диатомовой флоры из 55
родов. В результате диатомового анализа по составу
диатомовых комплексов выделено 5 диатомовых
зон (DZ), соответствующих различным этапам раз-
вития водоема и пяти палеоклиматическим перио-
дам голоцена. Результаты исследований представ-
лены на диатомовой диаграмме (рис. 2), где по со-
ставу диатомовых комплексов выделены три фации
осадков и уточнены их границы: морская, переход-
ная от морской к пресноводной и пресноводная.

На основании подсчета соотношения видов по
галобности выделены морская (I), переходная (II)
и пресноводная (III) фации осадков (рис. 3).

Морская фация (гл. 972–753 см; рис. 2, 3) в со-
ответствии с составом диатомовых комплексов
подразделяется на три диатомовых зоны (DZ).

DZ-1 в нижней части разреза (гл. 972–870 см)
представлена глинами с включениями раковин. В
этих отложениях преобладают только морские
виды диатомовых (полигалобы, мезогалобы и га-
лофилы). Среди них до 80–90% приходится на
планктонные, обитающие в глубоководной части
моря: *Hyalodiscus* (30–80%), *Thalassiosira*, *Chaeto-*
ceros, а также донные и литоральные формы
Thalassionema nitzschioides, *Coscinodiscus*, *Tryblion-*
nella.

DZ-2 (гл. 870–787 см) выделена в алевритах,
где основными доминантами являются виды рода
Grammatophora. Роль ранее доминирующих ви-
дов рода *Hyalodiscus* заметно сокращается (с 80 до
10%). Кроме этого, существенную долю составля-
ют планктонно-литоральные формы *Paralia sulca-*
ta, значительно возрастает видовое разнообразие,
появляются *Thalassionema nitzschioides*, *Trach-*
chuneis aspera, *Cocconeis*, *Amphora*, *Diploneis*, *Na-*
vicula, *Tryblionella* и др. Весь комплекс указывает
на снижение уровня моря. В соотношении видов
по галобности отмечается некоторое сокращение
полигалобов за счет расширения спектра мезога-
лобов. Незначительное участие галофилов и появ-
ление пресноводных индифферентов свидетель-
ствуют о приближении береговой линии моря и
поступлении пресноводных форм с поверхност-
ным стоком.

DZ-3 (гл. 787–750–746 см) выделена в алев-
ритах, которые с гл. 750 см переходят в гиттию с
растительными остатками. В полевых условиях
слой гиттии (~750–740 см) был отнесен к пере-
ходному горизонту. Однако диатомовый ком-
плекс до гл. 746 см оставался морским, указывая
на значительное снижение уровня. Это подтвер-
ждается уменьшением доли “глубоководных”
форм родов *Grammatophora*, *Hyalodiscus*, суще-
ственным возрастанием донных *Trachuneis as-*
pera, *Tryblionella*, доминированием литоральных
Paralia sulcata (10–20%).

Переходная фация осадков, DZ 4, выделяется,
возможно, на гл. 746–743 см, но зафиксирована в
одном образце на гл. 744–745 см. Здесь общая до-
ля солоноватоводных видов (полигалобов, мезо-
галобов и галофилов) снижается почти до 50%
(рис. 3). С глубины 743 см данная фация резко пе-
реходит в пресноводную. Мы предполагаем, что в
это время произошла быстрая, возможно катастро-
фическая, изоляция морского залива от моря. На
короткое время водоем был меромиктическим (пе-
реход от морского залива к отделяющемуся озеру
с морской водой в придонном слое, когда во вре-
мя приливов в него поступала морская вода). За
время меромиктической фазы в нем накопилось
около 3 см осадков. Именно тогда и формировал-

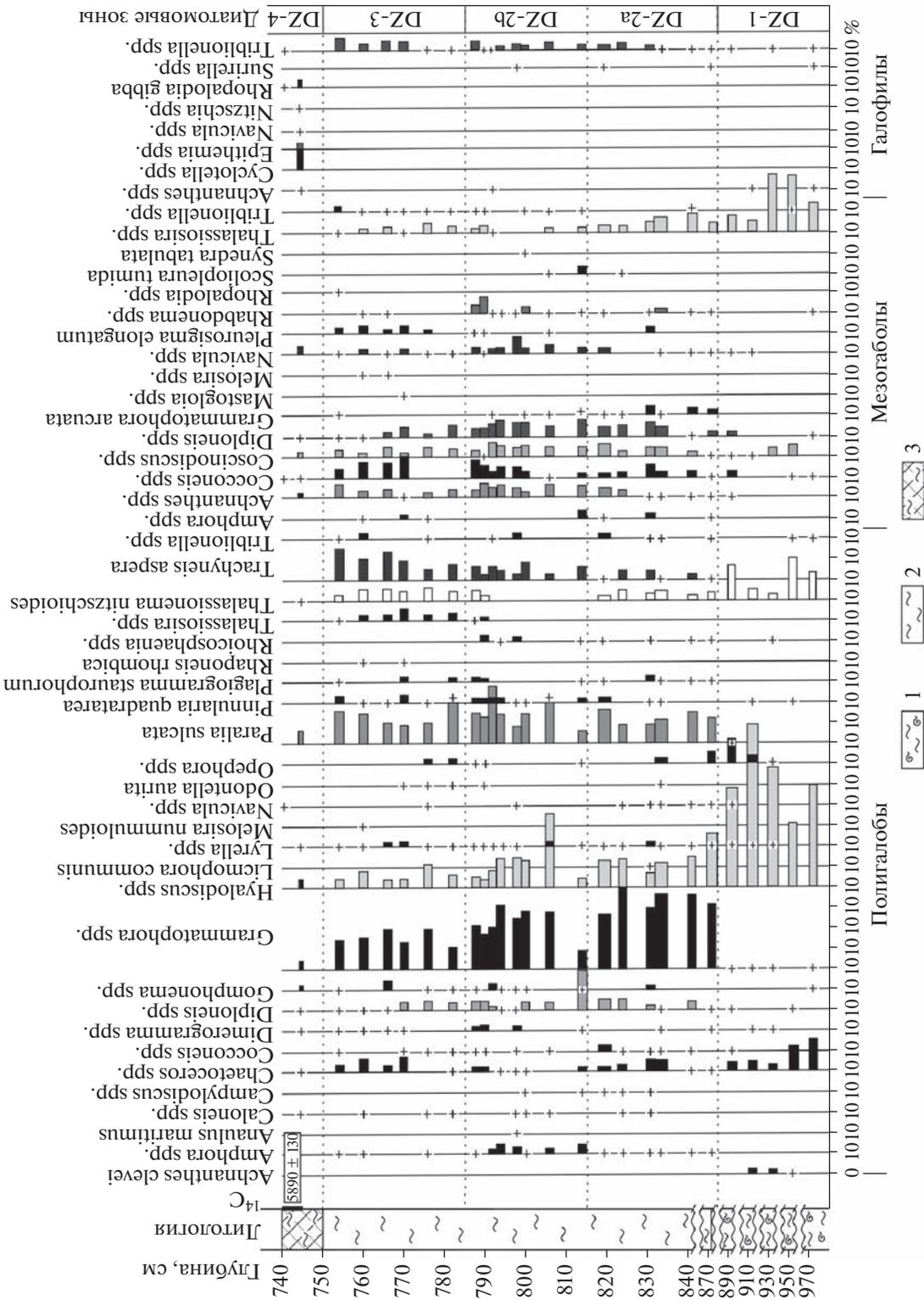


Рис. 2. Диагеновая диаграмма морской фауны и начала переходной фауны осадков озера в районе устья р. Кереть на побережье Кандалакшского залива Белого моря.
 1 — глины с редкими включениями раковин; 2 — алевроиты; 3 — гиттия с алевроитом.

