

УДК 551.8

ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА В ПОЗДНЕ- И ПОСЛЕЛЕДНИКОВОЕ ВРЕМЯ ПО ДАННЫМ ИЗУЧЕНИЯ РАЗРЕЗА ОЗЕРНО-БОЛОТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОСТРОВА БОЛЬШОГО КЛИМЕНЕЦКОГО

А. В. Лудикова, Д. Д. Кузнецов

Институт озероведения РАН, Санкт-Петербург, Россия

Изложены результаты лито-, хроно- и биостратиграфического изучения разреза озерно-болотных отложений острова Большого Клименецкого, крупнейшего острова архипелага Кижские шхеры, расположенного в северной части Онежского озера. Выявлены изменения обстановок осадконакопления, обусловленные изменениями уровня Онежского озера в поздне- и послеледниковое время. Начальный этап осадконакопления связан с существованием в онежской котловине приледникового бассейна – Онежского приледникового озера (ОПО), уровень которого превышал в районе исследования 80 м. На дне водоема происходило накопление сезонно-слоистых осадков. Дефицит биогенных элементов и низкая прозрачность водной толщи ОПО лимитировали развитие водной биоты. Регрессии ОПО, имевшей место ок. 11 300 л. н., соответствует начало накопления вскрытых в разрезе микрослоистых глин. Падение уровня Онежского озера, происходившее до ~6500 л. н., предположительно в раннем голоцене, привело к размыву позднеплейстоценовых – раннеголоценовых отложений. Впоследствии в районе исследования установились мелководные прибрежные условия с активной гидродинамикой, благоприятствовавшие накоплению песчаных осадков и развитию бентосных диатомей. В результате уменьшения волноприбойной активности и, возможно, некоторого повышения уровня Онежского озера вследствие увеличения общей увлажненности климата в среднем голоцене началось накопление алевритовых осадков, характеризующихся ростом содержания планктонных диатомей. При этом ~7000 л. н. уровень Онежского озера в районе исследования не превышал 40 м. В результате продолжающейся регрессии ~6500 л. н. уровень Онежского озера снизился до ~36–37 м, что привело к дальнейшему обмелению, зарастанию и постепенной изоляции залива, в котором накапливались органогенные осадки с преобладанием диатомей-обрастателей. Приблизительно 6100 л. н. уровень Онежского озера упал ниже 36 м, в результате чего мелководный залив в районе исследования полностью изолировался от его акватории, а в его котловине началось торфонакопление.

Ключевые слова: Онежское озеро; донные отложения; изменения уровня; литостратиграфия; диатомовые водоросли; позднеледниковье; голоцен.

A. V. Ludikova, D. D. Kuznetsov. LAKE ONEGO LEVEL CHANGES IN THE LATE AND POSTGLACIAL TIMES AS INFERRED FROM THE STUDY OF THE SEDIMENT SEQUENCE ON BOLSHOY KLIMENETSKY ISLAND

The paper presents and discusses the results of the lithological, chronological and biostratigraphic study of the sediment sequence on Bolshoy Klimenetsky Island, the largest island within the Kizhi Archipelago. Inferred changes in sedimentation environments

are related to the lake-level changes of Lake Onego in the Late and Postglacial times. At the earliest stage, the sedimentation took place in the Onego Ice Lake, when the lake level exceeded 80 m at the study site. Seasonally laminated clays accumulated at the bottom of the ice lake. Diatoms were substantially limited in both essential nutrients and light due to increased water turbidity. With the regression of the Onego Ice Lake ca. 11300 yrs BP the formation of micro-laminated clays started. The Lake Onego level drop prior to ~6500 yrs BP, presumably at the Early Holocene, resulted in the erosion of the older sediments. This was followed by the establishment of shallow-water coastal environments favoring the accumulation of sandy sediments and flourishing of benthic diatoms. At the following stage, low-energy environments gradually formed as a result of decreased hydrodynamic action and possibly some water-level rise due to increased climate humidity in the mid-Holocene. Silty sediments with a higher proportion of planktonic diatoms accumulated at the small shallow bay that existed at the study site. ~7000 yrs BP the Lake Onego level was below ~40 m. As the regression proceeded, ~6500 yrs BP the Lake Onego level dropped to ~36–37 m, and organic sedimentation started in the sheltered bay, where epiphytic diatoms prevailed. ~6100 yrs BP the Lake Onego level dropped further to below ~36 m, resulting in the isolation of the study site and the onset of peat formation.

Key words: Lake Onego; lake sediments; lake-level changes; lithostratigraphy; diatoms; Late Glacial; Holocene.

Введение

Онежское озеро является вторым по величине после Ладожского водоемом европейской части России. Его площадь составляет 9682 кв. км (без островов), площадь водосбора – 56500 кв. км. Объем водной массы Онежского озера равен 291,7 куб. км, средняя глубина составляет 30 м, тогда как максимальная достигает 120 м [Растительный..., 1971; Семенович, 1973]. Уровень водного зеркала находится на отметке 33 м над уровнем моря. Северная часть озера характеризуется сильной изрезанностью береговой линии, наличием большого числа островов. Для южной части характерны сглаженные очертания побережья и слабая расчлененность рельефа [Онежское..., 2010].

Возникшее в позднеледниковое время, Онежское озеро в ходе своей дальнейшей истории неоднократно испытывало значительные изменения уровня. На ранних этапах развития (поздний плейстоцен – ранний голоцен) масштабные регрессии были обусловлены изменениями положения и высотной отметки порога стока [Демидов, 2006]. В голоцене уровень озера менялся под воздействием климатических факторов, в результате гляциоизостатических и неотектонических движений земной коры [Девятова, 1986; Saarnisto, Vuorela, 2007].

Изменения уровня Онежского озера, в свою очередь, оказывали влияние на развитие береговой зоны (формирование террас), а также гидросети, растительности и динамику ландшафтов на водосборе. В ходе трансгрессий происходило затопление прибрежных низинных территорий, подъем уровня местного ба-

зиса эрозии приводил к подпруживанию стока рек-притоков, повышению уровня питающих их малых водоемов, подъему уровня грунтовых вод, развитию процессов заболачивания. Регрессивные этапы сопровождались осушением ранее затопленных территорий, изоляцией бывших заливов, активизацией эрозионных процессов и т. п.

Реконструкции изменений уровня Онежского озера осложняются разнонаправленными тектоническими движениями в северной и южной частях котловины, а также наличием локальных проявлений неотектоники. В результате разновозрастные древние береговые линии для разных участков побережья в настоящее время прослеживаются на различных абсолютных отметках [Бискэ и др., 1971]. На погружение южной части котловины указывали уже результаты наиболее ранних работ, посвященных изучению изменений уровня Онежского озера [Марков и др., 1934]. На основании изучения геоморфологического и геологического строения южного побережья было показано, что в атлантическом периоде уровень озера в указанном районе был ниже современных отметок, тогда как в суббореальное и субатлантическое время имел место его подъем [Марков и др., 1934].

