Арктический вектор геологических исследований Arctic vector of geological research

УДК 551.799+551.35.063

DOI: 10.19110/2221-1381-2018-5-33-40

ЛИТОЛОГИЯ И МИКРОПАЛЕОНТОЛОГИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ МАЛОГО ОЗЕРА ОСТРОВА ОЛЕНИЙ В КАНДАЛАКШСКОМ ЗАЛИВЕ БЕЛОГО МОРЯ

В. В. Колька¹, Т. С. Шелехова², Н. Б. Лаврова², О. П. Корсакова¹¹ Геологический институт Кольского научного центра РАН, Апатиты, kolka@geoksc.apatity.ru² Институт геологии Карельского научного центра РАН, Петрозаводск, shelekh@krc.karelia.ru

Проведено комплексное литологическое и микропалеонтологическое (диатомовый и палинологический анализы) изучение, радиоуглеродное датирование стратифицированных донных отложений, формирующих фациально разнородные осадочные толщи в изолированной котловине малого озера, расположенного в пределах Колвизского грабена на острове Олений в Кандалакшском заливе Белого моря. Установлено, что стратиграфия фациально разнородных толщ в изученном водоеме связана с позднеголоценовой регрессией моря. Радиоуглеродное датирование фациальных переходов позволило определить время изоляции озерной депрессии от моря. Установлено, что скорость поднятия земной поверхности в районе исследованного озера значительно выше скоростей поднятия озер с такими же высотными отметками на берегах Кандалакшского залива. Это связано с дифференцированными неотектоническими движениями морфотектонических блоков.

Ключевые слова: Кандалакшский залив, малое озеро, донные отложения, голоцен, литология, микропалеонтология, неотектоника.

LITHOLOGY AND MICRO-PALEONTOLOGY OF SMALL LAKE BOTTOM SEDIMENTS OF THE OLENIY ISLAND IN KANDALAKSHA BAY OF THE WHITE SEA

V. V. Kolka¹, T. S. Shelekhova², N. B. Lavrova², O. P. Korsakova¹¹Geological Institute of Kola Science Centre RAS²Institute of Geology of Karelian Research Centre RAS

Lithological and micropaleontological (diatom and palinological analyses) study, radiocarbon dating of the stratified bottom sediments forming facially heterogeneous sedimentary sequences in a small lake isolated basin located within the limits of Kolvitsa Graben on the Oleniy Island in Kandalaksha Bay of the White Sea were carried out. We established that the stratigraphy of the facies of heterogeneous strata in the studied basin had been determined by the Late Holocene regression of the sea. Radiocarbon dating of facial transitions allowed identifying the time of isolation of the lake depression from the sea. We found out that the rate of earth's surface elevation in the study area associated with the Oleniy Island, had been larger than in other Kandalaksha Bay coastal areas with similar altitudes. These differences were caused by the differentiated neotectonic movements of the morphotectonic blocks.

Keywords: Kandalaksha Bay, small lake, bottom sediments, Holocene, lithology, micropaleontology, neotectonics.

Введение

За последние годы проведено значительное количество комплексных исследований, посвященных изменению положения береговой линии Белого моря [5—10, 15, 16]. Их целью было восстановление палеогеографических и неотектонических условий развития отдельных районов Беломорья, ранее покрывавшихся ледником. В настоящей статье представлены новые литологические и микропалеонтологические данные, полученные при изучении донных отложений малого безымянного озера, расположенного на о. Олений в акватории Кандалакшского залива Белого моря (рис. 1).

Рис. 1. Схема расположения района исследования (А) и положение изученного озера с абсолютной отметкой уреза воды 11.5 м н. у. м. (Б). Звездочками обозначены ранее изученные озера, расположенные на примерно одинаковых высотных отметках:

К — в районе г. Кандалакши, Л — в районе поселка Лесозавод, У — в районе поселка Умба

Fig. 1. Schematic map of the study area (A) and the location of the studied lake with shore-line elevation 11.5 m a. s. l. (B). Asterisks denote previously studied lakes, located at roughly the same elevations: K — in the area of Kandalaksha, L — near the Lesozavod village, U — near the Umba village

Эти работы выполнялись для выявления особенностей формирования донных отложений в условиях позднеледниковых и голоценовых тектонических перемещений земной коры в пределах такой тектонической структуры Балтийского кристаллического щита, как Колвицкий грабен. Полученные данные могут показать влияние тектонической составляющей на скорость, амплитуду и направление перемещения морфологических блоков земной коры, а также береговой линии моря в Кандалакшском заливе.

Район работ

Безымянное озеро ($67^{\circ}05'04''$ с. ш., $32^{\circ}23'47''$ в. д.), выбранное в качестве объекта исследования, расположено на острове Олений в акватории Кандалакшского залива Белого моря (рис. 1, А, Б). Здесь развит равнинный, с отдельными грядами и холмами структурно-денудационный рельеф. Докембрийское основание в районе работ соотносится с Лапландско-Беломорским гранулитогнейсовым подвижным поясом палеопротерозойской консолидации, вдоль оси которого в среднем — позднем рифее образовался Онежско-Кандалакшский палеорифт [1]. В акватории Кандалакшского залива палеорифт представлен двумя современными полуграбенами с переменной полярностью — Колвицким и Кандалакшским. Есть мнение, что Колвицкий грабен сформировался в позднепоследледниковое время [1], хотя конкретные подтверждения этому не приводятся.

