

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Игнатов Е.И.* Береговые морфосистемы. М.—Смоленск: Маджента, 2004. 352 с.
2. *Зенкович В.П.* Основы учения о развитии морских берегов. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 711 с.
3. *Романюк О.С.* Изучение инженерно-геологических условий береговой зоны юга и запада Крымского полуострова. Отчет Керченской партии о результатах работ в 1985–1986 гг. Кн. 5. Кадастр надводной части берегов Крыма. Симферополь: Таврида, 1989. 204 с.
4. *Ионин А.С., Медведев В.С., Павлидис Ю.А.* Шельф: рельеф, осадки. М.: Мысль, 1987. 438 с.
5. *Бредихин А.В.* Рекреационно-геоморфологические системы. Смоленск: Ойкумена, 2010. 328 с.
6. *Ионин А.С., Каплин П.А., Медведев В.С.* Классификация типов берегов Земного шара (применительно к картам физико-географического атласа мира) // Тр. океанографич. комиссии. 1961. Т. 12. С. 94–108.

Поступила в редакцию 18.11.2013

TYPES OF THE COAST MORPHOSYSTEMS OF THE CRIMEA

E.I. IGNATOV, A.Ju. SANIN

Summary

The Crimean coasts are considered as the complex of coastal morphosystems. Their marine and overland borders have been determined. Overland borders are watersheds of rivers (1–4 orders), marine borders are in the most cases 30 meters isobaths. The specialties of structure and functioning of the coastal systems have been detected as well as their regional differences. For instance, the area of the Western Crimean coastal systems is much larger than the South Coast's ones. As a rule, the Crimean coastal morphosystems include the water area and 10–15 river basins of various orders. The key factor in the systems functioning is a sediment balance.

The typification of the systems according to the coast configuration and the degree of human influence has been made. The main types of human impact on coastal systems have been determined: the bank stabilization, the channels and water reservoirs building, and agriculture.

УДК 551.89→556.51/.54(470.21/.25)

© 2015 г. Д.Д. КУЗНЕЦОВ*, Д.А. СУБЕТТО**, Т.В. САПЕЛКО*, А.В. ЛУДИКОВА*

ГИДРОГРАФИЧЕСКАЯ СЕТЬ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ КАРЕЛЬСКОГО ПЕРЕШЕЙКА В ГОЛОЦЕНЕ ПО ДАННЫМ О СТРОЕНИИ ОТЛОЖЕНИЙ МАЛЫХ ОЗЕР¹

* *Ин-т озероведения РАН, С-Петербург; dd_kuznetsov@mail.ru*

** *Ин-т водных проблем Севера КарНЦ РАН, Петрозаводск; Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, С-Петербург*

Начало возникновения современного Ладожского озера (5 м над у. м., рис. 1) связано с процессами разрушения ледникового покрова на территории его котловины приблизительно 14200–13300 кал. л. н.² [1]. После дегляциации на протяжении около

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 12-06-00348-а и № 13-05-01039).

² Здесь и далее приводятся датировки, калиброванные в OxCal 4.2 [33] с использованием калибровочной кривой IntCal13 [34].

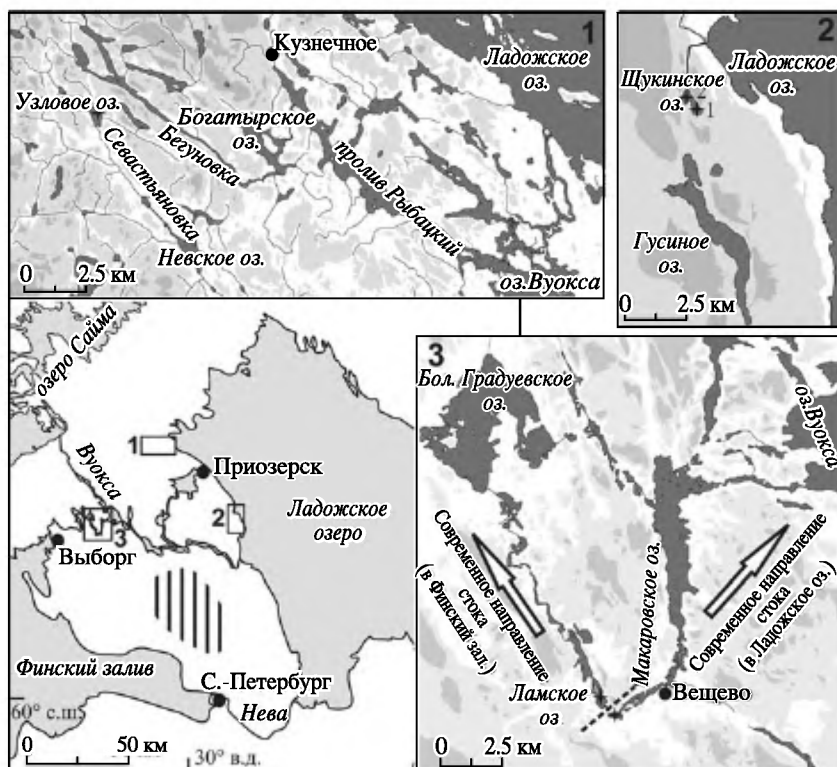


Рис. 1. Местоположение изученных озер

Штриховка – Центральная возвышенность; штриховая линия на врезке 3 – современное положение Балтийско-Ладожского водораздела; светло-серый цвет на врезках – территории выше 20 м над у. м., серый цвет – территории выше 40 м над у. м.

2000 лет котловина Ладоги была затоплена водами пресноводного Балтийского ледникового озера (БЛО) – последнего крупного приледникового водоема, существовавшего на рассматриваемой территории. Спуск БЛО и соответствующее быстрое и значительное понижение его уровня, произошедшее около 11700–11600 кал. л. н. [2], привели к его обмелению в северной части Карельского перешейка, возникновению порога стока и изоляции пресноводного бассейна в котловине Ладожского озера. В дальнейшем на протяжении всего голоцена изменения конфигурации самого озера и положения его порогов стока были связаны с тектоническими процессами, с изменениями в гидрографической сети и с особенностями геологического строения территории.

Геоморфологические, гидрологические, физико-географические и палеогеографические особенности связи Ладожского озера с пра-Балтийскими бассейнами и Балтийским морем являются предметом детальных исследований по настоящее время. Существует ряд дискуссионных вопросов, касающихся пространственного положения и временного интервала трансгрессивно-регрессивных этапов развития Ладожского озера, в частности его позднеголоценовой трансгрессии.