В дальнейшем были выполнены реконструкции изменения положения береговой линии на основе корреляции высотных отметок разновозрастных археологических памятников [Панкрушев, 1984]. Кроме того, результаты геолого-геоморфологического и палинологического изучения ключевых участков, расположенных в северо-западной, северо-восточной и вос-

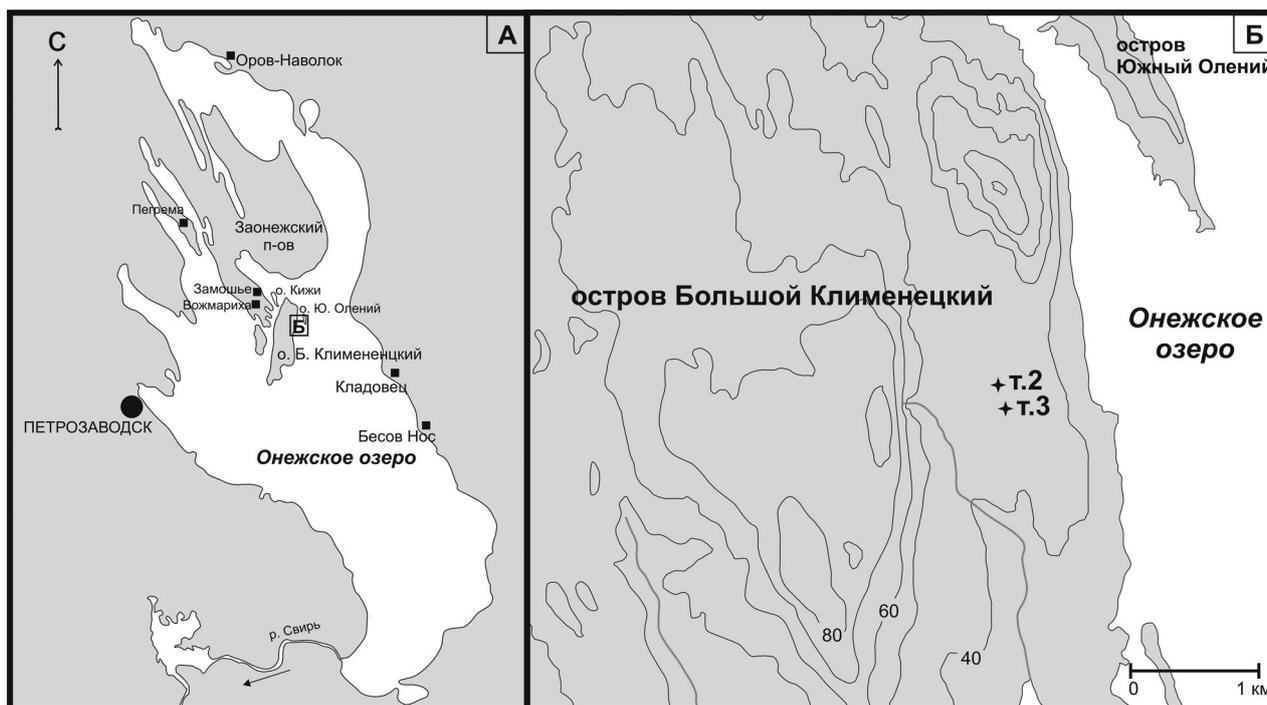


Рис. 1. Местоположение района исследования. А – Онежское озеро с островом Большим Клименецким (черными квадратами обозначены объекты, упоминающиеся в тексте); Б – местонахождение точек пробоотбора
 Fig. 1. Location of the studied area. А – Lake Onego with Bolshoy Klimentetsky Island (black squares show the objects mentioned in the paper); Б – sampling sites

точной частью побережья Онежского озера, позволили выявить чередование трансгрессивных и регрессивных фаз на фоне общего снижения уровня озера в послеледниковое время [Девятова, 1984, 1986].

Разрезы озерно-болотных отложений, как правило, содержат более полную литологическую и биостратиграфическую летопись изменений уровня Онежского озера в прошлом по сравнению с разрезами террас и археологических стоянок. Поэтому их комплексное изучение позволяет восстановить последовательность трансгрессивных и регрессивных стадий послеледниковой истории озера, а также датировать смены седиментационных обстановок, обусловленных перемещением древней береговой линии. К настоящему времени подобные исследования были выполнены в северной части Повенецкого залива [Saarnisto, Vuorela, 2007], на Заонежском полуострове [Елина, Филимонова, 1999; Демидов и др., 2001; Шелехова, Субетто, 2016], в северо-западном и южном Прионежье [Шелехова и др., 2005, Шелехова, 2007].

В настоящей статье приведены результаты исследования разреза озерно-болотных отложений острова Большого Клименецкого с целью реконструкции изменения уровня Онежского озера в поздне- и послеледниковое время.

Материалы и методы

Остров Большой Клименецкий, являющийся крупнейшим островом Онежского озера (его площадь 48 кв. км) [Лукашов, 1999], расположен к югу от Заонежского полуострова, между заливами Большое и Малое Онего, и входит в группу островов Кижских шхер. Исследован разрез озерно-болотных отложений, расположенный в восточной части острова Большого Клименецкого на террасовидной площадке, вытянутой с юга на север, протяженностью ~ 2 км. Площадка ограничена 40-метровой горизонталью, абсолютная высота поверхности составляет ~ 40–40,6 м (рис. 1). С запада к ней примыкает крутой уступ высотой до 60 м, с востока она пологой ступенью (не всегда отчетливо выраженной в рельефе) спускается к заболоченной низине.

Пробоотбор осуществлялся с помощью торфяного бура с длиной рабочей части 1 м. Были отобраны две колонки озерно-болотных осадков – в точке 2 (КЛ 2, 62°1'22,3" с. ш. 35°20'44,7" в. д.) и точке 3 (КЛ 3), расположенной ~ в 100 м к югу от точки 2, мощностью 5,1 и 7 м соответственно (рис. 1). После детального литологического описания производился разбор кернов с разрешением 5 см без пропусков, с уменьшением интервала пробоотбора вблизи стратиграфических границ.