Остров Олений расположен на пологом склоне Колвицкого полуграбена в вершине Кандалакшского залива Белого моря. Котловина рассматриваемого озера остаточного типа [17], вытянута с северо-запада на юго-восток на 800 м при ширине до 100 м. Абсолютная отметка уреза воды в озере составляет 11.5 м над уровнем моря (н. у. м.), площадь зеркала воды — 0.135 км². Максимальная глубина 7 м. Берега залесены, местами заболочены. С южной стороны из озера вытекает ручей, порог стока, образованный коренными породами, находится на высоте 11 м н. у. м.

Материалы и методы

Материалом для комплексных литологических, микропалеонтологических исследований и радиоуглеродного (¹⁴C) датирования, проведенных по стандартным методикам, послужила 1.1-метровая колонка донных отложений из котловины исследуемого озера. Керна донных осадков получен при ручном бурении в самом глубоком плоскодонном месте озера, где наиболее вероятно встретить полный, ненарушенный оползанием или волнением разрез отложений. Литологическое изучение (рис. 2, табл. 1) проведено для всей осадочной последовательности. Из керна отбирались пробы по 1–2 см для диатомового и палинологического анализов и по 6–8 см для радиоуглеродного (¹⁴C) датирования. Техническая обработка проб и подготовка постоянных препаратов для палинологического и диатомового анализов осуществлялись по общепринятым методикам [2–4, 13, 14]. ¹⁴C-датирование выполнялось на образцах гиттии в лаборатории геохимии изотопов и геохронологии Геологического института РАН (ГИН РАН) по стандартной методике с примене-

Рис. 2. Разрез донных отложений из котловины озера, расположенного на острове Олений (I), выделенные литолого-стратиграфические единицы (II), фотография последовательности донных отложений (III). Условные обозначения: 1 — песок с алевритом, единичными зернами гравия; 2 — переслаивание гиттии и алеврита; 3 — гиттия тонкослоистая; 4 — гиттия монотонная; переходы между слоями: 5 — постепенный; 6 — резкий. Радиоуглеродные пробы обозначены прямоугольниками с номерами, внизу — калиброванный возраст

Fig.2. Section of the bottom sediments from the lake depression located on Oleniy Island (I), identified lithologic-stratigraphic units (II), photo of the studied bottom sediments sequence (III). Legend: 1 — sand with silt and single grains of gravel; 2 — fine-laminated gyttja and silt; 3 — fine-laminated gyttja; 4 — structureless gyttja; transitions between layers: 5 — gradual; 6 — sharp. Radiocarbon samples are shown by square with numbers; the calibrated age for each sample is given below

нием традиционного сцинтилляционного метода. Калибровка ¹⁴C-дат проводилась по программе CalPal (http://www.calpal_online.de/).

Результаты исследований

Литологическая характеристика донных отложений и датировки. В изученной колонке по визуальным признакам была предварительно установлена регрессивная последовательность осадков фаций III (морские), IV (переходной зоны от морских к пресноводным) и V (пресноводные) [5]. Впоследствии принадлежность конкретных отложений к указанным фациям была подтверждена и скорректирована диатомовым анализом. Литологический разрез донных осадков и их характеристики представлены на рис. 2 и в табл. 1.

Из разреза донных осадков озера было получено 4 ¹⁴C-датировки (рис. 2, табл. 2). Датирование проведено для переходного интервала, представленного переслаиванием кластогенного осадка (здесь и далее по тексту — алеврита) и органогенного осадка (здесь и далее по тексту — гиттии) и слоистой гиттией (слои 3 и 2 соответственно, табл. 1), а также для средней части монотонной гиттии (слой 1, табл. 1). Для нижнего об-

Таблица 1. Литологическое описание донных осадков из котловины озера с отметкой порога стока 11.0 м н. у. м., расположенного на о. Олений в Кандалакшском заливе Белого моря

Table 1. Lithology of the bottom sediments from the lake with threshold at 11.0 m a. s. l., located on Oleniy Island in the Kandalaksha Bay of the White Sea

Номер слоя Stratum	Глубина от поверхности воды, см Depth from surface, cm	Мощность слоя, см Thickness, cm	Краткое описание (сверху вниз) Description (downward)
0	0—640	640	Озерная вода / Lake water
1	640—707	67	Гиттия темно-коричневая, монотонная, без макроостатков растительности. Верхние 10 см осадка сильно обводнены, разжижены Structureless dark brown gyttja without plant macrofossils. The upper 10 cm of sediments are strongly watered, diluted
2	707—714	14	Гиттия светло-коричневая, тонкослоистая. Переход в вышележащий слой постепенный, выделяется по изменению цвета и текстуры Finely laminated light-brown gyttja. The transition to the overlying layer is gradual, stands out by changing color and texture
3	714—728	14	Тонкое переслаивание гиттии и алевроита. Слойки мощностью от 1 до 6 мм. Слоистость отмечается по цвету (слойки темно-коричневого цвета и серого). Переход в вышележащие породы постепенный Fine lamination of gyttja and silt. Laminae thickness is from 1 to 6 mm. Stratification is marked by colour (dark brown and grey). The transition to the overlying rocks is gradual
4	728—750	22	Песок с алевроитом серого цвета. До отметки 735 см преимущественно тонкозернистый песок с включениями крупнозернистого песка и единичными зернами гравия. В интервале 735—728 см алевроит с темными прожилками. Переход в вышележащий интервал резкий, выделяется по цвету Sand with gray silt. Up to 735 cm mostly fine-grained sand with coarse-grained sand and single grains of gravel. In the interval 735—728 cm silt with dark veins. The transition to the overlying interval is sharp, stands out by color

разца из слоя 3 (табл. 1) отмечается инверсия возраста. Подробный геохимический анализ донных осадков бореальных озер, подвергавшихся ^{14}C -датированию, и особенности такого датирования описаны ранее и позволяют объяснить полученную инверсию возраста наличием в осадках деплетированного углерода [18, 19].