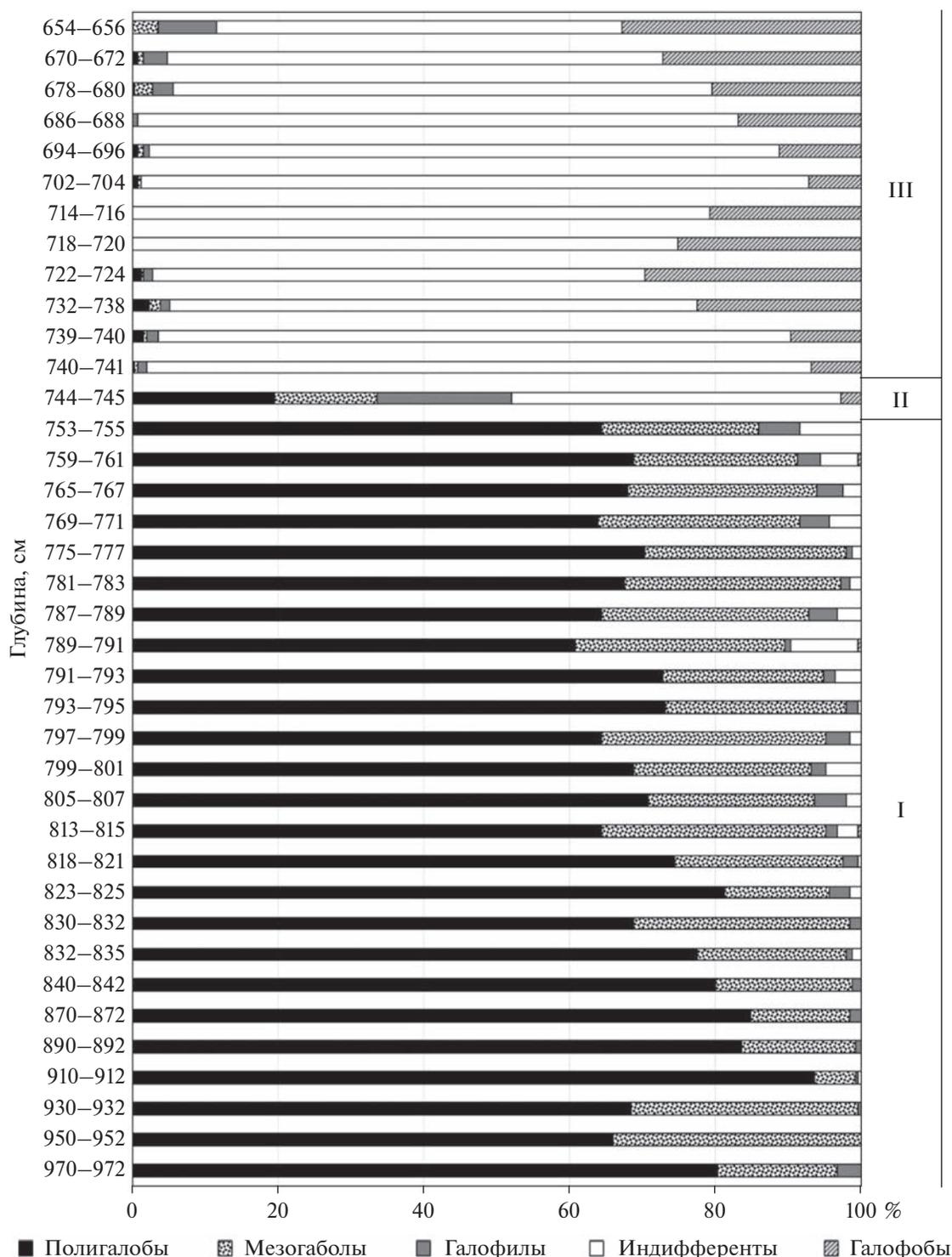


Рис. 3. Соотношение видов по галобности в морской (I), переходной (II) и пресноводной (III) фациях.

ся самый низкий уровень береговой линии для данного временного интервала.

Пресноводная фация водоема, DZ 5, выделена на гл. 743–654 см. В это время в озере накапливались сапропели, в которых выявлен пресноводный

диатомовый комплекс с господством индифферентных форм. Достаточно быстро в количестве от 10 до 30% появились галофобы, свидетельствующие о поступлении пресной воды. Основу пресноводного комплекса составляли виды родов *Aulacoseira*, *Cyclotella*, *Staurosira*, *Tabellaria*, *Anomoeoneis*, *Frustulia*.

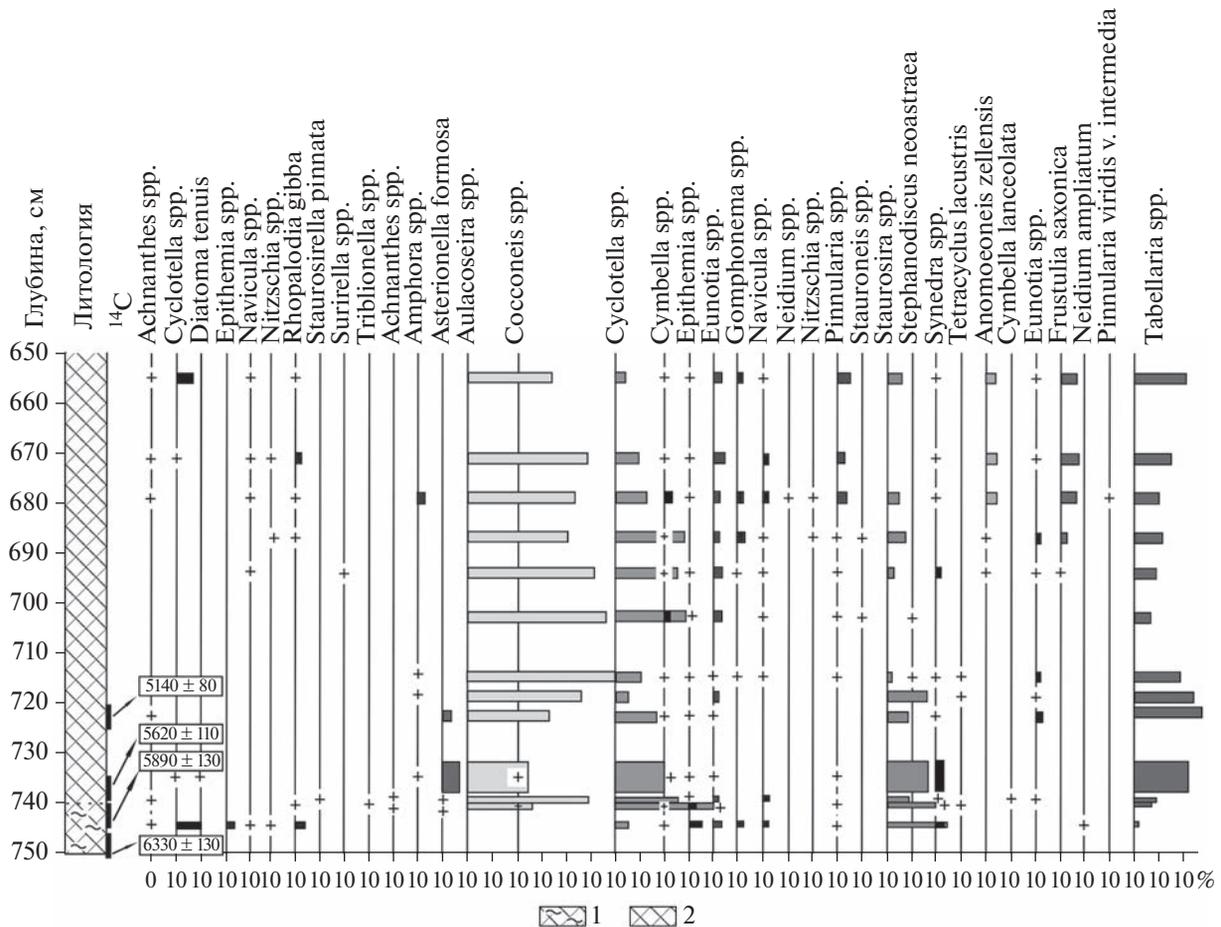


Рис. 4. Диатомовая диаграмма пресноводной фации осадков озера в районе устья р. Кереть на побережье Кандалакшского залива Белого моря.
1 – гиттия с алевроитом; 2 – гиттия.

Единично представлены *Epithemia*, в количестве до 2–4% – *Pinnularia*, *Navicula*, *Eunotia*, *Gomphonema* (рис. 4).

Спорово-пыльцевой анализ

Таксономическое разнообразие пыльцы и спор, обнаруженное в исследуемых донных отложениях, типично для лесной растительности Карелии. Для спорово-пыльцевой диаграммы характерно преобладание пыльцы древесных пород (85–95%) при доминировании пыльцы *Pinus*, лишь в нижней части диаграммы лидирует пыльца *Betula sect. Albae*. В группе травянистых растений преобладает пыльца *Cyperaceae*. В группе споровых растений в нижней части диаграммы основные позиции принадлежат спорам *Polypodiaceae* и *Lycopodiaceae*, в средней части – *Polypodiaceae* и *Sphagnum*, в верхней к ним присоединяются *Equisetum* и *Lycopodiaceae*. Очевидными индикаторами положения береговой линии моря при отделении озерных котловин являются комплексы

диатомовых водорослей. Тем не менее существуют виды растений – индикаторов засоленных грунтов. Присутствие в отложениях пыльцы галофитов *Atriplex nudicaulis*, *Plantago maritima*, а также спикул кубок косвенно указывает на морские условия осадконакопления. Следует отметить, что пыльца *Asteraceae*, по своим морфологическим особенностям соответствующая типу *Aster*, по нашему мнению, принадлежит галофиту *Tripolium vulgare* (Лаврова и др., 2011). На использование пыльцы *Plantago maritima* как индикатора морских условий осадконакопления указывают многие авторы (Shennan et al., 2000; Hughes, Mathewes, 2003 и др.).