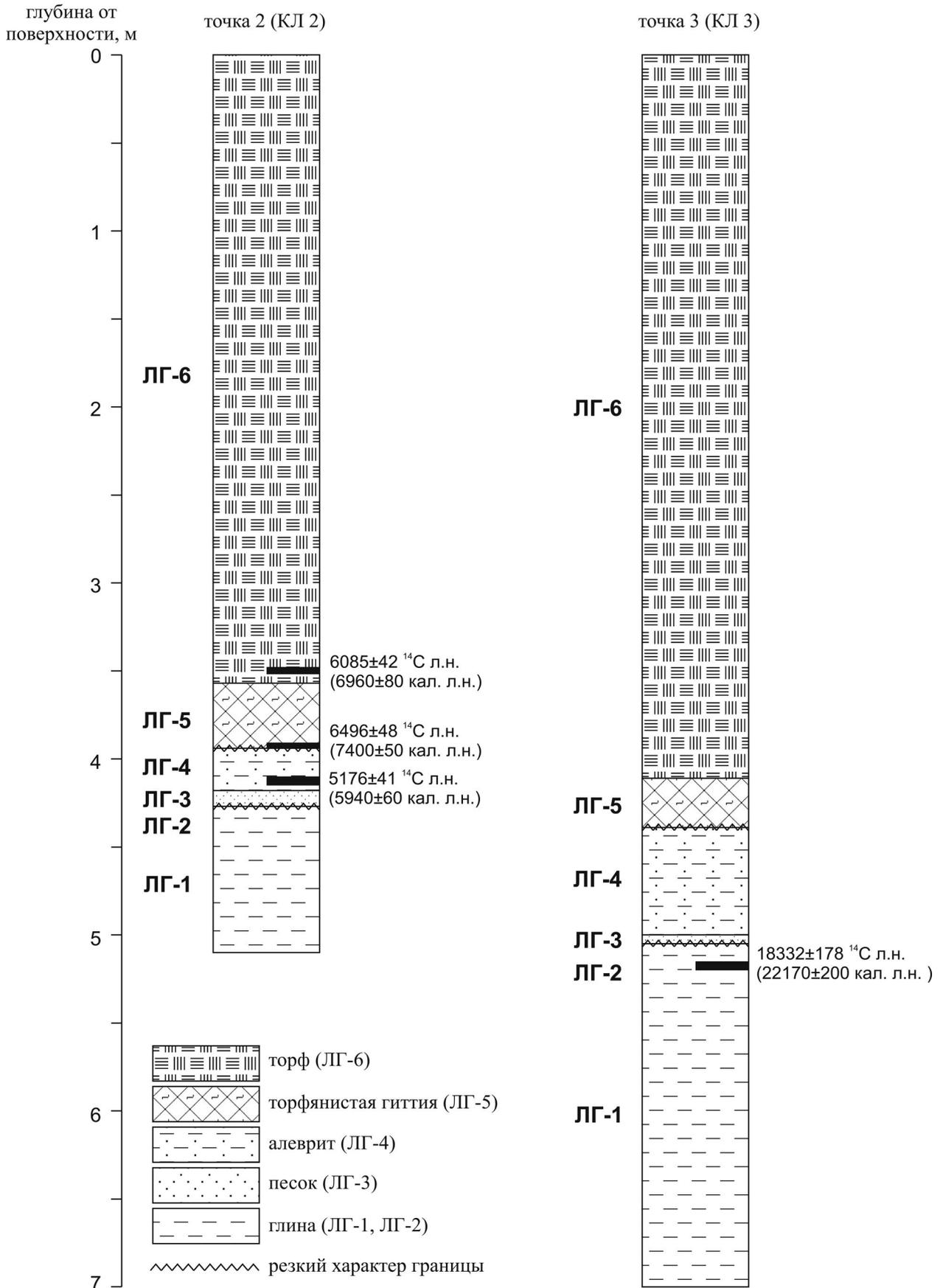


Рис. 2. Литология и возраст озерно-болотных отложений острова Большого Клименецкого

Fig. 2. Lithology and age of lake-bog sediments of Bolshoy Klimentetsky Island

Для радиоуглеродного датирования были отобраны 4 пробы. Определение абсолютного возраста донных осадков осуществлялось методом акселерированной масс-спектрометрии (AMS) в радиоуглеродной лаборатории университета г. Хельсинки.

Диатомовый анализ выполнен для колонки 2, пробы из торфа не анализировались, за исключением нижних 10 см. Обработка проб для диатомового анализа выполнялась по стандартной методике [Давыдова, 1985]. Для идентификации видов применялись определители [Krammer, Lange-Bertalot, 1986–1991]; использована приведенная в них номенклатура диатомовых водорослей. Параллельно со створками диатомовых водорослей велся подсчет других кремнистых микрофоссилий – цист *Chrysophyceae* (золотистых водорослей) и спикул губок. Были рассчитаны концентрации всех групп кремнистых микрофоссилий в 1 г сухого осадка [Давыдова, 1985].

Результаты и обсуждение

Литостратиграфическая корреляция отложений колонок КЛ 2 и КЛ 3 (рис. 2) дала возможность выделить 6 литостратиграфических горизонтов (ЛГ). Нижняя часть разреза обеих колонок представлена слоистой коричневатой-серой вязкой глиной (ЛГ-1). В колонке КЛ 2 отмечены голубоватые прослои мощностью до 3 мм, в колонке КЛ 3 наблюдается чередование более темных (до 2 мм) и более светлых (до 4–5 мм) слоев, утончающихся вверх по разрезу. Выше слоистая коричневатая-серая глина постепенно переходит в голубовато-серую микрослоистую глину (ЛГ-2) мощностью 0,4 м в колонке КЛ 2 и 0,3 м в колонке КЛ 3. Из данного горизонта (глубина 5,20–5,15 м от дневной поверхности) получена наиболее древняя датировка – 18332 ± 178 л. н. (Hela-2073). Отложения ЛГ-3 мощностью 0,1 м залегают на микрослоистой глине с четким эрозионным контактом. В колонке КЛ 2 они представлены мелкозернистым песком с отдельными зернами крупнозернистого песка и плохо окатанного гравия, в колонке КЛ 3 – разнозернистым песком с зернами гравия и единичной мелкой галькой. В обеих колонках песчаные отложения плавно переходят в темно-серый слабо опесчаненный алеврит с мелкими включениями органических остатков (ЛГ-4), мощность которого составляет 0,23 и 0,70 м соответственно. Возраст органики из данного слоя (4,15–4,10 м) составил 5176 ± 41 л. н. (Hela-2072). Выше с резкой границей отмечена светло-коричневая гиттия, более однородная в нижней части,

с постепенным увеличением содержания макроостатков (ЛГ-5), переходящая в торфянистую гиттию. Мощность данного горизонта в колонке КЛ 2 – 0,36 м, в колонке КЛ 3 – 0,3 м. Возраст подошвы гиттии (3,93–3,90 м от поверхности) составил 6496 ± 48 л. н. (Hela-2071). Выше залегает средне-, а в верхней части толщи плохо разложившийся торф (ЛГ-6), в том числе с древесными остатками, мощностью 3,5–4,0 м (абсолютная отметка подошвы на глубине ~ 36,0–36,5 м н. у. м.). Из нижней границы торфянистой толщи (3,52–3,48 м) получена датировка 6085 ± 42 л. н. (Hela-2070).

По результатам диатомового анализа выделено три диатомовые зоны (ДЗ), границы которых в основном совпадают с границами литостратиграфических горизонтов (рис. 3). В ДЗ-1 (5,10–4,26 м, ЛГ-1 и -2) отмечены единичные фрагменты и еще реже целые створки пресноводных и переотложенных морских диатомей.