История изучения изменений уровня озера восходит еще к XIX в. Так, в работе А.А. Иностранцева [3], описывается археологический памятник, обнаруженный при строительных работах на Староладожском канале (южное побережье Ладожского озера). Памятник перекрыт песками, генезис которых А.А. Иностранцев объясняет подъемом уровня Ладожского озера, произошедшем уже после освоения человеком южного побережья озера. Древними береговыми линиями Ладожского озера и реконструкцией его уровня в голоцене занимались многие исследователи [4–11 и др.]. Большинство

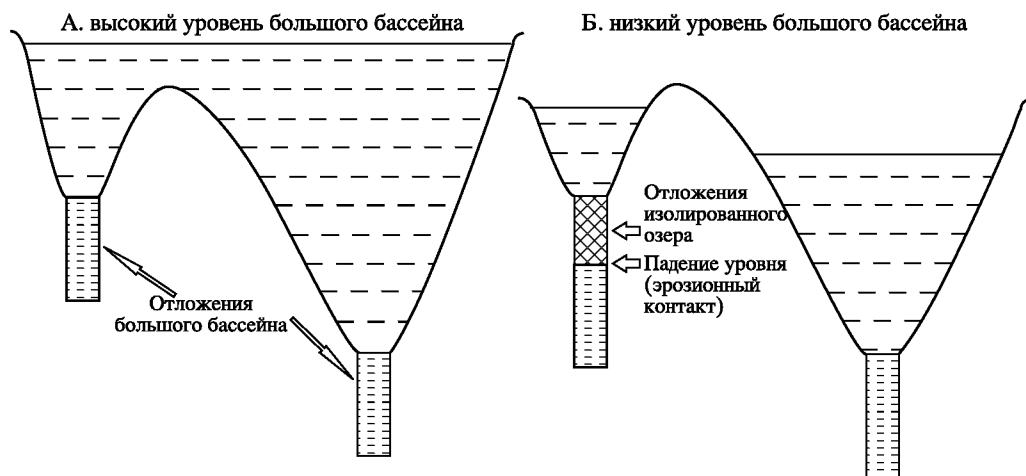


Рис. 2. Принципиальная схема изменения характера озерного осадконакопления в малом водоеме в период соединения с большим бассейном (А) и после изоляции от большого бассейна (Б)

Таблица 1

Список исследованных озер

Озеро	Высота над у. м., м ³	Координаты	Глубина в точке пробоотбора, м	Мощность вскрытых донных отложений, м
Узловое	11.5 (11)	61°05'61 с.ш., 29°44'77 в.д.	3	6
		61°05'611 с.ш., 29°44'779 в.д.	3.5	7.5
		61°05'607 с.ш., 29°44'788 в.д.	3.35	5.1
Макаровское	11.6 (12)	60°43'54 с.ш., 29°08'75 в.д.	0.9	2.32
Ламское	14.2	60°43'96 с.ш., 29°08'57 в.д.	2.7	2.3
Щукинское	36 (38)	60°49'8 с.ш., 30°25'2 в.д.	1.05	1.73
		60°50'1 с.ш., 30°24'7 в.д.	0.87	3.13

исследований было сосредоточено на изучении наземных разрезов, гипсометрического и пространственного положения береговых форм рельефа – береговых валов, аккумулятивных и абразионных террас, а также торфяников, лежащих на озерных отложениях, либо перекрытых последними. В меньшей степени изучены отложения современных малых озер на территориях, прилегающих к Ладожскому озеру [12–19]. Между тем, изучение стратиграфии этих отложений позволяет прояснить некоторые дискуссионные вопросы динамики уровня палеобассейнов.

На протяжении ряда лет авторами статьи проводятся полевые работы на малых озерах, расположенных на разных абс. отметках в различных частях Карельского перешейка и в Приладожье, с целью палеогеографической реконструкции гидрографической ситуации с момента дегляциации территории [20–28]. Изменения условий осадконакопления, вызванные присоединением малого водоема к более крупному (или изоляцией от последнего) хорошо фиксируются в стратиграфии озерных отложений (рис. 2). Диагностируя и датируя эти изменения, создается независимая хронология палеогидрографических событий, дополняющая реконструкции, выполненные на основе более распространенных ранее геологических и геоморфологических исследований. В статье представлены результаты работ на малых озерах Карельского перешейка

³ Высота указана по топографическим картам, в случае расхождения отметок на разных картах в скобках приводится другое значение.

(табл. 1) с целью реконструкции динамики уровня Ладожского озера и его северного соединения с Балтийским морем в голоцене.

Озера, сформировавшиеся после дегляциации территории Карельского перешейка, можно разделить по истории их последующего развития на три группы. В первую группу входят озера, расположенные на высоких абс. отметках, котловины которых не заливались в прошлом водами крупных бассейнов – пра-Балтики и пра-Ладоги – и их развитие после образования происходило автономно. Колебания их уровней были незначительны и в первую очередь определялись общеклиматической глобальной и региональной ритмикой. Отложения таких озер накапливались непрерывно, начиная со времени их образования. На Карельском перешейке к этой группе относятся озера Центральной возвышенности. Изучение этих отложений интересно, преимущественно, для реконструкции непрерывной последовательности региональных природно-климатических изменений [29]. Вторая группа представлена крупными бассейнами, возникшими на обширной площади в глубоких дочетвертичных депрессиях, и в ходе своей истории значительно менявших свой уровень и, соответственно, конфигурацию. На описываемой территории к настоящему времени существует одно озеро, представляющее данную группу – Ладожское. К третьей группе относятся озера, существовавшие как изолированно, так и в составе водоемов второй группы, и находившиеся в зависимости от трансгрессивно-регрессивной деятельности последних. Это большинство озер Северной, Приморской и Приладожской низменностей Карельского перешейка. Отложения этих озер обычно имеют сложную стратиграфию с размывами и эрозийными контактами. Соответственно изучение этих отложений служит основой для реконструкции не только природно-климатических изменений, но и развития и трансформации гидросети региона.

Отдельные районы северной части Карельского перешейка в голоцене неоднократно заливались водами крупных бассейнов – Балтийского ледникового, Анцилового и Ладожского озер, Иольдиевого и Литоринового, морей [7]. После спуска Анцилового озера около 9800 кал. л. н. [30] в северной части Карельского перешейка сформировалась система озер протоков, центральная часть которой получила название Гейниокского пролива, через которую осуществлялся сток из Ладожского озера в Балтику [31]. Название пролива происходит от расположенного рядом с современным водоразделом между Балтийским морем и Ладожским озером поселения Гейнйоки (фин. – Heinjoki, современное название – Вещево). В работах разных авторов пролив также называется Хейниокский, Хейнйокский и т.п. Проблема Балтийско-Ладожского соединения разрабатывается с начала XX в. Впервые идея о соединении Ладожского озера и пра-Балтийских бассейнов в северной части Карельского перешейка в раннем и среднем голоцене была высказана Де Геером более 100 лет назад [31]. В ходе послеледникового гляциоизостатического поднятия территории (продолжающегося по настоящее время) данное соединение прекратило свое существование, сток из Ладожского озера в Балтийское море стал осуществляться по р. Неве, время образования которой оценивалось в широких пределах от 1200 до 4500 л. н. [10], а к настоящему времени более распространена оценка в 2500–3500 л. н. [23, 25]. Высказывается также альтернативная идея о существовании р. Невы начиная с раннеголоценового возраста [32]. Надо также отметить, что палеолимнологические работы для установления времени образования р. Невы проводились ранее на некоторых озерах, расположенных на островах в северной части ладожской акватории. Так, возраст изоляции малых озер с современным урезом воды на отметке 15 м над у. м. от Ладожского озера, вызванной падением его уровня вследствие прорыва р. Невы, оценивается в 2800–2900 кал. л. н. (озеро на о-ве Путсари) и в 3200–3400 кал. л. н. (озеро на о-ве Кильпола) [14, 20].