На основе изменений соотношений компонентов спорово-пыльцевых спектров и применения программы CONISS на полученной диаграмме выделено 7 локальных палинозон (рис. 5).

Палинозона I (970–955 см). Характеризуется самым высоким за всю историю накопления осадков содержанием пыльцы *Betula sect. Albae* (до 60%). Доля пыльцы *Pinus* составляет около 25%.

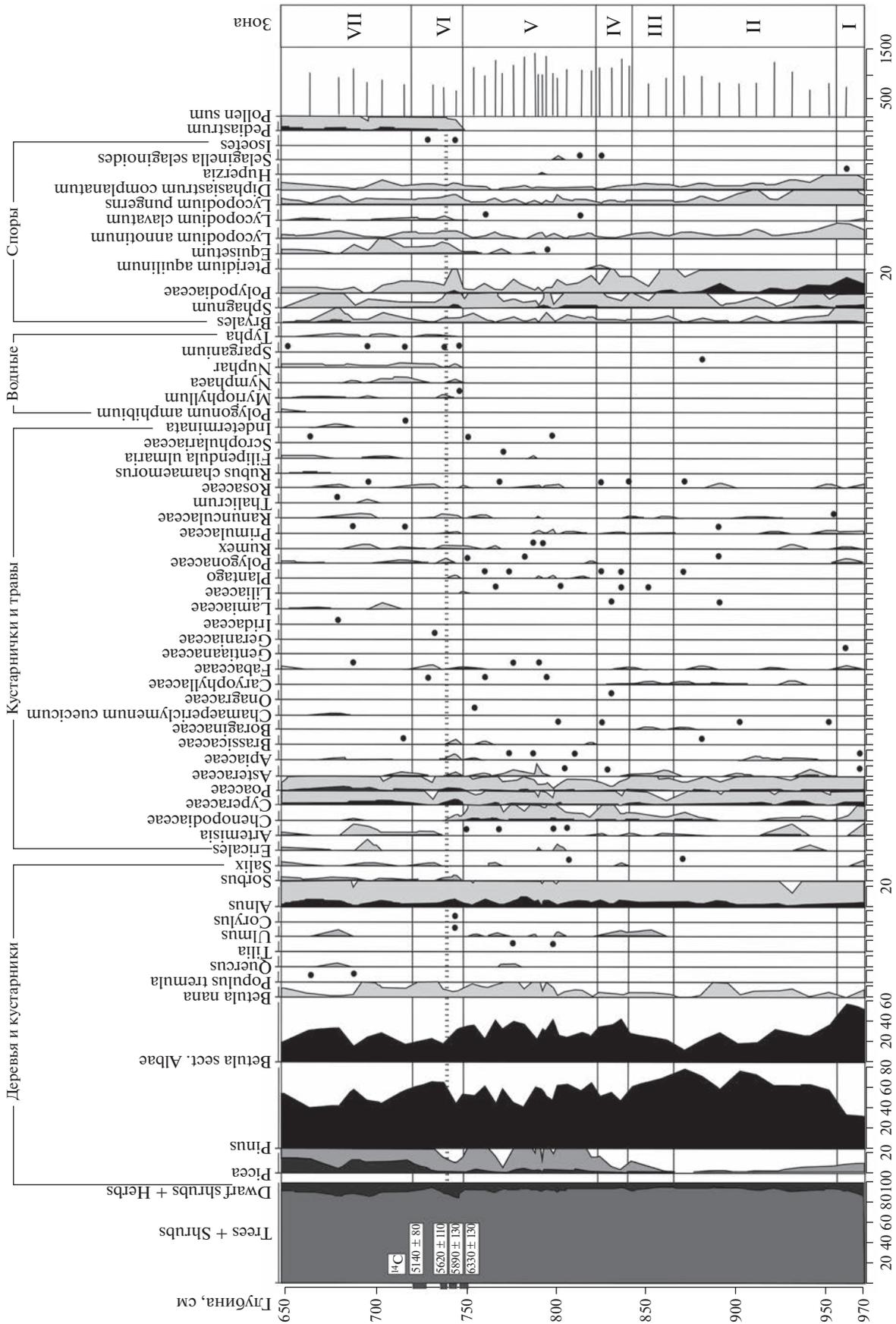


Рис. 5. Спорово-пыльцевая диаграмма донных отложений озера в районе устья р. Кереть на побережье Кандалакшского залива Белого моря.

Количество пыльцы травянистых невелико, среди них преобладает пыльца *Superaceae* (5%), *Roaceae* (1.5%), а также *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, вклад пыльцы двух последних таксонов уменьшается к верхней границе палинозоны. Отмечена пыльца *Fabaceae*, *Ranunculaceae*, *Rosaceae* и др. Одна из интересных особенностей этой палинозоны — высокое содержание спор *Polypodiaceae* (28%). Вклад спор *Lycorodiaceae* составляет 3–5%. Зафиксировано большое количество спикул губок.

Палинозона II (955–865 см). СПС отличаются нарастанием количества пыльцы *Pinus* до максимальных значений (~82%) и снижением вклада пыльцы *Betula sect. Albae* (20–30%). Среди травянистых преобладает пыльца *Superaceae* (2–5%), на втором месте — *Roaceae* (1–4%), спорадически встречается пыльца *Artemisia*, *Asteraceae* (*Aster-type*), *Apiaceae*, *Brassicaceae*, *Rumex*, *Primulaceae* и др. В верхней части палинозоны пыльца *Chenopodiaceae* не превышает 1%, но представлена непрерывной кривой. Количество спор *Polypodiaceae* и *Lycorodiaceae* по сравнению с предыдущей палинозоной снижается. Отмечено большое количество спикул губок.

Палинозона III (865–845 см). Нижняя граница этой зоны проведена над максимумом пыльцы *Pinus* и совпадает с эмпирической границей пыльцы *Picea*. Характеризуется увеличением количества пыльцы *Betula sect. Albae* (20–32%) и снижением *Pinus* (76–60%). Определена пыльца *Ulmus*. Группа трав представлена пыльцой *Roaceae*, *Superaceae* (их количество не превышает 1–3%), идентифицирована пыльца *Artemisia*, *Asteraceae* (в том числе *Aster-type*), *Brassicaceae*, *Liliaceae*, *Plantago maritima*, *Caryophyllaceae*, *Ranunculaceae* и др. Количество *Chenopodiaceae* (в том числе *Atriplex nudicaulis*) увеличивается. Доля спор невелика, среди них преобладают *Polypodiaceae*, *Lycorodiaceae*, но их содержание продолжает уменьшаться. Встречаются споры *Bryales*, *Sphagnum*, зафиксирована спора *Selaginella selaginoides*.

Палинозона IV (845–820 см). Палинозона выделена по подъему кривой пыльцы *Betula sect. Albae* (максимально до 45%) и снижению количества пыльцы *Pinus* (до 65%). В палиносpectрах постоянно присутствует пыльца *Ulmus*.

Палинозона V (820–750 см). Основная особенность СПС данной зоны — присутствие пыльцы термофильных широколиственных пород (*Ulmus*, *Tilia*, *Quercus*), а также увеличение вклада *Alnus glutinosa*. Доминирует пыльца *Pinus*, содержание которой варьирует в пределах 45–60%, содоминантом является пыльца *Betula sect. Albae*, количество которой изменяется в пределах 30–48%. Вклад *Picea* возрастает до 3%, *Alnus* — до 5–7%. Частота встречаемости пыльцы растений галофитов значительно увеличивается: пыльца *Chenopo-*

diaceae (в том числе *Atriplex nudicaulis*) и *Aster-type* образует непрерывные кривые.

Палинозона VI (750–718 см). Особенности данной палинозоны является пик пыльцы *Pinus* (70%) и появление пыльцы и спор водных и прибрежно-водных растений (*Nymphaea*, *Nuphar*, *Sparganium*, *Typha*, *Myriophyllum*, *Isoetes*). Зафиксированы колонии водорослей *Pediastrum*. Увеличивается количество пыльцы *Alnus* и *Superaceae* (7%). Возрастает вклад спор *Equisetum* и *Lycorodiaceae*. В палинозоне можно выделить подзону (750–745 см), в которой наблюдается выклинивание непрерывной кривой пыльцы растений галофитов. Выше этой подзоны пыльца галофитов не отмечена. Одновременно встречается пыльца водных видов (*Nymphaea*, *Nuphar*, *Sparganium*), а также остатки водорослей *Pediastrum*.