Также единично отмечаются другие кремнистые микрофоссилии – цисты *Chrysophyceae* и спикулы губок.

В ДЗ-2 (4,26–3,93 м, ЛГ-3 и -4) содержание створок резко возрастает до 850 тыс. в 1 г сухого осадка в песчаных отложениях (ЛГ-3) и затем до 2,4 млн в алеврите (ЛГ-4). В нижней части зоны отмечены исключительно диатомеи бентоса, наиболее многочисленными из которых являются обрастатели *Achnanthes joursacense* Hérib., *A. oestrupii* (Cl.-E.) Hust., *Fragilaria* spp. и *Opephora martyi* Hérib. и донные *Ellerbeckia arenaria* (Moore) Crawford, *Navicula aboensis* (Cl.) Hust., *N. jentzschii* Grun. и *N. scutelloides* W. Sm (рис. 3). Эти виды характерны для диатомовых комплексов Онежского озера поздне- и послеледникового времени [Давыдова, 1985; История..., 1990]. Выше по разрезу отмечается возрастание численности планктонных диатомей за счет появления в составе диатомовых комплексов *Aulacoseira islandica* (O. Müll.) Sim., однако бентосные виды по-прежнему доминируют. Увеличивается численность донной *N. aboensis*. Большинство из перечисленных видов являются алкалифилами по отношению к pH, за исключением *A. islandica* и *A. oestrupii*, предпочитающих нейтральную реакцию среды, алкалибионтной *N. scutelloides*, а также *N. aboensis*, для которой отношение к pH не установлено. Что касается трофности, то наиболее характерные для ДЗ-2 виды являются преимущественно обитателями олиго- и мезотрофных водоемов. Концентрации цист *Chrysophyceae* и спикул губок невысоки и не превышают нескольких десятков тысяч в 1 г сухого осадка.

ДЗ-3 (3,93–3,60 м, ЛГ-5) характеризуется резкой сменой видового состава диатомовых

комплексов (рис. 3). Численность большинства видов, отмечавшихся в значительных количествах в предыдущей зоне (*Achnanthes* spp., *Navicula* spp.), сокращается, и в дальнейшем они практически полностью исчезают из состава диатомовых комплексов. В свою очередь, содержание обрастателей *Fragillaria* spp. возрастает до 70 % и более. Из них особенно многочисленной является *F. construens* (Ehr.) Grun., отмечаются также *F. construens* var. *binodis* (Ehr.) Grun. et var. *venter* (Ehr.) Grun., *F. brevis-triata* Grun., *F. pinnata* Ehr. и др. Указанные виды предпочитают слабощелочную среду и характерны для водоемов с различным уровнем трофности. Кроме того, в составе диатомовых комплексов появляются ранее не отмечавшиеся бентосные виды: нейтрофильная *Cymbella minuta* Huste и алкалифилы *Navicula laterostrata* Huste и *N. schoenfeldii* Huste. Планктонные диатомеи по-прежнему представлены почти исключительно створками *A. islandica*, однако их относительное содержание сокращается по сравнению с предыдущей зоной. С глубины 3,91 м наблюдается резкое увеличение концентрации створок диатомей, достигающей максимальных значений (5,9 млн в 1 г сухого осадка). Однако начиная с глубины 3,82 м содержание створок резко сокращается и у верхней границы зоны не превышает 32 тыс. В составе диатомовых комплексов здесь отмечаются единичные створки планктонной *A. islandica*, обрастателей *Fragillaria* spp., *Cymbella aequalis* W. Sm., *Epithemia adnata* (Kütz.) Bréb. Диатомовая зона ДЗ-3 характеризуется более высоким содержанием, по сравнению с предыдущей зоной, других групп кремнистых микрофоссилий – цист *Chrysophyceae* и спикул губок (до 1,2 млн и 320 тыс. соответственно). В верхней части гиттии, торфянистой гиттии и нижней части торфянистой толщи диатомеи не обнаружены.

Изучение особенностей состава и строения донных осадков и диатомовых комплексов позволило реконструировать основные этапы смены условий осадконакопления, обусловленные изменениями уровня Онежского озера.

Сезонно-слоистый характер отложений наиболее раннего этапа (ЛГ-1 и -2, ДЗ-1) свидетельствует об их аккумуляции в условиях приледникового водоема – Онежского приледникового озера (ОПО), образовавшегося в ходе дегляциации озерной котловины и заполнения ее тальми ледниковыми водами. Цвет ленточных глин в колонках донных отложений самого Онежского озера варьирует от серого до бежево-серого и бежевого [История..., 1990], тогда как коричневатый, бежевый оттенок, характерный для отложений изученного разреза

(ЛГ-1), очевидно обусловлен примесью перемытых красноцветных отложений девона [Курочкина, 1976; Демидов, 2004]. Накапливавшиеся на дне ОПО ленточные глины в настоящее время залегают в основании разрезов донных отложений самого Онежского озера, а также широко распространены в разрезах озерных террас и понижениях рельефа, где они подстилают озерные и болотные отложения в котловинах малых озер. В частности, в районе Кижских шхер и Заонежского полуострова ленточные глины встречаются на отметках до 60–70 м; их выходы известны также в западной части острова Большого Клименецкого [Демидов, 1999].

Практически полное отсутствие створок диатомей в ленточных глинах (ДЗ-1) в целом типично для осадков приледниковых бассейнов. В частности, крайне низкое содержание створок диатомей вплоть до их отсутствия в отдельных горизонтах отмечалось и в колонках донных отложений позднеледниковья Ладожского и Онежского озера [Давыдова, 1976; История..., 1990]. Очевидно, дефицит биогенных элементов, в первую очередь растворенного кремнезема, характерный для тальных ледниковых вод, препятствовал массовому развитию диатомей [Лак, 1963; Демидов, Шелехова, 2006]. Кроме того, поступление значительных объемов аллохтонного тонкодисперсного минерального материала также не благоприятствовало развитию и аккумуляции створок диатомовых водорослей, снижая прозрачность водной толщи и ограничивая глубину фотической зоны приповерхностным слоем, а также «разбавляя» их концентрацию в донных осадках.

Первоначально ОПО возникло в низовьях р. Вытегры и современного южного побережья Онежского озера около 13 тыс. л. н. [Демидов, 2006] (здесь и далее – все даты радиоуглеродные). Таким образом, радиоуглеродная датировка ~18300 л. н., полученная из толщи ленточных глин, очевидно, является удрежденной, поскольку в это время в котловине Онежского озера располагалась Онежская ледниковая лопасть [Демидов, 2005]. Береговые линии ОПО в настоящее время прослеживаются в северной части бассейна на абсолютных отметках от 95 м [История..., 1990] до 120–125 м [Бискэ и др., 1971; Демидов, 2006]. Поскольку современные высотные отметки острова Большого Клименецкого в основном не превышают 80 м, можно говорить о том, что в максимальную стадию развития ОПО остров находился под водой.