Результаты спорово-пыльцевого анализа. Изучение спор и пыльцы выполнено в осадках слоев 1—4

(табл. 1) для определения фаз развития растительности, зависящих как от климатических изменений, так и от непосредственного влияния на фитоценозы положения береговой линии моря. В результате были выделены 4 палинозоны (ПЗ), представленные на спорово-пыльцевой диаграмме (рис. 3). На протяжении всего периода накопления осадков в спорово-пыльцевых спектрах (СПС) преоблада-

Рис. 3. Спорово-пыльцевая диаграмма, отражающая изменение растительности в позднем голоцене в районе острова Олений (аналитик Н. Б. Лаврова)

Fig. 3. Spore-pollen diagram indicated the changes in vegetation during the late Holocene in the Oleniy Island area (analyst N. B. Lavrova)

ет пыльца древесных пород, основные позиции занимает *Pinus*. Постоянные компоненты этой группы — *Betula* sect. *Albae* и *Picea*, вклад пыльцы кустарников *Alnus*, *Salix* незначителен, встречается *Juniperus*. Зафиксирована аллохтонная пыльца термофильных пород (*Ulmus*, *Tilia*, *Quercus*, *Corylus*), которая встречается спорадически. Доля *Salix*, *Betula nana*, *Ericales* не превышает 2% и постоянна по всему разрезу. Участие травянистых и спор невелико, среди них преобладают *Cyperaceae*, *Poaceae*, *Bryales*, *Sphagnales*, *Polypodiaceae*, *Lycopodiaceae*.

В СПС идентифицирована пыльца растений галофитов *Atriplex nudicaulis*, *Plantago maritima* и пыльца *Asteraceae*, по своим морфологическим признакам относящаяся к типу *Aster*. Изучение субрецентной пыльцы приморской полосы Белого моря и пыльцы современных растений позволило предположить, что эта пыльца продуцировалась астрой солончаковой (*Aster tripolium*). Этот вопрос был подробно рассмотрен в других работах [11, 12]. Следовательно, формирование СПС происходило в разных фациальных условиях осадконакопления: морских, переходных от морских к пресноводным и в озерных. Все выявленные фации подтверждаются результатами диатомового анализа.

ПЗ-1 (интервал 749—728 см, рис. 3) в целом соответствует пескам и алевроитам серого цвета (слой 4, табл. 1). Количество пыльцы *Pinus* (~55 %) и *Picea* (7—10 %) постоянно, доля *Betula* sect. *Albae* снижается от 20 до 10 %, участие пыльцы *Betula nana* не превышает 3 %, отмечена пыльца *Juniperus*, *Salix*. Среди трав доминирует *Poaceae*, *Cyperaceae*, *Chenopodiaceae*, в разнотравье идентифицирована пыльца *Filipendula ulmaria*, *Armeria*, *Gentiana*, *Parnassia*, *Pedicularis*, *Plantago*, *Rumex*, *Thalictrum*, *Apiaceae*, *Asteraceae*, *Caryophyllaceae*, *Fabaceae*, *Lamiaceae*, *Onagraceae*, *Polygonaceae*, *Primulaceae*, *Ranunculaceae*, *Rosaceae*. Среди споровых основные позиции занимают мхи *Bryales*, *Sphagnales*, меньше вклад спор *Polypodiaceae*, *Lycopodiaceae* (*Diphasiastrum complanatum*, *Lycopodium annotinum*, *L. pumgens*), *Huperzia*. Постоянно встречается *Equisetum*. Верхняя граница *ПЗ-1* соответствует увеличению количества пыльцы *Picea*, минимальному значению *Betula* sect. *Albae*, выклиниванию непрерывных кривых *Chenopodiaceae*, *Asteraceae*, *Caryophyllaceae*, *Plantago*.

В период формирования СПС палинозоны I на прилегающей территории господствовала лесная растительность, ядро которой было представлено борovým ценогенетическим комплексом (*Pinus sylvestris*, лесные плауны, некоторые виды злаковых, разнотравье, зеленые мхи и лишайники). Подчиненное положение занимал бетулярный ценогенетический комплекс с сопутствующими видами растений (*Betula pubescens*, *Thalictrum*, виды семейства *Ranunculaceae* и др.) и темнохвойный ценогенетический комплекс. Постоянное участие можжевельника (*Juniperus*) и спор плаунов в СПС свидетельствуют о том, что лесные ценозы, состоящие из представителей вышеперечисленных комплексов, имели облик, близкий к северотаежному. Присутствие пыльцы *Chenopodiaceae* (*Salicornia herbacea*, *Atriplex nudicaulis*), *Plantago maritima* указывает на существование засоленных местообитаний. Кроме того, идентифицирована пыльца *Aster-type*, по всей вероятности продуцируемая *Tripolium vulgare*. На менее засоленных местообитаниях произрастали

виды семейства *Caryophyllaceae*, *Primulaceae*, *Apiaceae* и др. Таким образом, учитывая данные диатомового анализа, можно утверждать, что формирование СПС палинозоны I происходило в осадках морской фации.