Палинозона VII (718–650 см). Нижняя граница палинозоны проведена на уровне рациональной границы пыльцы *Picea*, количество которой достигает 15–18%. Основным компонентом спектров является по-прежнему пыльца *Pinus*, на втором месте — *Betula sect. Albae*. Спорадически встречается пыльца термофильных пород (*Quercus*, *Ulmus*). Среди трав преобладает *Superaceae*, в верхней части палинозоны увеличивается количество *Roaceae*. Присутствует пыльца и споры водных (*Nymphaea*, *Nuphar*, *Sparganium*, *Typha*, *Myriophyllum*, *Isoetes*). В верхней части палинозоны появляется пыльца *Polygonum amphibium* и *Rubus chamaemorus*. Среди споровых доминируют *Equisetum* и *Lycorodiaceae*.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Сопоставление результатов диатомового анализа показывает, что на начальной стадии нынешний водоем был довольно глубоким (не менее 15–20 м) заливом Белого моря с нормальной соленостью (около 18–30‰). В таких условиях развиваются доминирующие на гл. 972–753 см диатомовые родов *Hyalodiscus*, *Thalassiosira*, *Chaetoceros*, *Thalassionema*, *Coscinodiscus*, *Tryblionella*. Однако следует отметить, что постепенное увеличение в составе комплекса пресноводных видов и незначительное расширение спектра мезогалобов и галофилов свидетельствуют о постепенном снижении уровня моря с гл. 753 см (7230 ± 150 кал. лет), а затем довольно резком, почти катастрофическом, отделении залива от моря. На это указывает малая мощность переходного слоя и резкая смена солоноватоводного комплекса на пресноводный. Во время переходной фазии, как и в большинстве зарождающихся пресноводных водоемов, значительную роль играют виды рода *Staurosira*.

Пресноводная фация осадков, выделяющаяся с гл. 743 см, состоит из пресноводных форм с основными доминантами родов *Aulacoseira*, *Cyclotella*,

Staurosira, Tabellaria и многочисленными и разнообразными видами, представленными единично. Судя по радиоуглеродной датировке с гл. 740–735 см, возраст осадков оценивается в 6400 кал. лет назад (таблица) (Толстобров и др., 2021).

Спорово-пыльцевой анализ донных морских и озерных отложений выявляет особенности формирования СПС, которые необходимо учитывать при стратиграфическом расчленении осадков и при реконструкции растительности. СПС крупных водоемов отражают зональный тип растительности, тогда как спектры малых водоемов характеризуются влиянием локальной растительности. По данным исследований ряда ученых, в лесной зоне в разных регионах Европы область поступления пыльцы в озеро или болото небольших размеров (примерно 1 га) определена как расстояние 1.5–2.5 км от края водоема (по Новенко и др., 2016). Следует отметить, что споры *Polypodiaceae* и *Sphagnum* обычно обильны в палиноспектрах морских осадков, благодаря хорошим флотационным способностям (Руденко, Полякова, 2001). Большое количество пыльцы сосны в морских осадках связано с морфологическим строением зерен – наличием воздушных мешков, обеспечивающих плавучесть (Малясова, 1976). В морских осадках больше всего пыльцы аккумулируется в прибрежной зоне, причем ее основная масса сосредоточена на мелководье и в устьях рек. По мере удаления от берега исчезает пыльца березы, ольхи, ивы и споры мхов. В открытом море в субрециентных пробах донных осадков обнаружены лишь единичные зерна пыльцы хвойных растений (Naidina, Bauch, 1999; Найдина, 2006). Наиболее важными причинами, определяющими распределение и перенос пыльцы в водоем, являются сток рек, подводные течения и характер циркуляции приповерхностной атмосферы (Найдина, 2014).

Ранний голоцен

Спорово-пыльцевые спектры палинозоны I были образованы в раннем голоцене, по всей вероятности в конце пребореального периода. Подобные СПС были выделены в донных осадках малого безымянного озера в районе пос. Энгозеро (Лаврова и др., 2011) с датировкой 9300 ± 90 лет назад, а также в отложениях малого озера в южной части Кольского полуострова (Сапелко и др., 2015).

В это время на территории исследования преобладали редкостойные березовые леса. Высототравные березовые сообщества предпочитали влажные местообитания, на сухих вершинах и склонах гряд и холмов произрастали сосновые леса. Присутствие в большом количестве спикул губок *Rotifera* в препаратах может свидетельствовать об осадконакоплении в морских условиях, так как

большинство видов губок предпочитает морскую среду обитания (Kriska, 2013).

Как видно из диатомовой диаграммы (рис. 2), во время формирования отложений пребореального времени (палинозона I) море здесь было относительно глубоким, о чем свидетельствует доминирующий состав диатомовой флоры, представленный глубоководными планктонными полигалобными формами родов *Chaetoceros*, *Hyalodiscus*, *Thalassiosira*.

Возраст формирования СПС палинозоны II в бореальное время подтверждают многочисленные палинологические данные, полученные как для Карельского берега Белого моря, так и для северо-запада России (Savelieva et al., 2019 и др.). Для СПС бореального времени характерно наибольшее высокое количество пыльцы *Pinus*. Распространению сосны способствовал сухой и прохладный климат наряду со снижением уровня грунтовых вод в результате продолжающегося гляциоизостатического подъема Фенноскандинавского щита. На материковой суше господствовали редкостойные сосновые и березово-сосновые леса. На сухих скальных обнажениях и песчаных почвах озовых гряд произрастали сосняки лишайниковые с участием плаунов (*Diphasiastrum complanatum*, *Lycopodium pungens*) в наземном покрове; сосняки высокотравные с папоротниками в травяном покрове были приурочены к склонам возвышенностей, могли произрастать вдоль ручьев.

Судя по составу диатомовых комплексов, некоторой перестройке в структуре доминантов, повышению доли планктонных глубоководных форм рода *Hyalodiscus* во время формирования осадков палинозоны II, глубина моря, возможно, несколько возросла. В это время повысилась общее содержание видов поли- и мезогалобов, отражая повышение солености воды.

Средний голоцен

В СПС палинозон III, IV, V, VI появляется незначительное количество пыльцы *Ulmus*, *Tilia*, *Quercus*. Обогащение спорово-пыльцевых комплексов пыльцой, продуцируемой широколиственными деревьями, было возможно в условиях теплого и влажного климата. Это дает основание предположить, что СПС были сформированы в атлантическое время. Несущественное участие пыльцы этих таксонов зафиксировано в палинозонах, соответствующих атлантическому периоду на диаграммах донных отложений озер, изученных в окрестностях пос. Энгозеро, Кузема, Умба, болота Узкое (Елина, Лебедева, 1992; Лаврова и др., 2011; Колька и др., 2014; Сапелко и др., 2015). В связи с тем, что количество пыльцы представителей термофильной древесной растительности столь незначительно, можно предполо-

жить, что она была занесена ветром. Согласно данным Mazei et al. (2018), перенос такой пыльцы возможен лишь в пределах десятков километров. Вероятно, северные границы ареалов широколиственных деревьев располагались достаточно близко от изучаемой территории. Экологические особенности *Ulmus*, наиболее раннее появление в СПС его пыльцы свидетельствуют о том, что северная граница ареала этой породы была наиболее близка к территории исследования, но вопрос о его произрастании является дискуссионным. Увеличение вклада пыльцы березы, возможно, также свидетельствует об изменении климата в сторону увлажнения. В это время на материковой суше преимущественное распространение имели сосновые и сосново-березовые леса. Незначительное количество зафиксированных спор плаунов опосредованно указывает на то, что леса приобрели среднетаежный облик. В увлажненных депрессиях рельефа, возле озер и ручьев могли произрастать березово-ольховые влажно-высокотравные сообщества. Кривая пыльцы ели становится непрерывной, начиная с III палинозоны, вклад ее незначительный, постепенно возрастает от 1 до 4%. Учитывая пыльцевую продуктивность ели и дальность разноса ее пыльцы, можно допустить, что начиная примерно 5000 лет назад ель начала распространяться на территории исследования. Доля пыльцы ольхи, березы и сосны, напротив, повышена по сравнению с их участием в составе растительного покрова (Новенко и др., 2017). Непрерывная кривая пыльцы ели также появляется в палинозоне, соответствующей атлантическому периоду диаграммы донных отложений безымянного озера в районе пос. Умба (Сапелко и др., 2015). В палинозонах III, IV, V зафиксирована пыльца галофитов *Atriplex nudicaulis*, *Plantago maritima*, *Aster-type*. Частота встречаемости этой пыльцы увеличивается в V палинозоне, при этом количество спикул губок становится меньше.