Для выполнения палеогеографической реконструкции развития палеостока в районе Гейниокского пролива были изучены донные отложения двух озер – Макаровского и Ламского, “трассирующих” древнее русло реки/пролива, соединявшего Ладогу и Балтику в среднем и начале позднего голоцена.

Макаровское озеро (рис. 1) находится в северной низменной части Карельского перешейка к востоку от современного водораздела между Балтийским морем и Ла-

Литостратиграфическое описание донных отложений Макаровского озера

№ точки	Интервал от поверхности воды, м	Мощность горизонта, см	Описание
1	0.90–1.20	30	обводненная бурая гиттия с неразложившимися макроостатками
	1.20–1.40	20	обводненная бурая гиттия
	1.40–2.22	82	бурая гиттия с прослоями гидротроиллита
	2.22–2.85	63	темно-бурая гиттия, нижняя граница размыта?
	2.85–2.91	6	серая глинистая гиттия, нижняя граница резкая
	2.91–3.07	16	грубозернистый хорошо промытый бурый песок
	3.07–3.20	13	серый плотный алевроит, нижняя граница имеет волнистый характер
	3.20–3.22	2	сильно увлажненный серый алевроитовый песок

дожским озером. Расположено на абс. отметке 11.6 м, через цепочку озер и проток имеет сток в р. Вуоксу и принадлежит бассейну Ладожского озера. Озеро вытянуто в меридиональном направлении, а его юго-западная часть протягивается с ЮЗ на СВ и представляет собой систему мелких (со средними глубинами до 2 м) и сильно заросших высшей водной растительностью озер. Отбор кернов донных отложений проводился в юго-западной части озера, непосредственно примыкающей к современному балтийско-ладожскому водоразделу, в зимнее время со льда и в летнее – с платформы с помощью торфяного бура. Перешеек шириной около 200 м и с максимальной отметкой 15 м над у. м. отделяет Макаровское озеро от Ламского, сток из которого через систему озер и проток идет в Финский залив. Водораздельный перешеек сложен коренными кристаллическими горными породами, преимущественно гранитами и гранито-гнейсами, обнажающимися на поверхности или перекрытыми маломощным почвенным слоем. Поверхность перешейка изобилует крупными валунами и глыбами. Характер разломов и трещин на некоторых из них свидетельствует о новейших тектонических подвижках.

Было отобрано свыше 10 кернов донных отложений в точке с глубиной 0.9 м. Максимальная мощность вскрытых отложений составила 2.32 м. Отложения в нижней части разреза представлены серыми сильноопесчаненными алевроитами, перекрытыми коричневым грубозернистым хорошо промытым песком (табл. 2, рис. 3). Выше по разрезу с резкой границей залегает серая глинистая гиттия мощностью 6 см, которая выше сменяется темно-бурой гиттией общей мощностью около 2 м. В интервале 1.90–2.24 м отмечены прослои гидротроиллита⁴. Для верхних 50 см донных отложений характерна повышенная влажность. Большое количество неразложившихся растительных макроостатков отмечено в верхних 20 см донных отложений.

Радиоуглеродные датировки образцов из нижней части гиттии колеблются в пределах 2800–3100 кал. л. н. (табл. 3). Датировки из вышележащих горизонтов изменятся в большом диапазоне, наблюдается инверсия, что может быть вызвано погрешностью жидко-сцинтилляционного метода радиоуглеродного датирования применительно к анализу донных отложений озер, содержащих малое количество органического ве-

⁴ Здесь и далее глубины горизонтов приводятся от “поверхности воды”, под которой понимается средняя абс. отметка уровня воды в озере, отмеченная на крупномасштабных топографических картах.

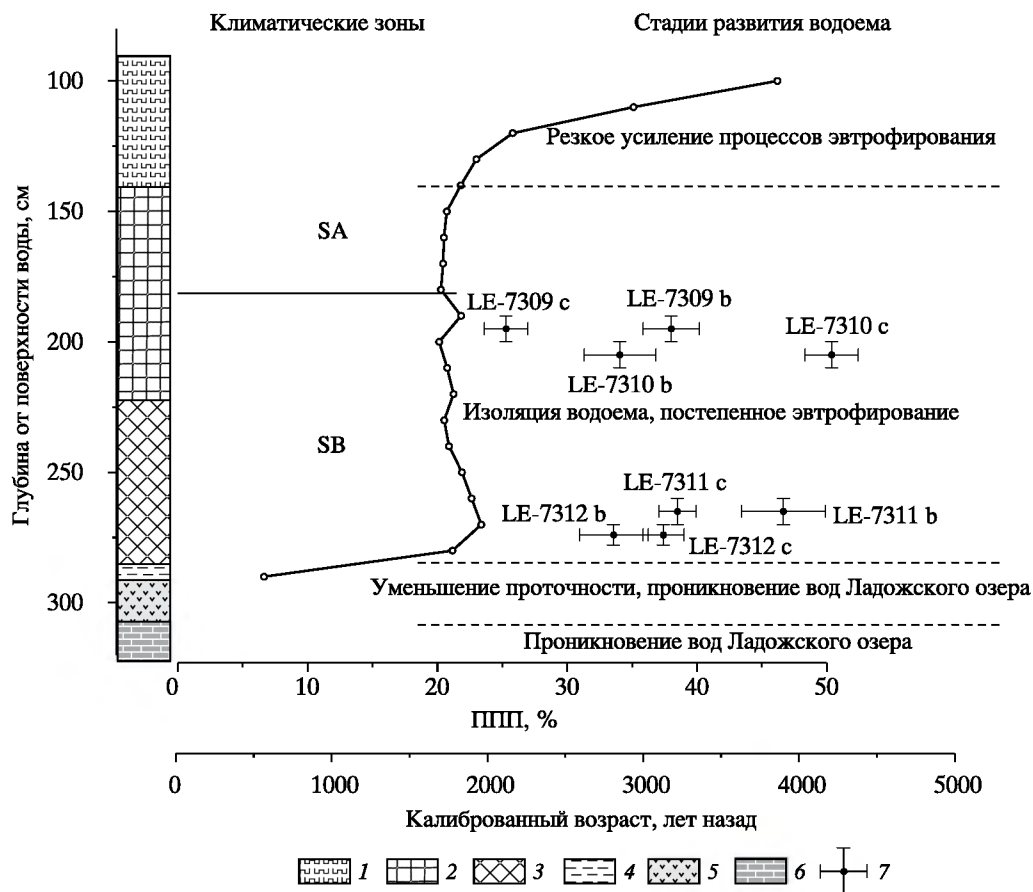


Рис. 3. Стратиграфия и условия формирования отложений Макаровского озера

Гиттия: 1 – влажная с макроостатками, 2 – бурая с прослоями гидротроиллита, 3 – темно-бурая, 4 – серая глинистая; песок: 5 – грубозернистый промытый коричневый, 6 – серый плотный алевролитовый; 7 – датировки