ПЗ-2 (интервал 728—712 см, рис. 3) в целом соответствует тонкому переслаиванию гиттии и алевроита (слой 3, табл. 1). Для СПС *ПЗ-2* характерно увеличение количества пыльцы *Picea*, возрастание (до 65 %), а затем падение (до 50 %) пыльцы *Pinus*. Увеличивается количество пыльцы *Cyperaceae*. Идентифицирована пыльца *Artemisia*. Возрастает вклад спор плаунов. Появляется единичная пыльца водных растений (*Potamogeton*, *Sparganium*), а у верхней границы *ПЗ-2* — споры *Isoetes* и колонии водорослей *Pediastrum*. Верхняя граница *ПЗ-2* проведена на уровне понижения количества пыльцы *Picea*, *Pinus* и увеличения *Cyperaceae*, спор *Bryales*. Судя по составу СПС, в растительном покрове увеличивается распространение темнохвойных лесов. Возможно, это обусловлено повышением температуры и влажности климата, о чем косвенно свидетельствует зафиксированная пыльца термофильных пород (*Ulmus*, *Tilia*, *Corylus*). В то же время увеличение вклада спор плаунов указывает на то, что леса по-прежнему были разреженными.

Регрессия моря и опреснение изучаемого водоема привело к вытеснению облигатных галофитов. Новые местообитания занимали факультативные галофилы и гликофилы семейства *Cyperaceae*. Появление пыльцы пресноводных растений *Potamogeton*, *Sparganium* в интервале 720—722 см, а затем колоний водорослей *Pediastrum* и спор *Isoetes* указывает на то, что котловина озера потеряла непосредственную связь с морем. Осадки в интервале 728—712 см накапливались в период перехода от морских к озерным условиям осадконакопления, который завершился ~ 2546 календарных лет назад (кал. л. н.) (табл. 2).

ПЗ-3 (интервал 712—688 см, рис. 3) соответствует верхам тонкослоистой светло-коричневой гиттии и нижней части монотонной темно-коричневой гиттии (слой 2, нижняя часть слоя 1, табл. 1). Особенности СПС палинозоны III проявились в увеличении вклада пыльцы *Betula* sect. *Albae*, *Alnus*, *Cyperaceae* и спор *Bryales*. Количество микрофоссилий этих таксонов имеет тенденцию к уменьшению и в *ПЗ-4* (интервал 688—650 см, рис. 3), где отмечено возрастание количества пыльцы *Picea* и *Pinus*. В *ПЗ-3* установлена пыльца прибрежно-водных и водных растений пресных водоемов *Potamogeton*, *Sparganium*, *Isoetes*, *Myriophyllum*, *Nuphar*, *Typha*. СПС этой палинозоны в значительной степени отражают локальные условия местообитаний, обусловленные не климатом, а регрессией моря и расширением береговой зоны. При этом отмечалось увеличение доли березы и ольхи, которые из-за большой экологической пластичности первыми из древесных пород заселяли появившиеся территории, образуя на влажных местообитаниях высокоствольные березняки с ольхой (*Betula pubescens*, *Alnus incana*, виды *Cyperaceae*, *Polypodiaceae*, виды бетулярного ценогенетического комплекса). Осушенные участки заселялись осоками, а на щебнистых и каменистых местообитаниях произрастали полины. В ходе сукцессии растительного покрова береза и ольха замещались основными таежными лесообразующими породами — елью и сосной. В образовавшемся пресно-

водном озере и на его мелководьях расселялись рдест (*Potamogeton*), ежеголовка (*Sparganium*), полушник (*Isoetes*), уруть (*Myriophyllum*), кубышка (*Nuphar*), рогоз (*Typha*). По-прежнему в водоеме были представлены водоросли *Pediastrum* (*Pediastrum boryanum* var. *boryanum*), что свидетельствует об окончательном отделении озерной котловины от моря.

ПЗ-IV (интервал 688–650 см, рис. 3) соответствует верхам монотонной гиттии (верхняя часть слоя 1, табл. 1). Здесь увеличивается количество пыльцы хвойных пород, главным образом сосны, в меньшей степени ели, а доля пыльцы мелколиственных пород (березы и ольхи) уменьшается. В СПС идентифицированы единичные пыльцевые зерна термофильных пород — *Ulmus*, *Tilia*, *Corylus*. Роль пыльцы травянистых и спор невелика. Формирование СПС палинозоны IV началось ~ 2250 кал. л. н. Пыльца макрофитов, колонии водорослей *Pediastrum* свидетельствуют о том, что водоем остается пресноводным. Растительный покров на прилегающей территории был представлен елово-сосновыми лесами.

Результаты диатомового анализа. Для выявления палеоэкологических условий формирования осадков и уточнения их фашиальной принадлежности, установленной визуально по литологическим признакам (табл. 1, рис. 2) в осадочной последовательности изучены комплексы диатомовых водорослей, их видовой состав (рис. 4), экологическая специализация (рис. 5). Определено, что диатомовые в морских осадках в интервале глубин 749–720 см (слой 4 и нижняя часть слоя 3, табл. 1) на 90 % и более представлены полигалобными, мезогалобными и галофильными видами (рис. 5). Среди мезогалобов выделяются *Cocconeis scutellum*, *Diploneis* sp., *Hyalodiscus* sp., *Grammatophora* spp., *Mastogloia* spp., *Paralia sulcata*, различные *Navicula* spp., *Nitzschia* spp., *Pinnularia quadratarea*, *Melosira moniliformis*, *Melosira jorgensii*, *Odontella aurita*, *Pleurosygma* sp., *Porosira* sp., *Rhopalodia* sp., *Rhoicosphaenia* sp., *Rhabdonema* spp., *Thalassiosira* spp., *Lyrella* sp., *Thrachineis aspera*. Галофилы представлены *Epithemia sorex*, *Navicula cryptocephala*, *Navicula radiosa*, *Navicula rhyncocephala*, *Rhopalodia gibba*, *Rhopalodia operculata*, *Rhopalodia musculus*. Единичны или менее 1 % — *Amphora* sp., *Cyclotella kuetzingiana* et var. var, *Cyclotella meneghiniana*, *Fragilaria (Staurosira) virescence*, *Staurosira pinnata*, *Sellaphora (Navicula) pupula* var. *rectangularis*, *Neidium iridis*, *Neidium hitchcockii*, *Nitzschia acuminata*, *Nitzschia alandica*, *Nitzschia angularis*, *Nitzschia angustata*, *Nitzschia kuetzingiana*, *Nitzschia scalaris*, *Synedra rumpens*, *Synedra pulchella*.