Формирование осадков данных палинозон довольно хорошо коррелируется с DZ-2 и DZ-3 (865–750 см). Как было показано по составу диатомовых комплексов, уровень морского залива постепенно снижался, господствующие глубоководные планктонные формы сменялись вытесняющими их донными диатомеями: *Thalassionena nitzschoides*, *Trachyneis aspera*, *Cocconeis scutellum*, *Amphora costata*, *Diploneis subcincta*, *Navicula*, *Tryblionella* и др. Вполне вероятно, что это было связано со снижением уровня моря Тапес, имевшего место в атлантическое время (Лаврова, 1947; Кошечкин, 1979 и др.).

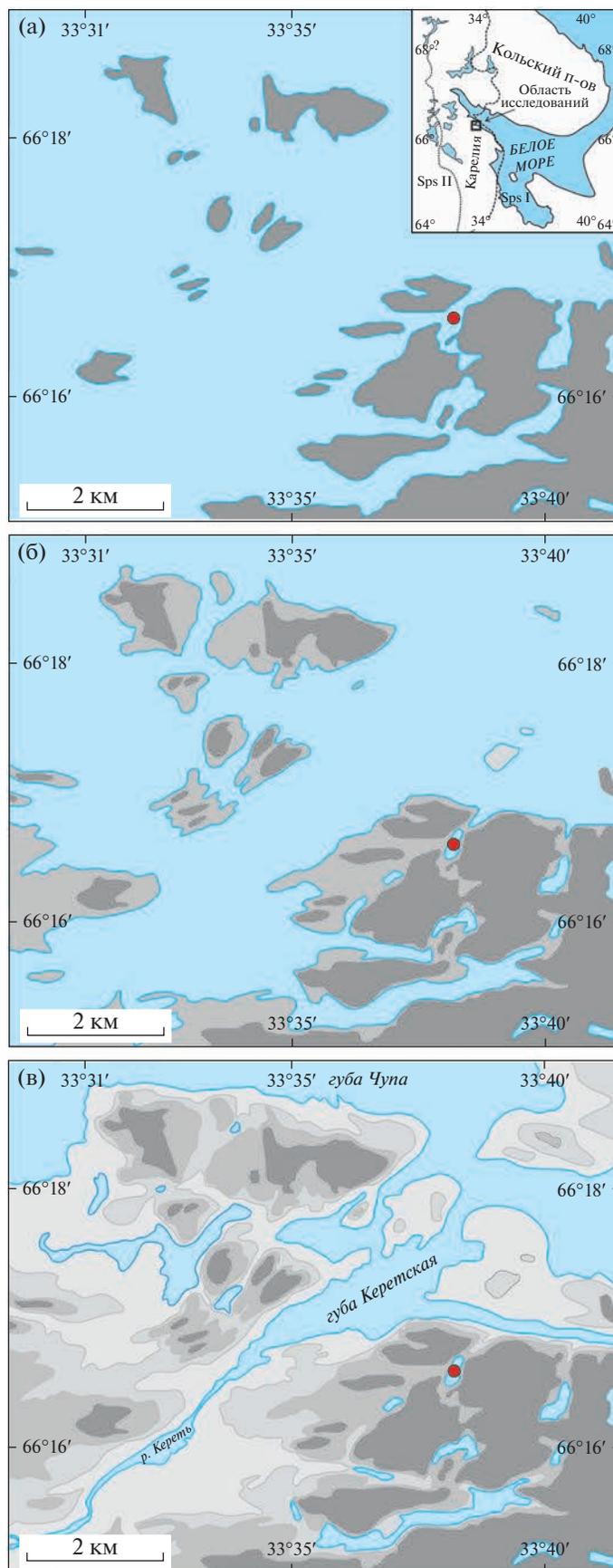
В рамках палинозоны VI выделена подзона (745–750 см), в которой отмечена пыльца расте-

ний галофитов *Atriplex nudicaulis*, *Plantago maritima* и одновременно с ними появляется пыльца водных и болотных растений *Nymphaea*, *Nuphar*, *Sparganium*, *Typha*, *Myriophyllum* и спор *Isoetes*. Выше по разрезу, вне этой подзоны, пыльца галофитов не встречается. Увеличивается вклад пыльцы *Syringaceae*. В СПС палинозоны нашли отражение первые этапы естественного процесса образования озера на территории, постепенно освобождающейся от влияния моря. Исчезали местообитания, благоприятные для галофитов. Регрессия моря сопровождалась появлением новых местообитаний и расселением факультативных галофитов из семейства *Syringaceae*. Согласно другому сценарию, мелководья отделяющегося водоема могли заселять гликофиты из этого семейства. Пыльца растений пресноводных водоемов *Nymphaea*, *Nuphar*, *Sparganium*, а также остатки водорослей *Pediastrum* могли быть привнесены в бассейн водными потоками. Возможно, продуцирующие пыльцу водные растения произрастали на мелководье уже опресненного залива. Спикеры губок не зафиксированы, что свидетельствует о неблагоприятных для них условиях местообитания. Полученные данные радиоуглеродного анализа позволяют утверждать, что СПС подзоны были сформированы приблизительно в последней трети атлантического периода.

Данной палинозоне VI соответствует переходная фаза осадков, во время которой произошла регрессия моря, снижение глубины залива. Затем, судя по составу диатомового комплекса в DZ-4, водоем быстро изолировался от моря. Однако во время изоляции в него во время приливов поступала морская вода, которая оставалась в придонном слое. Поэтому в это время озеро представляло собой меромиктический водоем. Диатомовый комплекс представлен на 50% солоноватоводными формами (поли-, мезогалолами и галофилами), а вторая половина комплекса – пресноводная, среди которой главными доминантами являются формы обрастаний рода *Stauroneis*, а также планктонные *Cyclotella*, *Aulacoseira* (рис. 2, 3).

Судя по радиоуглеродной датировке, полученной с контакта переходной и пресноводной фаз (гл. 745–740 см; табл. 1), уточненного по результатам диатомового анализа, можно предположить, что изоляция водоема от моря произошла 5890 ± 130 ^{14}C лет назад/ 6720 ± 160 кал. лет назад, в конце атлантического оптимума. Возможно, это время падения уровня моря Тапес. Трансгрессия Тапес, судя по литературным данным, имела место между 8 и 6 тыс. лет назад (Кошечкин и др., 1977; Corner et al., 2001). Основываясь на данном факте, можно предположить, что в это время и

Рис. 6. Предполагаемая береговая линия моря: (а) – ранний голоцен, до 7200 кал. лет назад; (б) – средний голоцен, 7200–6700 кал. лет назад; (в) – современная береговая линия.



терраса с абс. отм. около 40–37 м освободилась из-под морских вод.

Отделение водоема от моря подтверждается и по палинологическим данным. Об этом свидетельствует постоянное присутствие пыльцы и спор пресноводных водоемов (*Nymphaea*, *Nuphar*, *Sparganium*, *Typha*, *Myriophyllum*, *Isoëtes*), а также колоний пресноводных водорослей *Pediastrum*. Освободившиеся от морской воды прибрежные участки зарастали осоками и хвощем, вслед за которыми следовала ольха серая, впоследствии вытеснявшаяся более конкурентноспособными древесными породами.

Поздний голоцен

Палинозона VII соответствует нерасчлененным осадкам суббореального–субатлантического периодов. Согласно данным спорово-пыльцевого анализа, на окружающей озеро территории наибольшего распространения достигли сосновые, березово-сосновые леса наряду с еловыми. Ельники произрастали у подножий гряд и холмов, в проточных ложбинах, по долинам рек и ручьев. Ольховые заросли могли сохраняться во влажных депрессиях и на берегах водоема. Похолодание в суббореальном периоде привело к изреживанию лесов, они стали редкостойными, приобрели северотаежный облик. Присутствие пыльцы *Nymphaea*, *Nuphar*, *Sparganium*, *Typha*, *Myriophyllum*, спор *Equisetum* свидетельствует о зарастании пресноводного водоема, а пыльца *Rubus chamaemorus* косвенно указывает на заболачивание изучаемой территории.

На изученной территории установлено неоднократное перемещение береговой линии моря (рис. 6).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сопоставление результатов комплексного микрорепалеонтологического анализа донных отложений изученного водоема позволило сделать предположение, что в раннем голоцене данная территория была довольно глубоководным заливом Белого моря. Береговая линия моря располагалась выше современной отметки 40 м. На материковой суше в конце пребореального периода преобладали березовые редкостойные леса. Судя по данным диатомового анализа, в бореальное время уровень моря повысился, что подтверждается доминированием планктонных “глубоководных” морских видов. Существенное потепление климата и дефицит влажности в конце раннего голоцена, а также снижение уровня грунтовых вод в результате продолжающегося гляциоизостатического поднятия Фенноскандинавского щита способствовали экспансии сосновых лесов.