щества, техническими ошибками при пробоподготовке, переотложением органического вещества и т. д. Тем не менее, можно сделать вывод о том, что формирование органогенных илов в водоеме началось не ранее 4 тыс. кал. л. н., а вероятнее всего 3–3.5 тыс. кал. л. н. Скорость осадконакопления, таким образом, составляет в среднем 0.5–0.6 мм/год, причем на начальном этапе накопления органогенных илов она гораздо выше, чем в последующем. Учитывая полученные датировки, горизонт однородной гиттии на глубинах 2.0–2.7 м формировался со скоростью до 1 мм/год, а накопление гиттии в более поздний период с преобладанием восстановительных условий и образованием гидротроиллита происходило со скоростью 0.3–0.4 мм/год. Согласно данным спорово-пыльцевого анализа, донные отложения формировались на протяжении суббореального (SB) и субатлантического (SA) периодов. Граница между суббореальным и субатлантическим периодами выделена на глубине 1.78 м по увеличению количества пыльцы березы и уменьшению пыльцы ели. Содержание органического вещества в большей части разреза изменяется незначительно. В горизонте 1.40–2.85 (темно-бурая гиттия) значения потерь при прокаливании при 550°С (ППП) составляют 20–25%. В верхней части разреза (обводненная гиттия), насыщенного растительными остатками, значения ППП резко возрастают и достигают 50%. Согласно данным

диатомового анализа, в отложениях, представленных алевритами, в составе диатомовых комплексов доминируют виды, свойственные для малых озер (бентосные *Fragilaria spp.* и *Achnanthes spp.* и планктонные *Aulacoseira alpigena*, *A. ambigua*, *A. subarctica*). В незначительных количествах отмечены также некоторые виды, типичные для глубоких холодноводных олиготрофных бассейнов, в частности, для Ладожского озера (*A. islandica*, *Cyclotella schumannii*, *Navicula aboensis*, *N. jaernefeltii*). Диатомовые комплексы формировались в проточной среде, на что указывает низкая концентрация створок в осадках. Содержание “ладожских” диатомей несколько возрастает в интервале 2.80–3.07 м. С глубины 2.80 м они исчезают из состава диатомовых комплексов, вверх по разрезу доминируют виды, характерные для малых озер.

Ламское озеро (рис. 1) расположено в северной низменной части Карельского перешейка к СЗ от современного водораздела между Балтийским морем и Ладожским озером. Уровень зеркала воды находится на абс. отметке 14.2 м. Сток из озера идет через систему озер и проток в Финский залив Балтийского моря. Озеро вытянуто в СЗ направлении, его длина около 2.8 км, максимальная ширина порядка 300 м, средние глубины 2–5 м. Озеро состоит из двух плесов – северного и южного, соединенных нешироким проливом. Работы проводились в южном плесе вблизи восточного берега. Глубина в месте пробоотбора составила 2.7 м, общая мощность вскрытых донных отложений – 2.3 м.

Донные отложения имеют трехчленное строение (рис. 4). Нижняя часть сложена песками, причем их строение не постоянно от разреза к разрезу. Как правило, это хорошо промытые грубозернистые пески с дресвой. Но в некоторых точках вскрыта более сложная структура нижней части. В таблице 4 приведено описание двух типичных разрезов. Максимальная мощность песчаных отложений, которые удалось вскрыть, составляет 60 см. Второй литостратиграфический горизонт, отмеченный во всех разрезах, представлен серой глинистой гиттией с примесью песка. Ее мощность изменяется в диапазоне от 1 до 6 см, но в среднем составляет 5 см, иногда в верхней части присутствуют неразложившиеся растительные макроостатки. Верх разреза сложен однородными темно-бурыми, бурыми и оливковыми органогенными илами, максимальная отмеченная мощность которых достигает 1.71 м.

Были получены пять радиоуглеродных датировок (табл. 3). Период в истории водоема, когда произошел переход к накоплению органогенных илов, датируется в диапазоне 3000–3500 кал. л. н. (возможно, омоложено) либо в диапазоне 3700–4500 кал. л. н. (возможно, удревнено). Датировка из горизонта гиттии 3.1–3.2 м лежит в диапазоне 2500–3000 кал. л. н. Таким образом, скорость осадконакопления в верхней части разреза составляет около 0.3 мм/год, а на этапе первоначального формирования илов она была гораздо выше и могла достигать значений в 2 мм/год. По данным спорово-пыльцевого анализа донные отложения накапливались на протяжении суббореального и субатлантического периодов, граница между которыми выделена на глубине 3.18 см по увеличению количества пыльцы сосны и березы и сокращению пыльцы ели. Содержание органического вещества в иловой толще меняется незначительно – около 25% по всему разрезу. По данным диатомового анализа в отложениях, сложенных песками, преобладают те же виды – обитатели малых озер, что и в озере Макаровском. Низкая концентрация створок также указывает на формирование диатомовых комплексов в проточных условиях. Отмечены отдельные представители “ладожской” флоры, характерные для озера Макаровского. Их численность несколько возрастает в верхней части песков, после чего они исчезают из состава диатомовых комплексов. В вышележащих органогенных осадках доминируют виды “малых озер”, характерные для песчаных отложений.

Для детализации истории формирования Ладожского озера были исследованы донные отложения небольших мелководных озер Узлового и Шукинского, расположенных в северо-западном Приладожье вблизи современного ладожского побережья.

Список радиоуглеродных датировок

Озеро	Лаб. №	Материал	Глубина, см	¹⁴ C возраст (л.н.)	Калиброванный возраст, л.н.	Ссылка
Макаровское	LE-7309c	гиттия	1.90–2.00	2130±110	2310–1990 (68.1 %) 2350–1870 (95.4 %)	1*
	LE-7309b		1.90–2.00	3010±150	3370–2990 (68.2 %) 3560–2800 (95.4 %)	
	LE-7310c		2.00–2.10	3810±120	4410–4010 (68.2 %) 4530–3870 (95.4 %)	
	LE-7310b		2.00–2.10	2720±170	3140–2540 (68.2 %) 3320–2360 (95.4 %)	
	LE-7311c		2.60–2.70	3040±90	3370–3080 (68.2 %) 3450–2970 (95.4 %)	
	LE-7311b		2.60–2.70	3560±200	4150–3590 (68.2 %) 4420–3390 (95.4 %)	
	LE-7312b		2.70–2.78	2690±160	3040–2500 (68.1 %) 3210–2350 (95.4 %)	
	LE-7312c		2.70–2.78	2960±100	3320–2970 (68.2 %) 3370–2860 (95.4 %)	
Ламское	LE-7008b	гиттия	3.10–3.20	2620±220	2950–2370 (68.2 %) 3330–2150 (95.5 %)	1
	LE-7006c		4.22–4.27	3560±160	4090–3640 (68.2 %) 4350–3450 (95.4 %)	
	LE-7006b		4.22–4.27	3010±120	3360–3030 (68.2 %) 3460–2860 (95.4 %)	
	LE-7007c		4.17–4.22	3860±160	4520–3990 (68.2 %) 4820–3850 (95.4 %)	
	LE-7007b		4.17–4.22	3100±120	3460–3150 (68.2 %) 3580–2960 (95.4 %)	
Узловое	LE-7257c	гиттия	3.35–3.40	1240±80	1270–1070 (68.2 %) 1300–980 (95.4 %)	1
	LE-7255b		3.40–3.45	2000±130	2140–1810 (68.2 %) 2320–1630 (95.4 %)	
	LE-7259		3.95–4.00	1520±90	1530–1340 (68.2 %) 1610–1280 (95.4 %)	
	LE-7258b		5.25–5.30	3850±200	4530–3970 (68.2 %) 4840–3720 (95.4 %)	
	LE-7254c		5.30–5.35	3780±150	4410–3980 (68.2 %) 4580–3720 (95.4 %)	
	LE-7254b		5.35–5.40	3740±100	4250–3920 (68.2 %) 4420–3860 (95.4 %)	
	LE-7255c		5.40–5.45	3900±600	5270–3580 (68.1 %) 5920–2920 (95.4 %)	
	LE-7256b		5.50–5.60	2710±90	2930–2740 (68.2 %) 3080–2530 (95.5 %)	
Щукинское	Hela-1555	гиттия	3.85–3.90	9865±60	11330–11210 (68.2 %) 11600–11170 (95.4 %)	2**
	Hela-1556		2.45–2.50	6025±40	6930–6790 (68.2 %) 6980–6750 (95.4 %)	
	Hela-1557		1.45–1.50	3090±35	3360–3250 (68.2 %) 3380–3210 (95.4 %)	