Кроме того, необходимо отметить, что эти морские осадки формировались в два этапа. Первый этап, соответствующий накоплению серых песков и алевроитов слоя 4 в интервале 749–728 см (табл. 1), характеризовался большей глубиной моря, т. к. в это время в составе диатомей-доминантов участвуют планктонные виды *Hyalodiscus* sp., *Grammatophora* spp., *Thalassiosira* spp. На втором этапе, соответствующем нижней части переслаивания гиттии и алевроита слоя 3 в интервале 728–720 см (табл. 1), их роль заметно сократилась, а среди диатомовых водорослей преобладали литоральные и донные формы *Paralia sulcata*, *Mastogloia* spp., *Lyrella forcipata*. Виды рода *Thalassiosira* spp. отмечены единично.

Рис. 4. Распределение диатомей в осадках исследованного озера на о. Олений (аналитик Т. С. Шелехова): 1 — морские осадки; 2 — осадки переходной зоны; 3 — пресноводные осадки

Fig. 4. Distribution of diatoms in the sediments of the investigated lake at Oleniy Island (analyst T. S. Shelekhova): 1 — marine sediments; 2 — transition sediments; 3 — freshwater sediments

Рис. 5. Процентное соотношение видов диатомовых водорослей в зависимости от их экологической специализации, определенное в осадках изолирующего бассейна и наследующих его водоемов

Fig. 5. Percentage of diatoms species according to their ecological specialization, identified in the sediments of isolating basin and the succeeded reservoirs

Начиная со времени образования осадков интервала 720—714 см, соответствующих верхней части слоя 3 (табл. 1), произошло обмеление и заметное опреснение бассейна. В составе диатомового комплекса доля поли- и мезогалобов уменьшилась, а галофилов возросла (рис. 5), что проявилось в уменьшении численности видов *Paralia sulcata*, доминировании донных родов *Mastogloia* spp., *Navicula* spp. Существенное опреснение водоема отмечено при накоплении осадков интервала 716—714 см (табл. 1), в которых соотношение морских и пресноводных форм одинаковое (50 : 50).

В осадках интервала 714—707 см слоя 2 (табл. 1) продолжается снижение доли морских форм (с 50 до 18 %), возрастает содержание галофилов (до 50 %) и пресноводных видов (32 %), представленных многочисленными видами родов *Cymbella*, *Eunotia*, *Fragilaria*, *Frustulia*, *Gomphonema*, *Pinnularia*, *Stauroneis*, *Tabellaria*, *Tetracyclus*.

Осадки интервала 707—650 см, соответствующие слою 1 (табл. 1), формировались уже в пресноводном бассейне, хотя в них отмечено присутствие (до 5 %) мезогалобов, довольно высокая роль галофилов (10—30 %), что объясняется некоторой засоленностью грунтов осушившегося морского дна.

Обсуждение результатов и выводы

Данные предыдущих исследований [5—10] показывают, что осадочные последовательности в котловинах малых изолированных бассейнов кольско-карельского побережья формировались в несколько этапов, в целом отражая региональные трансгрессивно-регрессивные циклы. Изученное озеро расположено на низких гипсометрических отметках, и накопление донных осадков в его котловине относится ко времени региональной позднеголоценовой регрессии береговой линии моря. Осадочная последовательность сложена стратогенами, или литолого-стратиграфическими единицами (ЛСЕ), соответствующими этим условиям [10].

Морские осадки в интервале 750—720 см (рис. 2) соотносятся с ЛСЕ-4 [10]. Отличительными ее признаками здесь является то, что к верхней границе этой ЛСЕ кривые пыльцы *Chenopodiaceae*, *Asteraceae*, *Caryophyllaceae*, *Plantago maritima*, *Rumex* прерыва-

ются, а в диатомовых комплексах отмечается абсолютное преобладание полигалобов и мезогалобов. Причем в составе диатомовых сначала преобладали планктонные виды *Hyalodiscus* sp., *Grammatophora* spp., *Thalassiosira* spp., а позже — литоральные и донные формы *Paralia sulcata*, *Mastogloia* spp., *Lyrella forcipata*. Обмеление моря здесь связано с быстрой регрессией его береговой линии, на что указывает резкий несогласный литологический контакт алевроитов и слоистой гиттии (рис. 2).

Этапу изоляции котловины соответствуют голоценовые осадки отчленяющегося водоема-залива (ЛСЕ-5) и меромиктического озера (ЛСЕ-6) по О. П. Корсаковой и др. [10]. В изученном озере ЛСЕ-5 соотносится с осадками интервала 720—714 см (рис. 2), которые накапливались в условиях значительного опреснения бассейна. В составе диатомового комплекса отмечена малая доля поли- и мезогалобов и возрастание доли галофилов (рис. 5). Это отразилось в уменьшении численности видов *Paralia sulcata*, доминировании донных родов *Mastogloia* spp., *Navicula* spp. Об опреснении водоема свидетельствует и появление в осадках единичной пыльцы водных растений (*Potamogeton*, *Sparganium*), спор *Isoetes* и колоний водорослей *Pediastrum*.