Постепенное уменьшение ширины лент вверх по разрезу (ЛГ-1), отмечаемое также в колонках донных осадков самого Онежского

озера, является следствием отступления края ледника и сокращения объема поступающего взвешенного материала. В свою очередь, формирование серых микрослоистых глин (ЛГ-2) происходит после масштабной регрессии ОПО, связанной с образованием стока в Беломорскую котловину около 11300 л. н., а затем – в Ладожское озеро через северную часть Онежско-Ладожского перешейка [Демидов, 2006]. В результате уровень ОПО снизился в северной части бассейна с 115–125 до 95 м [Демидов, 2004].

Литологический состав осадков, сформировавшихся в начале следующего этапа (ЛГ-3), свидетельствует о существовании промывного режима, неблагоприятного для аккумуляции тонкого материала и обусловленного активной гидродинамикой в условиях мелководья, что также подтверждается сравнительно низкими значениями концентраций створок диатомовых водорослей. Доминирование бентосных диатомей (ДЗ-2) также указывает на мелководные условия. Началу данного этапа, очевидно, предшествовала масштабная регрессия Онежского озера. В результате была размыта верхняя часть толщи микрослоистых глин и, возможно также, более молодые осадки, в том числе раннеголоценовые гомогенные глины, отмечаемые в других разрезах побережья Онежского озера и накапливавшиеся в озерной котловине после освобождения водосборного бассейна Онежского озера от ледника ~ 10700 л. н. [Шелехова и др., 2005; Демидов, 2006]. Свидетельством размыва является наличие резкого эрозионного контакта глинистых отложений (ЛГ-2) и вышележащих песчаных осадков (ЛГ-3). Инверсионная дата, полученная из залегающего выше алеврита (ЛГ-4, ~5200 л. н.), не дает представления о минимальном возрасте предполагаемой регрессии. Однако датировка, полученная из вышележащих отложений горизонта ЛГ-5 (~6500 л. н.), указывает на то, что падение уровня, вероятно, имело место в раннем – начале среднего голоцена. По данным Э. И. Девятовой [1986], значительное снижение уровня Онежского озера – до 36 м в разрезах на восточном берегу (район археологического памятника Бесов Нос, рис. 1) и до 44–45 м в районе мыса Оров-Наволоок (северная часть Повенецкого залива, рис. 1) – наблюдалось на рубеже бореального и атлантического периодов.

Переход от песчаных к алевритовым осадкам (ЛГ-4), сопровождающийся ростом концентрации створок диатомей, свидетельствует об установлении более спокойных гидродинамических условий, благоприятствовавших

аккумуляции тонкого осадочного материала. Преобладание в составе диатомовых комплексов видов, характерных для Онежского озера, и доминирование диатомей бентоса указывают на осадконакопление в условиях небольшого мелководного олиготрофного залива с нейтральной-слабощелочной реакцией среды. Увеличение численности планктонной *A. islandica* – массового представителя диатомового планктона Онежского озера, начиная с позднеледниковья [Давыдова, 1976, 1985] отмечаемое в этот период, также могло быть связано с изменением гидродинамической обстановки. Одной из возможных причин тому могло быть увеличение степени «закрытости», защищенности залива от волноприбойной деятельности. Кроме того, не исключено, что формирование указанной «трансгрессивной» последовательности осадков может свидетельствовать не только об изменении гидродинамических условий, но и о некотором повышении уровня бассейна. Так, Э. И. Девятова указывает на подъем уровня Онежского озера в результате увеличения общей увлажненности климата в первой половине атлантического периода, 7700–6500 л. н. [Девятова, 1986]. Согласно ее данным, в этот период в разрезах отдельных археологических памятников группы Кладовец (восточное побережье Онежского озера, рис. 1) отмечается перекрывание мезолитического культурного слоя, залегающего на отметках 36,5–37,5 м, более молодыми атлантическими осадками. Максимальные отметки уровня озера в районе мыса Бесов Нос (рис. 1) составляют в это время 38,0–38,5 м, а для мыса Оров-Наволоок – 47 м н. у. м. [Девятова, 1986]. Данные М. Саарнисто и И. Вуорела также не исключают возможный подъем уровня озера ~ 7500 л. н., в результате чего в районе мыса Оров-Наволоок (рис. 1) была сформирована выраженная в современном рельефе древняя береговая линия на отметках ~50 м [Saarnisto, Vuorela, 2007]. Изучение донных отложений озер, расположенных в центральной и северной части Заонежского полуострова, показало, что уровень Онежского озера в атлантическом периоде составлял здесь 48–41 м [Шелехова, Субетто, 2016].

Имеющиеся данные о ближайших к исследуемому разрезу районах позволяют точнее установить положение береговой линии Онежского озера в среднем голоцене, сузив высотный диапазон, обусловленный различиями в скорости и амплитуде гляциоизостатических и неотектонических движений. Так, по данным А. Д. Лукашова, террасы, сформированные в атлантическое время на острове Кижы, рас-

положенном в нескольких километрах к северо-западу от острова Большого Клименецкого, находятся на отметках не менее 42 м [Лукашов, 1999]. Однако археологическая стоянка Возмариха 11 (41 м н. у. м.), расположенная в южной части Заонежского полуострова (рис. 1), на основании особенностей каменного инвентаря была датирована временем 7500–7000 л. н. [Демидов и др., 2001]. Таким образом, уровень Онежского озера уже в этот период не мог превышать 41–40 м. Это подтверждается результатами радиоуглеродного датирования археологического материала мезолитических стоянок Оленеостровская и Южный Олений остров 2, обнаруженных на отметках 40–43 м н. у. м. на Южном Оленьем острове (рис. 1). Возраст находок здесь составил ~6900–7200 л. н. [Мурашкин и др., 2011], из чего следует, что ~7000 л. н. уровень Онежского озера в районе исследования уже находился ниже 40 м, то есть ниже отметки кровли изучаемого разреза.

Следующий этап развития (ЛГ-5 и -6, ДЗ-3) связан с дальнейшим снижением уровня озера и изоляцией залива. Резкий характер контакта между алевритом (ЛГ-4) и гиттией (ЛГ-5) указывает на размыв верхней части алевритового слоя. Существенно изменяется состав диатомовых комплексов: из их состава исчезает большинство бентосных видов, отмечавшихся на предыдущем этапе. Увеличение численности обрастателей рода *Fragilaria* указывает на осадконакопление в условиях активно зарастающего залива с малой глубиной. Полученная нами датировка показывает, что накопление гиттии в разрезе на острове Большом Клименецком началось ~6500 л. н. Учитывая абсолютную отметку подошвы гиттии, уровень Онежского озера в это время, очевидно, был немногим выше ~36–37 м. Таким образом, в этот период происходит отделение залива от Онежского озера, о чем свидетельствует доминирование в составе диатомовых комплексов *Fragilaria* spp., способных быстро адаптироваться к меняющимся условиям среды и потому массово развивающихся в ходе изоляции от морских и крупных пресноводных бассейнов [Stabell, 1985; Shala et al., 2014]. Присутствие в составе диатомовых комплексов планктонной *A. islandica* указывает на то, что воды Онежского озера по-прежнему проникали в залив, однако их поступление было крайне ограниченным. Уменьшение содержания створок диатомей в гиттии указывает на дальнейшее обмеление и зарастание залива и, как следствие, увеличение скорости осадконакопления в результате поступления все больших объемов грубого растительного детрита.