Примечание. Обозначения в лабораторных индексах буквами с и b – датировалась фракция гуминовых кислот холодной либо горячей вытяжки соответственно; обозначения индексами без букв – датировалась валовая органика. * – опубликовано в [23, 27], ** – получены в рамках проекта РФФИ № 12-06-00348-а.

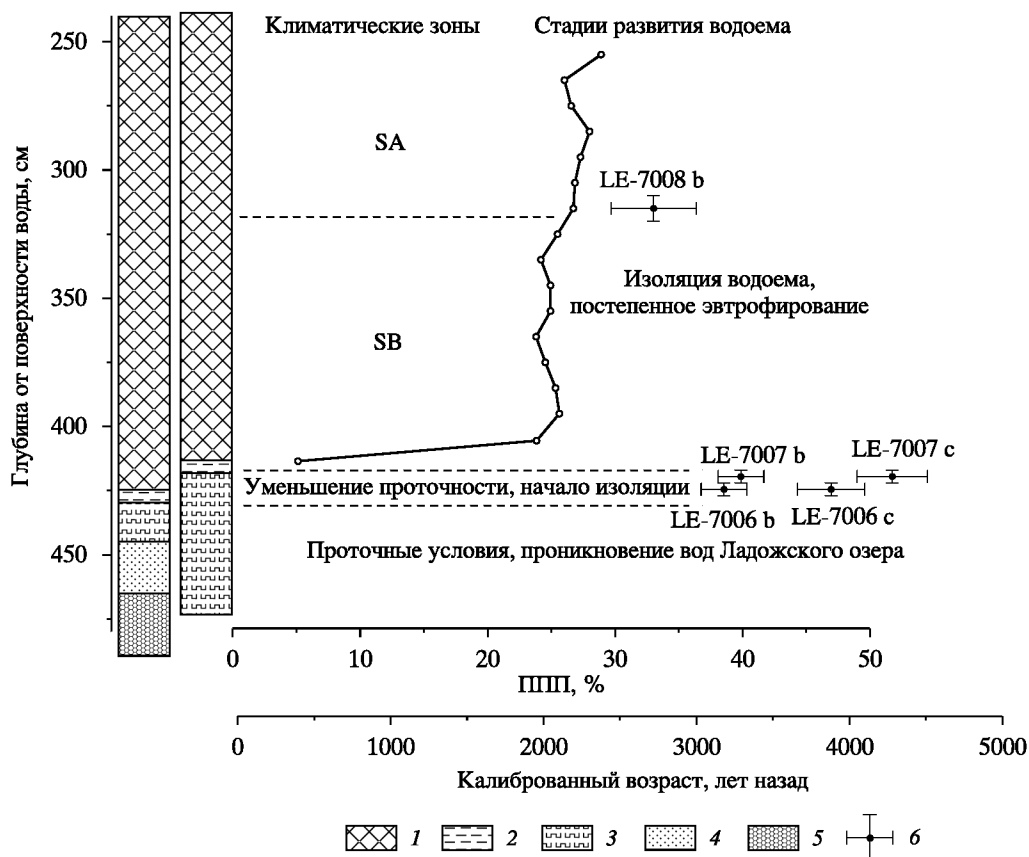


Рис. 4. Стратиграфия и условия формирования отложений Ламского озера (стадии развития водоема и климатические зоны по образцам из колонки 2, датировки по образцам из колонки 1)
 Гиттия: 1 – темно-бурая однородная, 2 – серая глинистая с примесью песка; песок: 3 – коричневый грубо-зернистый, 4 – серый грубозернистый с прослоями алеврита, 5 – желтый мелкозернистый; 6 – датировки

Таблица 4

Литостратиграфическое описание донных отложений Ламского озера

№ точки	Интервал от поверхности воды, м	Мощность горизонта, см	Описание
1	2.40–4.11	171	однородная бурая гиттия
	4.11–4.16	5	серая с небольшой примесью песка глинистая гиттия
	4.16–4.70	54	хорошо промытый грубозернистый песок с древесой, много неокатанных зерен
2			темно-бурая (оливковая) гиттия
	4.22–4.27	5	серая глинистая гиттия с примесью песка, мощность изменяется в диапазоне от 1 до 6 см, в верхней части встречаются органические макроостатки
	4.27–4.42	15	грубозернистый песок
	4.42–4.62	20	серый крупнозернистый песок с прослоями алеврита
	4.62–4.87	25	желтый мелкозернистый песок

Узловое озеро (рис. 1) расположено на абс. отметке 11 м над у. м. в северо-западном Приладожье в долине, ориентированной с СЗ на ЮВ. Подобная конфигурация долин характерна для данного района и сформировалась в результате тектонических процессов и абразионной деятельности ледника последнего оледенения. В озеро впадает несколько ручьев и вытекает речка Севастьяновка, соединяющая Узловое озеро с Невским, которое в свою очередь имеет сток в оз. Вуокса. Максимальная ширина озера около 350 м, длина 850 м, средние глубины 2–3 м. Пробоотбор производился в центральной части водоема, глубина в месте пробоотбора 3 и 3.5 м. Максимальная мощность вскрытых донных отложений 7.5 м.