ЛСЕ-6, или осадки меромиктического озера, соответствует интервалу 714—707 см (рис. 2), который формировался на завершающей стадии отделения данного водоема, когда его водная толща приобрела двухслойную структуру с поверхностными пресными и солеными придонными слоями. Стадия типичного меромиктического озера присуща достаточно глубоким (5—6 м) котловинам, к которым и относится изученное озеро. В осадках интервала 714—707 см (слой 2, табл. 1) доля морских форм снижается с 50 до 18 %, а содержание галофилов возрастает до 50 %, соответственно расширяется (до 32 %) спектр пресноводных форм.

Осадки пресноводного водоема, которые формируются после изоляции котловины от морского бассейна, или ЛСЕ-7 по О. П. Корсаковой и др. [10], соответствуют интервалу 707—640 см (рис. 2).

На побережье Кандалакшского залива похожие осадочные последовательности, сложенные таким же набором стратогенов, были изучены ранее в малых озерных котловинах, расположенных на низких гип-

Таблица 2. Данные радиоуглеродного датирования осадков из котловины безымянного озера с отметкой порога стока 11.0 м н. у. м., расположенного на о. Олений в Кандалакшском заливе Белого моря

Table 2. Radiocarbon data for deposits from the lake with threshold at 11.0 m a. s. l., located on Oleniy Island in the Kandalaksha Bay of the White Sea

Лабораторный номер Lab number	Глубина отбора пробы, см от уреза воды Depth of sampling cm from water surface	Датировка ^{14}C ^{14}C Dating	Калиброванный возраст (68 % range cal BP)/ среднее значение Calibrated age/average
ГИН-15338	728—721 (слой 3, низ) (layer 3, bottom)	2100 ± 100	1968—2250/2109
ГИН-15339	721—714 (слой 3, верх) (layer 3, top)	2470 ± 70	2425—2667/2546
ГИН-15340	714—707 (слой 2) (layer 1)	2340 ± 80	2246—2574/2410
ГИН-15341	680—687 (слой 1) (layer 1)	2250 ± 60	2178—2323/2250

сометрических уровнях в районе г. Кандалакша (озеро с отметкой порога стока 9 м н. у. м. [8]; К на рис. 1, а), на Карельском берегу в районе пос. Лесозавод (озеро с абсолютной отметкой 7.6 м н. у. м. [8]; Л на рис. 1, а), на Кандалакшском берегу в районе пос. Умба (озеро с порогом стока на высоте 12 м н. у. м. [6]; У на рис. 1, а). Изоляция их котловин произошла (2657 ± 142), (2038 ± 86) и (3542 ± 79) кал. л. н. соответственно. Скорость воздымания суши при равномерном ее поднятии в позднем голоцене составила соответственно 0.338, 0.372 и 0.339 метров за 100 лет в каждом районе, т. е. скорость поднятия этих районов примерно одинаковая. Изоляция котловины исследованного озера на о. Оленьем произошла ~ 2410 кал. л. н. (табл. 2, рис. 2), а рассчитанная для этой части суши средняя скорость ее поднятия в позднем голоцене составила 0.456 метров за 100 лет, что примерно в полтора раза быстрее, чем в других районах на побережье Кандалакшского залива. Эти данные свидетельствуют о голоценовом дифференцированном поднятии, отличающемся по скорости на бортах Колвицкого грабена и в его средней части. Быстрая регрессия береговой линии моря и отчленение котловины озера на о. Оленьем на фоне замедленного в позднем голоцене регионального поднятия этой части Балтийского щита [5–10] указывают на активное проявление здесь собственно тектонических восходящих движений.

Авторы выражают благодарность сотрудникам ГИ КНЦ РАН А. Н. Толстобровой, Д. С. Толстоброву, В. И. Басалаевой за помощь в проведении полевых работ. Работа выполнялась при частичной поддержке гранта РФФИ № 16-05-00311-а.

Литература

1. Балуев А. С., Пржиалговский Е. С., Терехов Е. Н. Новые данные по тектонике Онежско-Кандалакшского палеорифта (Белое море) // Доклады академии наук. 2009. Т. 425. № 2. С. 199–203.
2. Давыдова Н. Н. Диатомовые водоросли — индикаторы природных условий водоемов в голоцене. Л.: Наука, 1985. 243 с.
3. Диатомовый анализ. Определитель ископаемых и современных диатомовых водорослей. Л., 1949. Кн. 2. 288 с.
4. Диатомовый анализ. Определитель ископаемых и современных диатомовых водорослей. Л., 1950. Кн. 3. 399 с.
5. Колька В. В., Евзеров В. Я., Мёллер Я. Й., Корнер Д. Д. Последледниковые гляциоизостатические поднятия на северо-востоке Балтийского щита // Новые данные по геологии и полезным ископаемым Кольского полуострова: Сборник статей / Под. ред. акад. РАН Ф. П. Митрофанова. Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН, 2005. С. 15–25.
6. Колька В. В., Евзеров В. Я., Мёллер Я. Й., Корнер Д. Д. Перемещение уровня моря в позднем плейстоцене-голоцене и стратиграфия донных осадков изолированных озёр на южном берегу Кольского полуострова, в районе поселка Умба // Известия РАН. Серия геогр. 2013. № 1. С. 73–88.
7. 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 озёр в районе пос. Чупа (Северная Карелия) // Вестник МГТУ. 2015. Т. 18. № 2. С. 255–268.