Причиной резкой смены условий осадконакопления, о чем свидетельствует эрозионный контакт между ЛГ-4 и ЛГ-5, очевидно, стала продолжавшаяся регрессия Онежского озера. Возможно, на данном этапе ее скорость несколько увеличилась, на что указывают данные Э. И. Девятовой, фиксирующей в середине атлантического периода (~6500 л. н.) в разрезах террас и береговых обнажений значительное снижение уровня водоема до 36 м (мыс Бесов Нос) и 46–44 м (мыс Оров-Наволоок, рис. 1) [Девятова, 1986]. При этом смена минерального осадконакопления органогенным в котловине болота Замошье (южная часть Заонежского полуострова, 39 м н. у. м., рис. 1), происходит значительно раньше, чем в разрезе острова Большого Клименецкого, уже ~7200–7000 л. н. [Елина, Филимонова, 1999]. Возможно, это обусловлено большей «закрытостью» палеозалива Замошье, способствовавшей более раннему установлению здесь условий, благоприятных для накопления органического осадка.

Начало торфонакопления (ЛГ-6) в разрезе озерно-болотных отложений острова Большого Клименецкого датируется возрастом ~6100 л. н. Высотная отметка подошвы торфяной залежи (~36,5 м н. у. м.) указывает на то, что в рассматриваемый период уровень Онежского озера был ниже указанной отметки. Отсутствие створок диатомей в торфянистой гиттии является результатом установления субаэральных или близких к субаэральным условий, неблагоприятных для массового развития диатомовых водорослей. Кроме того, наличие древесных остатков свидетельствует о низком стоянии грунтовых вод на болоте – на глубине до 40 см ниже поверхности [Елина, Филимонова, 1999]. Таким образом, можно предположить, что уровень озера в этот период, возможно, уже приблизился к современному.

Заключение

Лито- и биостратиграфическое изучение разреза озерно-болотных отложений острова Большого Клименецкого выявило ряд изменений седиментационных обстановок, что позволило реконструировать соответствующие этапы развития и изменения уровня Онежского озера в поздне- и послеледниковое время. Начальный этап осадконакопления связан с существованием в котловине Онежского озера крупного приледникового бассейна, когда территория острова находилась под водой Онежского приледникового озера, уровень которого превышал в районе исследования 80 м. Дефицит биогенных элементов и низкая прозрачность водной толщи в ре-

зультате поступления с талыми водами больших объемов тонкодисперсного материала, характерные для ОПО, лимитировали развитие водной биоты. На дне водоема происходило накопление сезонно-слоистых осадков, в настоящее время подстилающих голоценовые отложения на дне Онежского озера и широко распространенных в разрезах на его побережьях.

Регрессия ОПО, связанная с образованием стока в Беломорскую, а впоследствии в Ладожскую котловину, привела к снижению уровня приледникового бассейна и накоплению на его дне микрослоистых глин в связи с сокращением объема поступающего взвешенного материала.

Следующее падение уровня имело место в раннем – начале среднего голоцена и, вероятно, способствовало размыву позднеплейстоценовых – раннеголоценовых отложений. Впоследствии в районе исследования установились прибрежные мелководные условия с активной гидродинамикой, благоприятствовавшие накоплению песчаных осадков и развитию бентосных диатомей.

В дальнейшем произошло изменение гидродинамических условий, которое могло стать результатом как увеличения степени защищенности залива от волноприбойной деятельности, так и некоторого повышения уровня Онежского озера вследствие увеличения общей увлажненности климата в среднем голоцене. В результате в условиях мелководного залива началось накопление алевритовых осадков, характеризующихся ростом содержания планктонных диатомей. При этом возраст археологического материала со стоянок на Южном Оленьем острове показал, что уже ~7000 л. н. уровень Онежского озера в районе исследования не превышал 40 м, и в дальнейшем, по-видимому, происходило только его понижение.

В результате продолжающейся регрессии ~ 6500 л. н. уровень Онежского озера снизился до ~36–37 м, что привело к обмелению, усилению зарастания и постепенной изоляции залива, в котором накапливались органогенные осадки с преобладанием диатомей-обратителей. Приблизительно 6100 л. н. уровень Онежского озера в районе исследования упал ниже 36 м, в результате чего мелководный залив полностью изолировался от его акватории и в его котловине началось торфонакопление.

Авторы выражают глубокую признательность А. И. Мурашкину (СПбГУ), В. Я. Шумкину и Е. М. Колпакову (ИИМК РАН) за всестороннюю помощь в организации и проведении полевых исследований, Д. А. Субетто (РГПУ им. А. И. Герцена) за предоставленные датировки.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИНОЗ РАН по теме № 0154-2018-0003 (№ гос. регистрации 01201363379) при частичной поддержке гранта РФФИ № 16-05-00727А.

Литература

Бискэ Г. С., Лак Г. Ц., Лукашов А. Д., Горюнова Н. Н., Ильин В. А. Строение и история котловины Онежского озера. Петрозаводск: Карелия, 1971. 74 с.

Давыдова Н. Н. Комплексы диатомей в донных отложениях Онежского озера // Палеолимнология Онежского озера. Л.: Наука, 1976. С. 130–191.

Давыдова Н. Н. Диатомовые водоросли – индикаторы природных условий водоемов в голоцене. Л.: Наука, 1985. 244 с.

Девятова Э. И. Природная среда и ее изменения в голоцене (побережье севера и центра Онежского озера). Петрозаводск: Карелия, 1986. 107 с.

Девятова Э. И. Палеогеография стоянок Шелтозера // Археологические памятники бассейна Онежского озера. Петрозаводск, 1984. С. 25–57.

Демидов И. Н. Деградация поздневалдайского оледенения в бассейне Онежского озера // Геол. и полезн. ископ. Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2005. Вып. 8. С. 134–142.

Демидов И. Н. Донные отложения и колебания уровня Онежского озера в позднеледниковье // Геол. и полезн. ископ. Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2004. Вып. 7. С. 207–218.

Демидов И. Н. О максимальной стадии развития Онежского приледникового озера, изменениях его уровня и гляциоизостатическом поднятии побережий в позднеледниковье // Геол. и полезн. ископ. Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2006. Вып. 9. С. 171–182.

Демидов И. Н. Четвертичные отложения заказника «Кижские шхеры» // Труды КарНЦ РАН. 1999. Вып. 1. С. 11–15.

Демидов И. Н., Шелехова Т. С. Диатомиты Карелии (особенности формирования, распространения, перспективы использования). Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2006. 89 с.