Отмечено пять литостратиграфических горизонтов и по изменению содержания органического вещества, определяемого по ППП (анализировались в керне из точки 1), выделены шесть периодов, которые им соответствуют. В нижней части разреза залегает однородная светло-бурая глинистая гиттия с вкраплениями вивианита, максимальная вскрытая мощность которой 5 м (табл. 5, рис. 5). Флуктуации значений ППП незначительны для данного периода – в пределах от 8 до 13% с тенденцией к увеличению в верхней части. Для второго периода (горизонт светло-серой глинистой гиттии мощностью 5 см, встречен не во всех разрезах) характерно минимальное для разреза содержание органического вещества – значения ППП составляют 7–8%, причем падение происходит очень резко. Выше, с четкой границей, залегает черная тонкослоистая гиттия, мощность которой 35–40 см. Толщина наблюдаемых в этом горизонте слоев доли мм. Отмечен постоянный рост значений ППП от 8% в нижней и до 18% – в верхней частях горизонта. Выше этот слой переходит в темно-бурую однородную гиттию с черными прослоями в нижней части. Мощность этого горизонта около 165 см. Для него характерны колебания значений ППП в пределах 17–23% с общей тенденцией к росту по направлению к современному времени. Верхняя часть разреза сложена светло-серой алевритовой гиттией, мощностью около 40 см. В точке 2 ее перекрывает 15-сантиметровый горизонт влажной зеленовато-коричневой гиттии с прослоями гидротроиллита. В нижней части этого горизонта происходит сначала резкое, а затем более плавное падение значений ППП от 22 до 8%, после чего наблюдается их рост до 11%.

Были получены восемь радиоуглеродных датировок (табл. 3). Датировка из нижнего литостратиграфического горизонта (светло-бурая глинистая гиттия) с малым коли-

Таблица 5

Литостратиграфическое описание донных отложений Узлового озера

№ точки	Интервал от поверхности воды, м	Мощность горизонта, см	Описание
1	3.00–3.37	37	светло-серая гиттия, нижняя граница четкая
	3.37–5.00	163	темно-бурая однородная гиттия с черными прослоями в нижней части
	5.00–5.39	39	тонкослоистая черная гиттия
	5.39–5.44	5	светло-серая глинистая гиттия
	5.44–9.00	356	светло-бурая глинистая гиттия
2	3.50–3.65	15	влажная зеленоватая гиттия с прослоями гидротроиллита
	3.65–4.05	40	светло-серая алевритовая гиттия
	4.05–5.70	165	темно-бурая однородная гиттия, нижняя граница нечеткая
	5.70–6.05	35	тонкослоистая черная гиттия; нижняя граница четкая
	6.05–11.00	495	светло-бурая гиттия (начиная с глубины 6,90 – вкрапления вивианита)



Рис. 5. Стратиграфия и условия формирования отложений Узлового озера

Литология: 1 – светло-серая, 2 – темно-бурая однородная, 3 – черная слоистая, 4 – светло-серая глинистая, 5 – светло-бурая глинистая; 6 – датировки

чеством органического вещества, представляется омоложенной. Некоторые датировки имеют большой разброс значений, что вызвано той же причиной – недостаточным количеством органики в образце. Тем не менее, вся их совокупность из горизонтов, охватывающих нижнюю часть черной тонкослоистой гиттии и светло-серую глинистую гиттию, дают осредненный возраст 3900–4600 кал. л. н. Датировки из верхних горизонтов донных отложений, представленных темно-бурой однородной гиттией, попадают в интервал 1000–2000 кал. л. н. Усредненная скорость осадконакопления составляет 0.5–0.6 мм/год. Оценить скорость осадконакопления более детально не представляется возможным из-за инверсии значений. Возможно, она была более высокой во время формирования однородной бурой гиттии и превышала 0.7 мм/год, после чего упала, и во время формирования верхнего литологического горизонта (светло-серой гиттии) была ниже средней – около 0.2–0.3 мм/год.

Спорово-пыльцевой анализ показал, что исследуемый разрез формировался, начиная с бореального периода. В основании разреза преобладает пыльца сосны, постоянное присутствие *Botrysococcus* свидетельствует об олиготрофном или дистрофном водоеме с чистой, холодной водой. Нижняя часть разреза формировалась в атлантический период с сосново-еловыми и сосново-березовыми лесами с примесью широколиственных пород в его первой половине и широколиственными лесами с примесью сосны, ели и березы – во второй. Верхняя часть светло-бурой глинистой гиттии, переходный горизонт и нижняя часть черной слоистой гиттии накопились в суббореальный период с преобладанием еловых и сосновых лесов с примесью березы и липы. Границы между атлантическим (AT) и суббореальным и между суббореальным и субатлантическим периодами отмечены на глубинах 5.48 и 6.30 м соответственно. По данным диатомового анализа в горизонте светло-бурой глинистой гиттии значитель-

ной численности достигают виды, характерные для современного Ладожского озера: *A. islandica*, *C. schumannii*, *N. aboensis*, *Stephanodiscus medius* и *S. rotula*. Отмечаются также диатомеи, предпочитающие мезо- и эвтрофные условия (*A. subarctica*, *A. ambigua* и *C. radiosa*, *Cyclostephanos dubius*, *Fragilaria capucina* et var.), что указывает на сравнительно высокие концентрации биогенных элементов и, как следствие, высокую продуктивность водоема. В отложениях, представленных светло-серой глинистой и черной слоистой гиттиями резко снижается содержание “ладожских” видов, а с глубины 5.36 м они исчезают из состава диатомовых комплексов, маркируя начало изолированного развития водоема.

Щукинское озеро (рис. 1) расположено на востоке Карельского перешейка в 2 км от побережья Ладожского озера на абс. отметке 36 м над у. м. На некоторых топографических картах указана отметка 38 м над у. м. Длина озера около 1.3 км, максимальная ширина до 500 м, средние глубины порядка 1 м. Озеро находится в понижении между грядами, вытянутыми в направлении Ю, ЮВ–С, СЗ. В северной части из озера вытекает ручей, впадающий во Владимирскую бухту Ладожского озера.

Донные отложения в целом представлены зеленовато-бурой однородной плотной гиттией с небольшим количеством неразложившихся растительных остатков, присутствуют незначительные изменения в цветовых оттенках, встречается цветовая полосчатость (табл. 6, рис. 6). Ее мощность колеблется от 170 до 300 см. Внизу разреза залегает дресва с грубым неокатанным щебнем диаметром до 4 см. Между этими двумя горизонтами отмечен маломощный (2 см) прослой серой глины.

Полученные радиоуглеродные датировки (табл. 3) свидетельствуют о том, что формирование гиттии началось примерно 11300 кал. л. н. Причем условия осадконакопления в водоеме не менялись на протяжении всего этого времени, о чем свидетельствует однородное строение донных отложений. Возрастная модель на основе трех датировок позволяет оценить среднюю скорость осадконакопления величиной 0.26 мм/год, причем она практически не меняется на протяжении всей истории озера. Начиная с конца суббореала, скорость осадконакопления снижается до 0.18 мм/год. В нижней части разреза содержание органики резко увеличивается с 1% (образец из нижних минерогенных отложений) до 80% (нижняя часть гиттии). Далее наступает стабилизация на уровне 77–78%, после чего изменения в содержании органического вещества крайне незначительны. Наблюдается медленный тренд к падению, который усиливается в верхних 50 см разреза, где содержание органического вещества снижается до 60%.