8. Колька В. В., Корсакова О. П. Положение береговой линии Белого моря и неотектонические движения северо-востока Фенноскандии в позднеледниковье и голоцене // Система Белого моря. Том IV. Процессы осадкообразования, геология и история. М.: Научный мир, 2017. С. 222–249.

9. Колька В. В., Корсакова О. П., Лаврова Н. Б., Шелехова Т. С., Толстоброва А. Н., Толстобров Д. С., Зарецкая Н. Е. Стратиграфия донных осадков малых озёр и палеогеография западного берега Онежского залива Белого моря в позднеледниковье и голоцене // Геоморфология. 2018. № 2. С. 49–59.

10. Корсакова О. П., Колька В. В., Толстоброва А. Н., Лаврова Н. Б., Толстобров Д. С., Шелехова Т. С. Литология и позднеледниковая стратиграфия донных отложений из котловин изолированных бассейнов побережья Белого моря (на примере малого озера из района поселка Чупа, Северная Карелия) // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2016. Том 24. № 3. С. 81–101.

11. Лаврова Н. Б., Колька В. В., Корсакова О. П. Некоторые особенности палиноспектров донных отложений малых озёр северной части Прибеломорской низменности // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 14. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2011. С. 197–202.

12. Лаврова Н. Б., Колька В. В., Корсакова О. П. Палиноспектры донных отложений озёр как индикаторы береговой линии Белого моря (Северная Карелия) // Материалы XVIII Международной научной конференции по морской геологии. Геология морей и океанов. Том 1. М.: ГЕОС, 2009. С. 204–209.

13. Пыльцевой анализ / Под ред. И. М. Покровской. М.: Госгеоиздат, 1950. 571 с.

14. Палеопалинология. Т. 1. Методика палинологических исследований и морфология некоторых ископаемых спор, пыльцы и других растительных микрофоссилий // Тр. ВСЕГЕИ. 1966. Вып. 141. 351 с.

15. Романенко Ф. А., Шилова О. С. Последледниковое поднятие карельского берега Белого моря по данным радиоуглеродного и диатомового анализов озерно-болотных отложений п-ова Киндо // Доклады Академии наук. 2012. Т. 442. № 4. С. 544–548.

16. Субетто Д. А., Шевченко В. П., Лудикова А. В., Кузнецов Д. Д., Сапелко Т. В., Лисицын А. П., Евзеров В. Я., П. ван Беек, Суо М., Субетто Г. Д. Хронология изоляции озёр Соловецкого архипелага и скорость современного озерного осадконакопления // Доклады Академии наук. 2012. Т. 446. № 2. С. 183–190.

17. Экман И. М. Донные осадки озёр // Донные отложения озёр восточной части Фенноскандинавского кристаллического щита. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1995. С. 10–83.

18. Abbott M. B., Stafford T. W. Radiocarbon Geochemistry of Modern and Ancient Arctic Lake Systems, Baffin Island, Canada. Quaternary Research. 1996. V. 45. P. 300–311.

19. Snyder J. A., Forman S. L., Mode W. N., Tarasov G. A. Postglacial relative sea-level history: sediment and diatom records of emerged coastal lakes, north-central Kola Peninsula, Russia // Boreas. 1997. Vol. 26. P. 329–346.

References

1. Baluev A. S., Przhivalgovskij E. S., Terekhov E. N. *Novye dannye po tektonike Onezhsko-Kandalakshskogo paleorifta (Beloe more)* (New data on the tectonics of the Onega-Kandalaksha

paleorift (White Sea)). Doklady Earth Sciences, 2009, V. 425, No. 2, pp. 199–203.

2. Davydova N. N. *Diatomovye vodorosli — indikatory prirodnykh usloviy vodoemov v golocene* (Diatom algae are indicators of the natural conditions of water bodies in the Holocene). Leningrad: Nauka, 1985, 243 pp.

3. *Diatomovyy analiz. Opredelitel' iskopaemykh i sovremennykh diatomovykh vodoroslej* (Diatom analysis. The determinant of fossil and modern diatom algae). Leningrad, 1949, Book 2, 288 pp.

4. *Diatomovyy analiz. Opredelitel' iskopaemykh i sovremennykh diatomovykh vodoroslej* (Diatom analysis. The determinant of fossil and modern diatom algae). Leningrad, 1950, Book 3, 399 pp.

5. Kolka V. V., Evzerov V. YA., Myoller YA. J., Korner D. D. *Poslednikovye glyacioizostatische podnyatiya na severo-vostoke Baltijskogo shchita* (Postglacial glacioisostatic uplifts in the northeast of the Baltic Shield). *Novye dannye po geologii i poleznym iskopaemykh Kolskogo poluostrova* (New data on the geology and minerals of the Kola Peninsula)). Collection of papers. Ed. Academician F. P. Mitrofanov. Apatity: Kola SC RAS, 2005, pp. 15–25.

6. Kolka V. V., Evzerov V. YA., Moller YA. J., Corner D. D. *Peremeshchenie urovnya morya v pozdnem pleistocene-golocene i stratigrafiya donnykh osadkov izolirovannykh ozyor na yuzhnom beregu Kolskogo poluostrova, v rajone poselka Umba* (Sea level uplift in the Late Pleistocene-Holocene and stratigraphy of bottom sediments of isolated lakes on the southern coast of the Kola Peninsula, near the village of Umba). Proceedings of RAS, Geography, 2013, No. 1, pp. 73–88.