В среднем голоцене, приблизительно в атлантическое время, произошло постепенное отступление береговой линии моря, завершившееся резкой регрессией и отделением изучаемого водоема от моря. Сопоставление данных диатомового анализа и радиоуглеродного датирования свидетельствует, что в интервале времени 7000–6720 кал. лет назад водоем был меромиктическим; около 6720 кал. лет назад произошла его изоляция, а с 6400 кал. лет назад он развивался как пресноводный.

Установлено, что в морских осадках преобладают поли- и мезогалофы с незначительным участием галофилов; СПС характеризуются наличием пыльцы галофитов приморских засоленных экотопов Белого моря (*Atriplex nudicaulus*, *Plantago maritima*), пыльцы типа *Aster* (*Tripolium vulgare*), а также спикул губок (*Porifera*).

В переходной зоне доля морских видов диатомовой флоры снижается до 50%. В составе диатомового комплекса возрастает численность галофилов, появляются пресноводные, составляя не менее 50%, из СПС постепенно исчезает пыльца галофитов.

В осадках отделившегося озера полностью господствуют пресноводные виды диатомей, появляются пыльца прибрежно-водных видов растений *Nymphaea*, *Nuphar*, *Sparganium*, *Typha*, *Myriophyllum*, споры *Isoëtes* и водоросли пресноводных водоемов *Pediastrum*.

В среднем голоцене на данной территории доминировали среднетаежные сосновые, сосново-березовые леса. В существующие лесные сообщества внедрялась ель.

Поздний голоцен ознаменовался распространением ели, которая входила в состав смешанных сосновых лесов и, возможно, создавала монодоминантные ельники в благоприятных для них местообитаниях с наиболее богатыми почвами. Леса постепенно приобретали северотаежный облик. Мелководья водоема заболачивались и зарастали прибрежной растительностью. В подтверждение этому в составе диатомового комплекса возрастает роль видов обрастаний родов *Staurosira*, *Tabellaria*, *Eunotia*, *Gomphonema*, *Epithemia*, а также донных *Anomoeoneis*, *Frustulia*, *Navicula*, *Pinnularia* (рис. 4).

Реконструкция условий природной среды на исследуемой территории согласно стратиграфии донных осадков, международной стратиграфической шкалы голоцена и зонированию по Блитту-Сернандеру показана на рис. 7.

По результатам исследования водоема в районе устья р. Кереть (абс. отм. 37 м) установлено, что его изоляция произошла 6720 кал. лет назад. Это хорошо согласуется со временем изоляции водоемов в районе пос. Чупа (Колька и др., 2015), расположенных на абс. отм. 33 и 40 м. Так, озеро с абс. отм. 33 м в районе Чупы отделилось от моря 6354 ± 39 кал. лет назад, а озеро с абс. отм. 40 м –

Глубина, см	Литология	¹⁴ C/Кап. л.н.	Подразделение Межлуннадонной комиссии по стратиграфии (Соболев, Гибанд, 2019)	Подразделение Вилтца-Сернандера	Палинозоны	Палинозоны и их характеристика	Диадомовые зоны	Диадомовые комплексы	Реконструируемые условия и ландшафты	
									Изменение уровня моря	Растительность
650			Поздний голоцен	SB + SA	LPAZ-VII	Доминирует пыльца <i>Pinus</i> , на втором месте – <i>Betula</i> sect. <i>Albae</i> . Возрастает роль пыльцы <i>Picea</i> (15–18%). Встречается пыльца растений пресноводных водоемов <i>Nymphaea</i> , <i>Nuphar</i> , <i>Spartanium</i> , <i>Typha</i> , <i>Mugophyllum</i> , <i>Kubus</i> charaеmorus споры <i>Equisetum</i> .	DZ-5	Пресноводный диатомовый комплекс <i>Aulacoseira</i> , <i>Cyclotella</i> , <i>Stauroneis</i> , <i>Tabellaria</i> , <i>Achnanthes</i> , <i>Frustulia</i> . Единично представлены <i>Ehrhennia</i> , до 2–4% – <i>Pinnularia</i> , <i>Navicula</i> , <i>Eupoia</i> , <i>Comphonema</i> .	Полное отделение от морского залива и формирование пресноводного озера, заболачивание прибрежной зоны.	Северотаежные сосновые, березово-сосновые леса наряду с еловыми.
660			4200 кал. л.н. – наст. вр.			Пик пыльцы <i>Pinus</i> (70%), снижение доли <i>Betula</i> sect. <i>Albae</i> . Появляется пыльца растений галофитов и пресноводных водоемов (<i>Nymphaea</i> , <i>Nuphar</i> , <i>Spartanium</i>), а также остатки водорослей <i>Pediastrum</i> .	DZ-4	Общая доля солоноватоводных видов (поли-, мезо-галобов и галофилов) снижается почти до 50%	Быстрая, возможно катастрофическая, изоляция морского залива. Абс.отм. береговой линии моря 37 м.	Среднетаежные сосновые, березово-сосновые и елово-сосновые леса.
670							DZ-3			
680			Средний голоцен	AT	LPAZ-V	Постоянное присутствие пыльцы термофильных древесных пород (<i>Ulmus</i> , <i>Tilia</i> , <i>Oxetiscus</i>), увеличение доли <i>Alnus glutinosa</i> . Доминирует пыльца <i>Pinus</i> (45–60%), содоминант – пыльца <i>Betula</i> sect. <i>Albae</i> (30–48%). Доля <i>Picea</i> возрастает до 3%. <i>Alnus</i> – до 5–7%. Увеличивается содержание пыльцы растений галофитов <i>Atriplex nudicaulis</i> и <i>Aster-type</i> .	DZ-2b	Доминирует <i>Ragalia sulcata</i> , <i>Grammatophora</i> , <i>Hyalodiscus</i> заметно сокращается (с 80 до 10%), значительно возрастает видовое разнообразие, появляются <i>Thalassionema nitischoides</i> , <i>Trachyneis aspera</i> , <i>Cocconeis</i> , <i>Amphora</i> , <i>Diploleis</i> , <i>Navicula</i> , <i>Tryblionella</i> и др. Поступление пресноводных форм с поверхностным стоком.	Снижение уровня моря. Приближение береговой линии моря к границам волося.	Северотаежные редкостойные сосновые и березово-сосновые леса.
690							DZ-2a	Доминирует <i>Ragalia sulcata</i> , <i>Grammatophora</i> , <i>Hyalodiscus</i> заметно сокращается (с 80 до 10%), значительно возрастает видовое разнообразие, появляются <i>Thalassionema nitischoides</i> , <i>Trachyneis aspera</i> , <i>Cocconeis</i> , <i>Amphora</i> , <i>Diploleis</i> , <i>Navicula</i> , <i>Tryblionella</i> и др. Поступление пресноводных форм с поверхностным стоком.		
700			8200–4200 кал. л.н.	BO	LPAZ-III	Польем кривой пыльцы <i>Betula</i> sect. <i>Albae</i> до 45% и снижение доли пыльцы <i>Pinus</i> до 65%. Постоянно присутствует пыльца <i>Ulmus</i> , <i>Alnus glutinosa</i> .	DZ-1	<i>Hyalodiscus</i> , <i>Thalassiosira</i> , <i>Chaetoceros</i> , <i>Thalassionema</i> , <i>Cocconeodiscus</i> , <i>Tryblionella</i> .	Залив Белого моря, гл. 15–20 м с нормальной соленостью (около 18–30‰).	Северотаежные редкостойные сосновые и березово-сосновые леса.
710							DZ-1			
720			Ранний голоцен	PB	LPAZ-I	Увеличение вклада пыльцы <i>Pinus</i> до максимальных значений (~82%), снижение доли пыльцы <i>Betula</i> sect. <i>Albae</i> (20–30%), большое количество спикул губок.				На материковой суше произрастали редкостойные березовые леса северотаежного облика.
730										
740										
750										
760										
770										
780										
790										
800										
810										
820										
830										
840										
850										
860										
870										
890										
910										
930										
950										
970										

Рис. 7. Составление схем подразделений спорово-пыльцевого и диатомового анализа, радиоуглеродного датирования и реконструированными условиями природной среды.

6375 ± 45 кал. лет назад. Разница приблизительно в 350 лет может быть связана с разной скоростью движения Чупинского и Керетьского блоков и подтверждает выводы А.В. Баранской (2015) и других исследователей о дифференцированных движениях макроблоков на побережье Белого моря.