Демидов И. Н., Лаврова Н. Б., Колканен А. М., Мельников И. В., Герман К. Э. Палеоэкологические условия голоцена и освоение древним человеком побережья залива Вожмариха на юге Заонежского полуострова // Кижск. вестн. 2001. № 6. С. 220–240.

Елина Г. А., Филимонова Л. В. Этапы развития растительности и климата в восточном Заонежье в позднеледниковье – голоцене // Труды КарНЦ РАН. 1999. Вып. 1. С. 21–27.

История Ладожского, Онежского, Псковско-Чудского озер, Байкала и Ханки / Под ред. Д. Д. Квасова, Г. Г. Мартинсона, А. В. Раукаса. Л.: Наука, 1990. 280 с.

Курочкина А. А. Литология и хемотратиграфия донных отложений Онежского озера // Палеолимнология Онежского озера. Л.: Наука, 1976. С. 74–129.

Лак Г. Ц. Диатомовые водоросли озерных отложений Карелии // ДАН. 1963. Т. 148, вып. 1. С. 170–173.

Лукашов А. Д. Рельеф и условия образования острова Кижы // Труды КарНЦ РАН. 1999. Вып. 1. С. 16–20.
Марков К. К., Порецкий В. С., Шляпина Е. В. О колебаниях уровня Ладожского и Онежского озер в послеледниковое время // Тр. Ком. по изуч. четв. пер. 1934. Вып. 5. С. 71–129.

Мурашкин А. И., Тарасов А. Ю., Маннермаа К. Е. Проблема взаимосвязи памятников эпохи мезолита на Южном Оленьем острове Онежского озера // Археологические источники и культурогенез. Таксоны высокого порядка в системе понятий археологии каменного века: Тез. конф. СПб., 2011. С. 82–93.

Онежское озеро: Атлас / Под ред. Н. Н. Филатова. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2010. 151 с.

Панкрушев Г. А. Формирование берегов Онежского озера в голоцене (по археологическим данным) // Археологические памятники бассейна Онежского озера. Петрозаводск, 1984. С. 5–24.

Растительный мир Онежского озера. Л.: Наука, 1971. 200 с.

Семенович Н. И. Донные отложения Онежского озера / Под ред. С. В. Калесника. Л.: Наука, 1973. 104 с.

Шелехова Т. С., Васько О. В., Демидов И. Н. Палеоэкологические условия развития северо-западного Прионежья в позднеледниковье и голоцене // Геол. и полезн. ископ. Карелии. 2005. Вып. 8. С. 149–157.

Шелехова Т. С. История развития озера Пертозеро в южном Прионежье (по данным диатомового анализа) // Геол. и полезн. ископ. Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. Вып. 10. С. 207–212.

Шелехова Т. С., Субетто Д. А. Диатомовые водоросли донных отложений озер Заонежья: оценка современного состояния озер, реконструкция изменения уровня Онежского озера // Труды КарНЦ РАН. 2016. № 5. С. 88–105. doi: 10.17076/lim283

Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart: Gustav Fisher Verlag, 1986–1991. Bd 2/1–4.

Saarnisto M., Vuorela I. Palaeogeography and Palynology of Orov Navolok, NE Lake Onega. *Kolskii sbornik* [The Kola: collected articles]. St. Petersburg, 2007. P. 82–101.

Shala S., Helmens K. F., Jansson K. N., Kyalander M. E., Risberg J., Löwemark L. Palaeoenvironmental record of glacial lake evolution during the early Holocene at Sokli, NE Finland. *Boreas*. 2014. Vol. 43. P. 362–376. doi: 10.1111/bor.12043

Stabell B. The development and succession of taxa within the diatom genus *Fragilaria* Lyngbye as a response to basin isolation from the sea. *Boreas*. 1985. Vol. 14. P. 273–286.

Поступила в редакцию 07.06.2018

References

Biske G. S., Lak G. Ts., Lukashov A. D., Goryunova N. N., Il'in V. A. Stroenie i istoriya kotloviny Onezhskogo ozera [Structure and history of the Lake Onego depression]. Petrozavodsk: Karelia, 1971. 74 p.

Davydova N. N. Kompleksy diatomei v donnykh otlozheniyakh Onezhskogo ozera [Diatom assemblages in lake sediments of Lake Onego]. *Paleolimnologiya Onezhskogo ozera* [Paleolimnology of Lake Onego]. Leningrad: Nauka, 1976. P. 130–191.

Davydova N. N. Diatomovye vodorosli – indikatory prirodnykh uslovii vodoemov v golotsene [Diatoms as indicators of environmental conditions in the waterbodies in the Holocene]. Leningrad: Nauka, 1985. 244 p.

Demidov I. N. Chetvertichnye otlozheniya zakaznika “Kizhskie shkhery” [Quaternary deposits of the Kizhskie skerry reserve]. *Trudy KarNTs RAN* [Trans. KarRC RAS]. 1999. Iss. 1. P. 11–15.

Demidov I. N. Degradatsiya pozdnevaldaiskogo oleneniya v basseine Onezhskogo ozera [Degradation of the last glaciation in the Lake Onego basin]. *Geol. i polezn. iskop. Karelii* [Geology and mineral resources of Karelia]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2005. Iss. 8. P. 134–142.

Demidov I. N. Donnye otlozheniya i kolebaniya urovnya Onezhskogo ozera v pozdnelednikov'e [Lake sediments and lake-level changes in Lake Onego in the Late Glacial]. *Geol. i polezn. iskop. Karelii* [Geology and mineral resources of Karelia]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2004. Iss. 7. P. 207–218.

Demidov I. N. O maksimal'noi stadii razvitiya Onezhskogo prilednikovogo ozera, izmeneniyakh ego urovnya i

glytsioizostateskom podnyatii poberezhii v pozdnelednikov'e [Maximum development stage of glacial Lake Onego, changes in its level and glacioisostatic uplift of the shoreline in the Late Pleistocene]. *Geol. i polezn. iskop. Karelii* [Geology and mineral resources of Karelia]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2006. Iss. 9. P. 171–180.

Demidov I. N., Shelekhova T. S. Diatomity Karelii (osobnosti formirovaniya, rasprostraneniya, perspektivy ispolzovaniya) [Diatomites of Karelia (peculiarities of formation and distribution, prospects of use)]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2006. 89 p.

Demidov I. N., Lavrova N. B., Kolkanen A. M., Melnikov I. V., German K. E. Paleoekologicheskie usloviya golotsena i osvoenie drevnim chelovekom poberezh'ya zaliva Vozhmarikha na yuge Zaonezhskogo poluostrova [The Holocene paleoecological conditions and early humans exploring of the coast of the Vozhmarikha bay, southern Zaonezhskiy Peninsula]. *Kizhsk. Vestn* [Kizhi Bull.]. 2001. No. 6. P. 220–240.