Таблица 6

Литостратиграфическое описание донных отложений Щукинского озера

№ точки	Интервал от поверхности воды, м	Мощность горизонта, см	Описание
1	1.05–2.78	173	зеленовато-бурая плотная однородная гиттия с растительными остатками, книзу осветляется
2	0.87–2.30	143	зеленовато-бурая однородная гиттия с растительными остатками
	2.30–3.30	100	зеленовато-бурая однородная гиттия с растительными остатками и цветовой полосчатостью
	3.30–3.95	65	зеленовато-бурая однородная гиттия с растительными остатками
	3.95–3.97	2	серая глина
	3.97–4.00	3	дресва с грубым щебнем диаметром до 4 см

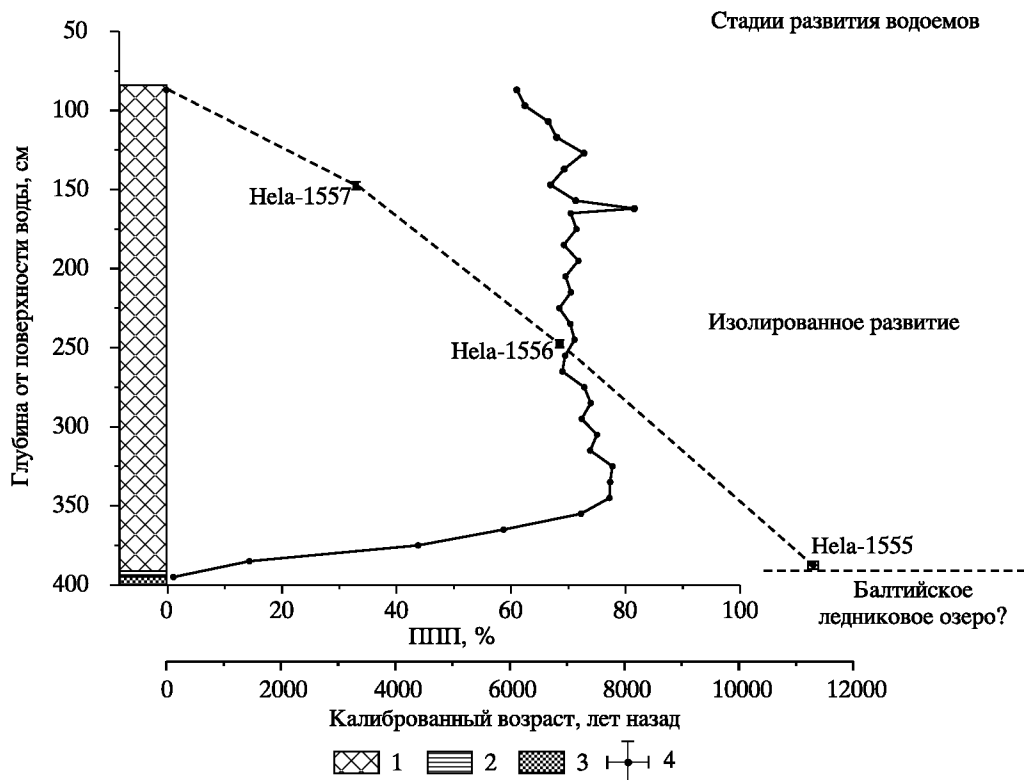


Рис. 6. Стратиграфия и условия формирования отложений Шукинского озера

1 – зеленовато-бурая однородная гиттия, 2 – серая глина, 3 – дресва с включениями щебня, 4 – датировки

Заключение

Строение изученных донных отложений озер Карельского перешейка имеет характерные особенности в зависимости от их высотного и пространственного положения. С точки зрения реконструкции колебаний уровня Ладожского озера их можно разделить на три группы. Необходимо учитывать, что на их современное гипсометрическое положение повлияло неравномерное гляциоизостатическое поднятие территории в поздне- и послеледниковое время, современная скорость которого в северной части Карельского перешейка оценивается в 1.0–1.5 мм/год [35].

1. Озера, расположенные на современном водоразделе между Балтикой и Ладогой (на трассе бывшего Гейниокского пролива) на абс. отметках до 14 м над у. м. (пример – Макаровское и Ламское). Особенностью строения их донных отложений является присутствие в основании разреза сортированных разнородных песков, характеризующих проточные условия. Выше залегают органогенные илы, общей мощностью до 2 м, содержание органического вещества в которых составляет около 20–25%, иногда увеличиваясь в верхней части до 50%. Начало формирования этих илов относится ко времени 3000–4000 кал. л. н. Между песками и гиттиями лежит переходный горизонт, представленный серой глинистой гиттией, мощность которого меняется от 1 до 6 см. Стратиграфия разреза, а также присутствие в подстилающих озерных илах осадков характерных видов диатомей свидетельствуют о проникновении ладожских вод на соответствующую территорию в период существования здесь палеостока из Ладожского озера в Балтийское море вплоть до 3000–4000 кал. л. н. (табл. 7).

2. Озера северного и северо-западного Приладожья на абс. отметках до 18 м над у. м. (пример – Узловое). Верхняя часть данных разрезов имеет, как правило, двухчлен-

Хронология развития изученных озер

Время, кал. л. н.	Озеро			
	Узловое	Макаровское	Ламское	Щукинское
0	изолированное развитие озера	изолированное раз- витие озера	изолированное раз- витие озера	изолированное развитие озера
1000				
2000				
3000				
4000	залив Ладожского озера	проникновение вод Ладожского озера	проникновение вод Ладожского озера	
5000				
6000	нет данных	нет данных	нет данных	
7000				
8000				
9000				
10000				
11000				
12000			часть БЛО?	

ное строение. Нижняя часть – глинистые, реже опесчаненные илы (содержание органического вещества около 10 %), откладывавшиеся во время существования здесь Ладожского озера. Верхняя часть сложена органогенными илами (содержание органического вещества от 20% и выше), начало формирования которых свидетельствует об изоляции от Ладожского озера. В зависимости от конкретных условий понижение уровня и изоляция могут быть представлены в осадке как отчетливым эрозионным контактом, так и постепенной границей или отдельным литологическим переходным горизонтом мощностью до нескольких см. Накопление органогенных илов в малых изолированных слабопроточных бассейнах началось 3000–4000 кал. л. н., мощность их может превышать 2 м.

3. Озера, расположенные в северо-западном Приладожье на абс. отметках выше 18 м над у. м. Строение их отложений свидетельствует об автономном развитии, начиная со времени образования в позднеледниковое время. Над минерогенной толщей (алевритами, песками, глинами) залегает гиттия, мощность которой определяется локальными особенностями каждого конкретного водоема и его, как правило, небольшого водосбора и колеблется от 1.5 до 5.5 м. Время начала формирования органогенных илов составляет примерно 11000 кал. л. н. Содержание органического вещества в среднем от 20 до 50%.