В связи с этим детальные исследования донных отложений озер, расположенных на разных участках и блоках побережья Белого моря, вносят весьма весомый вклад в уточнение перемещения его береговой линии в голоцене, что необходимо учитывать при палеогеографических реконструкциях.

Источники финансирования. Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственных заданий: АААА-А18-118020690231-1 Института геологии КарНЦ РАН; АААА-А19-119100290145-3 Геологического института КНЦ РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Арсланов Х.А. Радиоуглерод. Геохимия и геохронология. Л.: Изд-во ЛГУ, 1987. 300 с.
- Баранская А.В. Роль новейших вертикальных тектонических движений в формировании рельефа побережий Российской Арктики. Автореф... канд. геол.-мин. наук. Санкт-Петербург, 2015. 26 с.
- Бобров А.Е., Куприянова Л.А., Литвинцева М.В., Тарасевич В.Ф. Споры папоротникообразных и пыльца голоосеменных и однодольных растений флоры европейской части СССР. Л.: Наука, 1983. 208 с.
- Гричук В.П. Методика обработки осадочных пород, бедных органическими остатками, для целей пыльцевого анализа // Проблемы физической географии. 1940. Вып. 8. С. 53–58.
- Давыдова Н.Н. Диатомовые водоросли – индикаторы природных условий водоемов в голоцене. Л.: Наука, 1985. 244 с.
- Диатомовый анализ. Определитель ископаемых и современных диатомовых водорослей. М.–Л.: Гос. изд-во геол. литер., 1949. Кн. 1, 240 с.; кн. 2, 288 с.
- Елина Г.А., Лебедева Р.М. Динамика растительности и палеогеография голоцена Карельского берега Прибеломорской низменности // Бот. журн. 1992. Т. 77. № 5. С. 17–29.
- Елина Г.А., Лукашов А.Д., Юрковская Т.К. Позднеледниковье и голоцен восточной Фенноскандии (палеорастительность и палеогеография). Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2000. 242 с.
- Зарецкая Н.Е., Лудикова А.В., Шварев С.В., Кузнецов Д.Д., Кутенков С.А. Палеосейсмогенные тектонические рвы – уникальные архивы истории Белого моря // Геоморфология. 2020. № 4. С. 45–57.
- Колька В.В., Корсакова О.П. Применение геологических методов для датирования каменных лабиринтов на побережье Белого моря // Вестник МГТУ. 2012. Т. 15. № 2. С. 349–356.
- Колька В.В., Евзеров В.Я., Меллер Я., Корнер Д. Новые данные по геологии и полезным ископаемым Кольского полуострова. Апатиты: КНЦ РАН, 2005. С. 15–25.
- Колька В.В., Евзеров В.Я., Меллер Я.И., Корнер Д.Д. Перемещение уровня моря в позднем плейстоцене–голоцене и стратиграфия донных осадков изолированных озер на южном берегу Кольского полуострова, в районе поселка Умба // Изв. РАН. Сер. геогр. 2013а. № 1. С. 73–88.
- Колька В.В., Корсакова О.П., Шелехова Т.С., Лаврова Н.Б., Арсланов Х.А. Реконструкция относительного положения уровня Белого моря в голоцене на Карельском берегу (район пос. Энгозеро, северная Карелия) // Докл. АН. 2013б. Т. 449. № 5. С. 587–592.
- Колька В.В., Корсакова О.П., Шелехова Т.С., Алексеева А.Н., Толстобров Д.С., Лаврова Н.Б. Хронология и причины перемещения береговой линии Белого моря в голоцене по данным изучения донных отложений озер из района Кузема (северная Карелия) // Изв. Рус. географ. общ-ва. 2014. Вып. 6. С. 14–26.
- Колька В.В., Корсакова О.П., Шелехова Т.С., Толстоброва А.Н. Восстановление относительного положения уровня Белого моря в позднеледниковье и голоцене по данным литологического, диатомового анализов и радиоуглеродного датирования донных отложений малых озер в районе пос. Чупа (северная Карелия) // Вестник МГТУ. 2015. Т. 18. № 2. С. 255–268.
- Колька В.В., Корсакова О.П., Толстоброва А.Н., Толстобров Д.С., Вашков А.А. Количественные показатели дифференцированных движений морфотектонических блоков на побережье Кандалакшского залива Белого моря // Труды Ферсмановской сессии Геол. ин-та КНЦ РАН. Апатиты, 2018. С. 205–208. <https://doi.org/10.31241/FNS.2018.15.051>
- Корсакова О.П., Колька В.В., Толстоброва А.Н., Лаврова Н.Б., Толстобров Д.С., Шелехова Т.С. Литология и поздне-постледниковая стратиграфия донных отложений из котловин изолированных бассейнов побережья Белого моря (на примере малого озера из района поселка Чупа, Северная Карелия) // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2016. Т. 24. № 3. С. 81–101.
- Кошечкин Б.И. Голоценовая тектоника восточной части Балтийского щита. Л.: Наука, 1979. 158 с.
- Кошечкин Б.И., Девятова Э.И., Каган Л.Я., Пуннинг Я.М. Последниковые морские трансгрессии в Онежском Беломорье // Стратиграфия и палеогеография четвертного периода Севера европейской части СССР. Петрозаводск: КФ АН СССР, 1977. С. 5–16.
- Куликовский М.С., Глушенко А.М., Генкал С.И., Кузнецова И.В. Определитель диатомовых водорослей России. Ярославль: Филигрань, 2016. 804 с.
- Куприянова Л.А., Алешина Л.А. Пыльца и споры растений флоры европейской части СССР. Т. 1. Л.: Наука, 1972. 171 с.
- Куприянова Л.А., Алешина Л.А. Пыльца двудольных растений флоры европейской части СССР. Lamiaceae–Zugorhyllaceae. Л.: Наука, 1978. 184 с.
- Лаврова М.А. Основные этапы четвертичной истории Кольского полуострова // Изв. Всесоюз. географ. общ-ва. 1947. Т. 79. Вып. 1. С. 21–38.
- Лаврова Н.Б., Колька В.В., Корсакова О.П. Некоторые особенности палиноспектров донных отложений ма-