Devyatova E. I. Prirodnaya sreda i ee izmeneniya v golotsene (poberezh'e severa i tsentra Onezhskogo ozera [Environment and its changes in the Holocene (northern and central shores of Lake Onego)]. Petrozavodsk: Karelia, 1986. 110 p.

Devyatova E. I. Paleogeografiya stoyanok Sheltozera [Paleogeography of Sheltozero archaeological sites]. *Arkheologicheskie pamyatniki basseina Onezhskogo ozera* [Archaeological sites of the Lake Onego basin]. Petrozavodsk, 1984. P. 25–57.

Elina G. A., Filimonova L. V. Etapy razvitiya rastitelnosti i klimata v vostochnom Zaonezh'e v pozdnelednikov'e – golotsene [Stages of vegetation and climate

development in the Eastern Zaonezhye in the Late Holocene]. *Trudy KarNTs RAN* [Trans. KarRC RAS]. 1999. Iss. 1. P. 21–27.

Istoriya Ladozhskogo, Onezhskogo, Pskovsko-Chudskogo ozer, Baikala i Khanki [History of Lakes Ladoga, Onego, Pskovsko-Chudskoye, Baikal and Khanka]. Leningrad: Nauka, 1990. 280 p.

Kurochkina A. A. Litologiya i khemostratigrafiya donnykh otlozhenii Onezhskogo ozera [Lithology and chemostratigraphy of the Lake Onego sediments]. *Paleolimnologiya Onezhskogo ozera* [Paleolimnology of Lake Onego]. Leningrad: Nauka, 1976. P. 74–129.

Lak G. Ts. Diatomovye vodorosli ozernykh otlozhenii Karelii [Diatoms in lake sediments in Karelia]. *DAN* [Proceed. USSR Acad. of Sci.]. 1963. Vol. 148, iss. 1. P. 170–173.

Lukashov A. D. Rel'ef i usloviya obrazovaniya ostrova Kizhi [Landforms and formation of the Kizhi Island]. *Trudy KarNTs RAN* [Trans. KarRC RAS]. 1999. Iss. 1. P. 16–20.

Markov K. K., Poretskii B. C., Shlyapina E. V. O kolebaniyakh urovnya Ladozhskogo i Onezhskogo ozer v poslednikovoe vremya [On the Ladoga and Onego lake-level changes in the Postglacial times]. *Tr. Kom. po izuch. chetv. per.* [Proceed. Comm. Quarter. Study]. 1934. Iss. 5. P. 71–129.

Murashkin A. I., Tarasov A. Yu., Mannermaa K. E. Problema vzaimosvyazi pamyatnikov epokhi mezolita na Yuzhnom Olen'em ostrove Onezhskogo ozera [Problem of interrelation of Mesolithic sites in the Yuzhny Oleny Island, Lake Onego]. *Arkheologicheskie istochniki i kul'turogenez. Taksony vysokogo poriyadka v sisteme ponyatii arkheologii kamennogo veka: Tez. konf.* [Archaeological sources and cultural genesis. Higher-order taxa in the conceptual system of the Stone Age archaeology: Abs. of the conf.]. St. Petersburg, 2011. P. 82–93.

Onezhskoe ozero: Atlas [Lake Onego: An Atlas]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2010. 151 p.

Pankrushev G. A. Formirovanie beregov Onezhskogo ozera v golotsene (po arkheologicheskim dannym) [Formation of the shores of Lake Onego in the Holocene (based on the archaeological data)]. *Arkheologicheskie pamyatniki basseina Onezhskogo ozera* [Archaeological sites of the Lake Onego basin]. Petrozavodsk, 1984. P. 5–24.

Rastitelnyi mir Onezhskogo ozera [Vegetation of Lake Onego]. Leningrad: Nauka, 1971. 200 p.

Semenovich N. I. Donnye otlozheniya Onezhskogo ozera [Lake sediments of Lake Onego]. Leningrad: Nauka, 1973. 104 p.

Shelekhova T. S., Vas'ko O. V., Demidov I. N. Paleoekologicheskie usloviya razvitiya severo-zapadnogo Prionezh'ya v pozdnelednikov'e i golotsene [Paleoecological conditions of the north-western Onego region in the Late Glacial and Holocene]. *Geol. i polezn. iskop. Karelii* [Geology and mineral resources of Karelia]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2005. Iss. 8. P. 149–157.

Shelekhova T. S. Istoriya razvitiya ozera Pertozero v yuzhnom Prionezh'e (po dannym diatomovogo analiza) [History of Lake Pertozero in the southern Onego region]. *Geol. i polezn. iskop. Karelii* [Geology and mineral resources of Karelia]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2007. Iss. 10. P. 207–212.

Shelekhova T. S., Subetto D. A. Diatomovye vodorosli donnykh otlozhenii ozer Zaonezh'ya: otsenka sovremennogo sostoyaniya ozer, rekonstruktsiya izmeneniya urovnya Onezhskogo ozera [Diatoms in the bottom sediments of Zaonezhye lakes: assessment of the present state of the lakes and reconstruction of Lake Onego level variations]. *Trudy KarNTs RAN* [Trans. KarRC RAS]. 2016. No. 5. P. 88–105. doi: 10.17076/lim283

Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Stuttgart: Gustav Fisher Verlag, 1986–1991. Bd 2/1–4.

Saarnisto M., Vuorela I. Palaeogeography and Palynology of Orov Navolok, NE Lake Onega. *Kolskii sbornik* [The Kola: collected articles]. St. Petersburg, 2007. P. 82–101.

Shala S., Helmens K. F., Jansson K. N., Kylander M. E., Risberg J., Löwemark L. Palaeoenvironmental record of glacial lake evolution during the early Holocene at Sokli, NE Finland. *Boreas*. 2014. Vol. 43. P. 362–376. doi: 10.1111/bor.12043

Stabell B. The development and succession of taxa within the diatom genus *Fragilaria* Lyngbye as a response to basin isolation from the sea. *Boreas*. 1985. Vol. 14. P. 273–286.

Received June 07, 2018

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Лудикова Анна Валерьевна

научный сотрудник, к. г. н.
Институт озероведения РАН
ул. Севастьянова, 9, Санкт-Петербург, Россия, 196105
эл. почта: ellerbeckia@yandex.ru
тел.: (812) 3878009

Кузнецов Денис Дмитриевич

научный сотрудник, к. г. н.
Институт озероведения РАН
ул. Севастьянова, 9, Санкт-Петербург, Россия, 196105
эл. почта: dd_kuznetsov@mail.ru

CONTRIBUTORS:

Ludikova, Anna

Institute of Limnology, Russian Academy of Sciences
9 Sevastyanova St., 196105 St. Petersburg, Russia
e-mail: ellerbeckia@yandex.ru
tel.: (812) 3878009

Kuznetsov, Denis

Institute of Limnology, Russian Academy of Sciences
9 Sevastyanova St., 196105 St. Petersburg, Russia
e-mail: dd_kuznetsov@mail.ru