7. Kolka V. V., Korsakova O. P., Shelekhova T. S., Tolstobrova A. N. *Vosstanovlenie otnositel'nogo polozheniya urovnya Belogo morya v pozdnelednikov'e i golocene po dannym litologicheskogo, diatomovogo analizov i radiouglerodnogo datirovaniya donnykh otlozhenij mal'nykh ozer v rajone pos. Chupa (severnaya Kareliya)* (Relative sea level change of the White Sea in Late Glacial and Holocene according to lithological, diatom analyses and radiocarbon dating of bottom sediments of small lakes in the area of the village Chupa (northern Karelia). Vestnik MSTU, 2015, V. 18, No. 2, pp. 255–268.

8. Kolka V. V., Korsakova O. P. 2.2. *Polozhenie beregovoy linii Belogo morya i neotektonicheskie dvizheniya severo-vostoka Fennoskandii v pozdnelednikov'e i golocene* (Position of the coastline of the White Sea and neotectonic movements of northeastern Fennoscandia in late glacial and Holocene). *Sistema Belogo morya* (White sea). V. 4, *Processy osadkoobrazovaniya, geologiya i istoriya* (Sedimentation, geology and history). Moscow: Nauchny mir, 2017, pp. 222–249.

9. Kolka V. V., Korsakova O. P., Lavrova N. B., Shelekhova T. S., Tolstobrova A. N., Tolstobrov D. S., Zaretskaya N. E. *Stratigrafiya donnykh osadkov mal'nykh ozer i paleogeografiya zapadnogo berega Onezhskogo zaliva Belogo morya v pozdnelednikov'e i golocene* (Small lakes bottom sediments stratigraphy and paleogeography of the Onega Bay west coast of the White Sea in Late Glacial and Holocene). Geomorfologiya. 2018, No. 2, pp. 49–59

10. Korsakova O. P., Kolka V. V., Tolstobrova A. N., Lavrova N. B., Tolstobrov D. S., Shelekhova T. S. *Litologiya i pozdne-postlednikovaya stratigrafiya donnykh otlozhenij iz kotloviny izolirovannykh bassejnov poberezh'ya Belogo morya (na primere malogo ozera iz rajona poselka Chupa, severnaya Kareliya)* (Lithology and Late Postglacial Stratigraphy of Bottom Sediments in Isolated Basins of the White Sea Coast Exemplified by a Small Lake in the Chupa Settlement Area (Northern Karelia). Stratigrafiya. Geologicheskaya korrelyatsiya, 2016, V. 24, No. 3, pp. 81–101.

11. Lavrova N. B., Kolka V. V., Korsakova O. P. *Nekotorye osobennosti palinospektrov donnykh otlozhenij mal'nykh ozer severnoy chasti Pribelomorskoj nizmennosti* (Some features of the palynospectra of bottom sediments of small lakes in the northern part of the Beloblorskiy lowland). Geologiya i poleznye iskopaemye Karelii, 14, Petrozavodsk: Karelia SC RAS, 2011, pp. 197–202.

12. Lavrova N. B., Kolka V. V., Korsakova O. L. *Palinospektry donnykh otlozhenij ozer kak indikatory beregovoy linii Belogo morya (severnaya Kareliya)* (Palyno-spectra of bottom sediments of lakes as indicators of the shoreline of the White Sea (northern Karelia). Proceedings of conference. Geology of seas and oceans, V.1, Moscow: GEOS, 2009, 204–209 pp.

13. *Pylcevoj analiz* (Pollen analysis). Ed. I. M. Pokrovskaya. Moscow: Gosgeoizdat, 1950, 571 pp.

14. Paleopalinologiya (Paleopalinology). V. 1. *Metodika palinologicheskikh issledovanij i morfologiya nekotorykh iskopaemykh spor, pylcy i drugih rastitelnykh mikrofosilij* (methods of palynological studies and morphology of some fossil spores, pollen and other natural microfossils). Proceedings of VSEGEI, 1966, 141, 351 pp.

15. Romanenko F. A., Shilova O. S. *Poslednikovoye podnyatiye karel'skogo berega Belogo morya po dannym radiouglerodnogo i diatomovogo analiza ozerno-bolotnykh otlozhenij p-ova Kindo* (Postglacial uplift of Karelian shore of the White Sea according to radiocarbon and diatom analysis of lacustrine-swamp deposits of Kindo Peninsula). Doklady Earth Sciences, 2012, V. 442, No. 4, pp. 544–548

16. Ekman I. M. *Donnye osadki ozer. Donnye otlozheniya ozer vostochnoy chasti Fennoskandinskogo kristallicheskogo shchita. Petrozavodsk* (Bottom sediments of lakes Bottom sediments of lakes in the eastern part of the Fennoscandian crystal shield). KarNCRAN, 1995, pp. 10–83.

17. Subetto D. A., Shevchenko V. P., Ludikova A. V., Kuznetsov D. D., Sapelko T. V., Lisitsyn A. P., Yevzerov V. YA., P. van Beyek, Suo M., Subetto G. D. *Khronologiya izolyatsii ozer Solovetskogo arhipelaga i sovremennoy tekhniki ozernogo osadkonakopleniya* (Chronology of isolation of Solovky Archipelago and modern techniques of lacustrine sedimentation). Doklady Earth Sciences, 2012, V. 446, No. 2, pp. 183–190.

18. Abbott M. B., Stafford T. W. Radiocarbon Geochemistry of Modern and Ancient Arctic Lake Systems, Baffin Island, Canada. Quaternary Research, 1996, V.45, pp. 300–311.

19. Snyder J. A., Forman S. L., Mode W. N., Tarasov G. A. Postglacial relative sea-level history: sediment and diatom records of emerged coastal lakes, north-central Kola Peninsula, Russia. Boreas, 1997, V. 26, pp. 329–346.