- лых озер северной части Прибеломорской низменности // Геология и полезные ископаемые Карелии. 2011. Вып. 14. С. 197–202.
- Лосева Э.И. Атлас морских плейстоценовых диатомей европейского Северо-Востока СССР. СПб.: Наука, 1992. 272 с.
- Лукашов А.Д. Новейшая тектоника Карелии. Л.: Наука, 1976. 109 с.
- Мазей Н.Г., Новенко Е.Ю. Применение пропионового ангидрида при подготовке проб для спорово-пыльцевого анализа // Заповедная наука. 2021. № 6. С. 110–112. <https://doi.org/10.24189/ncr.2021.036>
- Малясова Е.С. Палинология донных осадков Белого моря. Л.: Изд-во ЛГУ, 1976. 120 с.
- Найдина О.Д. Палеогеография региона моря Лаптевых в первую половину голоцена по фаунистическим и палинологическим данным // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2006. Т. 4. № 3. С. 331–340.
- Найдина О.Д. Природные условия северо-восточного региона моря Лаптевых в раннем послеледниковье // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2013. Т. 21. № 4. С. 124–136.
- Найдина О.Д. Пыльца из послеледниковых осадков моря Лаптевых как биоиндикатор // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2014. Т. 22. № 3. С. 115–124.
- Новенко Е.Ю., Мироненко И.В., Волкова Е.М., Курпиров Д.А., Батанова А.К. Динамика ландшафтов юго-восточной Мещеры в голоцене // Вестник МГУ. Сер. геогр. 2016. № 2. С. 91–101.
- Новенко Е.Ю., Мазей Н.Г., Зерницкая В.П. Рецентные спорово-пыльцевые спектры заповедных территорий европейской части России как ключ к интерпретации результатов палеоэкологических исследований // Заповедная наука. 2017. № 2. С. 55–65. <https://doi.org/10.24189/ncr.2017.012>
- Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 4. Диатомовые водоросли. М.: Советская наука, 1951. 619 с. Пыльцевой анализ. М.: Госгеолитиздат, 1950. 571 с.
- Раменская М. Л. Анализ флоры Мурманской области и Карелии. Л.: Наука, 1983. 203 с.
- Романенко Ф.А., Шилова О.С. Послеледниковое поднятие Карельского берега Белого моря по данным радиоуглеродного и диатомового анализов озерно-болотных отложений п-ва Киндо // Докл. АН. 2012. Т. 442. № 4. С. 544–548.
- Романов А.А. О климате Карелии. Петрозаводск: Госиздат КАССР, 1961. 140 с.
- Руденко О.В., Полякова Е.И. Особенности формирования спорово-пыльцевых спектров в поверхностных осадках Баренцева моря // Седиментологические процессы и эволюция морских экосистем в условиях морского перигляциала. Апатиты: КНЦ РАН, 2001. С. 111–120.
- Сапелко Т.В., Колька В.В., Евзеров В.Я. Динамика природной среды и развитие озер в позднем плейстоцене и голоцене на южном берегу Кольского полуострова (район пос. Умба) // Труды Кар. научн. центра РАН. 2015. № 5. С. 60–69. <https://doi.org/10.17076/lim55>
- Субетто Д.А., Шевченко В.П., Лудикова А.В., Кузнецов Д.Д., Сапелко Т.В., Лисицын А.П., Ван-Биек П., Суот М., Субетто Г.Д. Хронология изоляции озер Соловецкого архипелага и скорость современного озерного осадко-накопления // Докл. АН. 2012. Т. 446. № 2. С. 183–190.
- Толстобров Д.С. Голоценовая тектоника северо-западной части Кольского региона. Афтореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Москва, 2018. 26 с.
- Толстобров Д.С., Вашков А.А., Колька В.В., Шелехова Т.С. Предварительные данные о перемещении береговой линии в районе села Кереть, Северная Карелия // Труды Ферсмановской научной сессии Геологического ин-та КНЦ РАН. Апатиты, 2021. С. 368–371. <https://doi.org/10.31241/FNS.2021.18.069>
- Хотинский Н.А. Голоцен северной Евразии. М.: Наука, 1977. 200 с.
- Хотинский Н.А. Радиоуглеродная хронология и корреляция природных и антропогенных рубежей голоцена // Новые данные по геохронологии четвертичного периода. М.: Наука, 1987. С. 39–45.
- Шилова О.С. Голоценовые диатомей болот Кольского полуострова и Северо-Восточной Карелии и их значение для палеогеографических исследований. Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Москва, 2008. 24 с.
- Cohen K.M., Gibbard P.L. Global chronostratigraphical correlation table for the last 2.7 million years // Quaternary Int. 2019. V. 500. P. 20–31. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.03.009>
- Corner G.D., Yevzerov V.Ya., Kolka V.V., Moller J.J. Isolation basin stratigraphy and Holocene relative sea-level change at the Norwegian–Russian border north of Nikel, northwest Russia // Boreas. 1999. V. 28. № 1. P. 146–166.
- Corner G.D., Kolka V.V., Yevzerov V.Ya., Moller J.J. Postglacial relative sea-level change and stratigraphy of raised coastal basins on Kola Peninsula, northwest Russia // Global Planet. Change. 2001. V. 31. P. 153–175.
- Donner J., Eronen M., Jungner H. The dating of the Holocene relative sea-level changes in Finnmark, North Norway // Norsk Geografisk Tidsskrift. 1977. V. 31. № 3. P. 103–128.
- Grimm E.S. TILIA and TILIA GRAPH: Pollen spreadsheet and graphics program // 8th Int. Palynological Congress. Program and Abstracts. Aix-en-Provence, France, 1992. 56 p.
- Hughes J.F., Mathewes R.W. A modern analogue for plant colonization of palaeotsunami sands in Cascadia, British Columbia, Canada // Holocene. 2003. V. 13. № 6. P. 877–886. <https://doi.org/10.1191/0959683603hl670rp>
- Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. Teil. 1. Die Susswasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart, 1986. S. 1–876.
- Kriska G. Freshwater Invertebrates in Central Europe. A Field Guide. Springer Science & Business Media, 2013. 411 p.
- Lunkka J.-P., Putkinen I., Miettinen A. Shoreline displacement in the Belomorsk area, NW Russia during the younger dryas stadial // Quaternary Sci. Rev. 2012. V. 37. P. 26–37.
- Mazei N.G., Kusilman M.V., Novenko E.Y. The occurrence of Carpinus, Fagus, Tilia, and Quercus Pollen in subrecent spore-pollen spectra from the East European Plain: on the possibility of long-distance pollen transfer // Russian J. Ecology. 2018. V. 49. № 6. P. 484–491. <https://doi.org/10.1134/S1067413618050077>
- Mölder K., Tynni R. Über Finnlands rezente und subfossile Diatomeen. I–VII // Bull. Geol. Soc. Finland. 1967. V. 39. P. 199–217; 1968. V. 40. P. 151–170; 1969. V. 41. P. 235–

251; 1970. V. 42. P. 129–144; 1971. V. 43. P. 203–220; 1972. V. 44. P. 141–149; 1973. V. 45. P. 159–179.

Moore P.D., Webb J.A., Collinson M.E. Pollen analysis. Oxford: Blackwell, 1991. 216 p.

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. Kassen H., Bauch H.A., Dmitrenko I. N.Y.: Springer-Verlag, 1999. P. 577–585.

Pankow H. Ostsee-Algenflora. Jena: Fischer, 1990. 648 p.

Ramsay W. Über die Geologische Entwicklung der Halbinsel Kola in der Quartarzeit // Fennia. 1898. V. 16. № 1. 151 p.

Savelieva L.A., Andreev A.A., Gromig R., Subetto D.A., Fedorov G.B., Wennrich V., Wagner B., Melles M. Vegetation and climate changes in northwestern Russia during the Lateglacial and Holocene inferred from the Lake Ladoga pollen record // Boreas. 2019. V. 48. № 2. P. 349–360. <https://doi.org/10.1111/bor.12376>

Simonsen R. Untersuchungen zur Systematik und Ökologie der Bodendiatomeen der westlichen Ostsee // Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie. Systematische Beihefte. 1962. V. 1. 144 p.

Shelekhova T.S., Lobanova N.V., Lavrova N.B., Rodionov G.N. Paleogeographic conditions of human habitation on the

Karelian coast of the White Sea in the Late-Holocene (Chupa Town, Karelia, Russia) // Holocene. 2021. V. 32(11). P. 1222–1232.

<https://doi.org/10.1177/09596836211041733>

Shennan I., Lambeck K., Horton B.P., Innes J.I., Lloyd J.M., McArthur J.J., Purcell T., Rutherford M.M. Late Devensian and Holocene records of relative sea-level changes in north-west Scotland and their implications for glacio-hydro-isostatic modeling // Quaternary Sci. Rev. 2000. V. 19. P. 1103–1135.

[https://doi.org/10.1016/s0277-3791\(99\)00089-x](https://doi.org/10.1016/s0277-3791(99)00089-x)

Svensen J.I., Mangerud J. Late Weichselian and Holocene sea-level history for a cross-section of the western Norway // J. Quaternary Sci. 1987. № 2. P. 113–132.

Tynni R. Über Finnlands rezente und subfossile Diatomeen VIII–XI // Geol. Surv. Finland Bull. 1975. V. 274. P. 1–55; 1976. V. 284. P. 1–37; 1978. V. 296. P. 1–55; 1980. V. 312. P. 1–93.

Tynni R. Diatom from Lake Pulmankijärvi, northern Finland and the coast of Varangerfjorden, northern Norway // Geol. Surv. Finland. Report of Investigation. 1991. V. 106. 34 p.

Рецензент О.Д. Найдина

Paleogeography and Natural Environment of the Karelian Coast of the White Sea in the Holocene According to the Study of Lake Sediments Near the Mouth of the Keret River

T. S. Shelekhova^{a, #}, N. B. Lavrova^a, Yu. S. Tikhonova^a, D. S. Tolstobrov^b, and A. A. Vashkov^b

^a Institute of Geology of the Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia

^b Geological Institute of the Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Apatity, Russia

[#]e-mail: shelekh@krc.karelia.ru

The article presents the results of a comprehensive (diatom and spore-pollen analysis and ¹⁴C-dating) study of the Holocene bottom sediments of a lake located on the coast of the Kandalaksha Bay of the White Sea near the mouth of the Keret River. Three stages in the development of the lake basin have been identified: marine, transitional, and lacustrine. Diatom assemblages characteristic of each facies are given. The indicator value of pollen, spores and non-pollen palynomorphs for identifying marine, transitional and freshwater sedimentation conditions is noted. A decrease in sea level was established at the turn of 7200 calendar years ago. The change of the marine environment of sedimentation to the lacustrine was recorded approximately at the turn of 6700 calendar years ago. For a given time, the position of the coastline of the sea is shown within the studied coast. The data of spore-pollen analysis were used for relative dating of post-glacial deposits. Vegetation was reconstructed from the end of the early Holocene to the present.

Keywords: Holocene, bottom sediments, spore-pollen analysis, diatom analysis, paleogeographic reconstructions, White Sea, Karelia