Время начала органогенного осадконакопления в малых озерах Карельского перешейка относится к границе поздний неоплейстоцен – голоцен [36]. Наши исследования подтверждают этот возраст. Формирование гиттии в озерной котловине является маркером изолированного существования водоема и его слабой проточности в большинстве случаев. Смена характера осадконакопления от минерогенного или слабоорганогенного к органогенному в озерах северной части Карельского перешейка, расположенных на отметках до 14 м над у. м., и произошедшая не ранее 4000 и не позднее 3000 кал. л. н. свидетельствует в пользу существования на этой территории иной гидрографической ситуации, нежели в настоящее время. Низменные части (до 14 м над у. м.) северо-западного Приладожья в среднем голоцене были частью Ладожского озера со шхерным типом побережья. Обособление современных малых озер на этой территории произошло не позднее 3000 кал. л. н. и фиксируется в отложениях увеличением содержания органического вещества. Озерное осадконакопление в районе современного водораздела между Финским заливом и Ладожским озером началось тогда же, сменив характерные для пролива/протоки пески и алевриты. Данные спорово-пыльцевого анализа подтверждают указанный возраст. Исчезновение из состава диатомовых комплексов видов, характерных для Ладожского озера, в осадках этого

временного периода является дополнительным свидетельством существования в северной части Карельского перешейка соединения Ладожского озера с Финским заливом в виде озерно-речной системы и прекращением этого соединения около 4000–3000 л. н., связанного с компенсационным изостатическим подъемом земной поверхности и особенностями геологического строения водораздела, сложенного неразмываемыми кристаллическими породами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Saarnisto M., Saarinen T.* Deglaciation chronology of the Scandinavian Ice Sheet from the Lake Onega Basin to the Salpausselkä End Moraines // *Global and Planetary Change*. 2001. V. 31. Iss. 1–4. P. 387–405.
2. *Björck S.* The late Quaternary development of the Baltic Sea basin // *Assessment of climate change for the Baltic Sea Basin*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2008. P. 398–407.
3. *Иностранцев А.А.* Доисторический человек каменного века побережья Ладожского озера. СПб.: Тип. М.М. Стасюлевича, 1882. Т. XVIII. 243 с.
4. *Ailio J.* Die geographische Entwicklung des Ladogasees // *Fennia*. 1915. Bd. 8. № 3. 157 s.
5. *Марков К.К., Порецкий В.С., Шляпина Е.В.* О колебаниях уровня Ладожского и Онежского озер в послеледниковое время // *Тр. ком. по изуч. четвертич. периода*. 1934. Т. IV. Вып. 1. С. 71–113.
6. *Абрамова С.А., Давыдова Н.Н., Квасов Д.Д.* История Ладожского озера в голоцене по данным спорово-пыльцевого и диатомового анализов // *История озер Северо-Запада. Л.: ГО СССР*, 1967. С. 113–132.
7. *Квасов Д.Д.* Позднечетвертичная история крупных озер и внутренних морей Восточной Европы. Л.: Наука, 1975. 278 с.
8. *Экман И.М., Лак Г.Ц., Лийва А.А.* К истории Ладожской трансгрессии // *История озер в голоцене. Л.: Ин-т озераведения АН СССР*, 1975. С. 38–45.
9. *Кошечкин Б.И., Экман И.М.* Голоценовые трансгрессии Ладожского озера // *Эволюция природных обстановок и современное состояние геосистемы Ладожского озера*. СПб: Изд-во РГО, 1993. С. 49–60.
10. *Малаховский Д.Б., Арсланов Х.А., Гей Н.А. и др.* Новые данные по голоценовой истории Ладожского озера // *Эволюция природных обстановок и современное состояние геосистемы Ладожского озера*. СПб: Изд-во РГО, 1993. С. 61–73.
11. *Верзилин Н.Н., Клейменова Г.И., Севастьянов Д.В.* Трансформация гидрографической сети и лимногляциальных комплексов Карельского перешейка в поздне-послеледниковье // *Вестн. СПбГУ. Сер. 7. Геология. География*. 2005. Вып. 2. С. 40–50.
12. *Клейменова Г.И., Вишневская Е.М., Севастьянов Д.В., Латышева Н.М.* Новые данные по палеогеографии и палеоэкологии Северо-Западного Приладожья // *Длительные изменения и современное состояние ландшафтов Приладожья*. СПб.: Изд-во СПбГУ, 1995. С. 80–90.
13. *Davydova N., Arslanov Kh., Khotimova V. et al.* Late- and Postglacial history of lakes of the Karelian Isthmus // *Hydrobiologia*. 1996. 322. P. 199–204.
14. *Saarnisto M., Grönlund T.* Shoreline displacement of Lake Ladoga – new data from Kilpolansaari // *Hydrobiologia*. 1996. V. 322. P. 205–215.
15. *Субетто Д.А., Давыдова Н.Н., Вольфарт Б., Арсланов Х.А.* Лито-, био- и хроностратиграфия озерных отложений Карельского перешейка на границе позднего плейстоцена-голоцена // *Изв. РГО*. 1999. Т. 131. Вып. 5. С. 56–69.
16. *Севастьянов Д.В., Субетто Д.А., Сикацкая Е.Д., Степочкина О.Е.* Особенности эволюции озерно-речной сети в бассейне Ладожского озера в голоцене // *Вестн. СПбГУ. Сер. 7. Геология. География*. 2001. Вып. 1 (№ 7). С. 88–100.
17. *Субетто Д.А., Севастьянов Д.В., Савельева Л.А., Арсланов Х.А.* Донные отложения озер Ленинградской области как летопись Балтийских трансгрессий и регрессий // *Вестн. СПбГУ. Сер. 7. Геология. География*. 2002. Вып. 4 (№ 31). С. 75–85.
18. *Miettinen J., Grönlund E., Simola H., Huttunen P.* Palaeolimnology of Lake Pieni-Kuoppalanlampi (Kurkijoki, Karelian Republic, Russia): isolation history, lake ecosystem development and long-term agricultural impact // *Journ. of Paleolimnology*. 2002. № 27. P. 29–44.
19. *Субетто Д.А.* Донные отложения озер: палеолимонологические реконструкции. СПб.: РГПУ им. А.И. Герцена, 2009. 339 с.
20. *Лудикова А.В., Субетто Д.А., Давыдова Н.Н. и др.* Колебания уровня Ладожского озера в голоцене (на основе палеолимонологических исследований оз. Святого Сергия на о. Путсаари) // *Изв. РГО*. 2005. Т. 137. Вып. 6. С. 34–41.
21. *Лудикова А.В.* Реконструкции палеогеографических обстановок Карельского перешейка по материалам диатомового анализа // *Мат-лы X Междунар. науч. конф. диатомологов стран*

СНГ “Морфология, клеточная биология, экология, флористика и история развития диатомовых водорослей”. Минск: БГПУ, 2007. С. 201–203.

22. Subetto D.A., Sapelko T.B., Kuznetsov D.D. и др. История формирования стока из Ладожского озера: новые палеолимнологические данные // Радиоуглерод в археологических и палеоклиматических исследованиях / Мат-лы конф. к 50-летию радиоуглеродной лаборатории Ин-та истории материальной культуры РАН. СПб: Теза, 2007. С. 381–403.
23. Dolukhanov P.M., Shukurov A.M., Arslanov Kh.A. et al. Evolution of waterways and early human settlements in the eastern Baltic area: radiocarbon-based chronology // Radiocarbon. 2007. V. 49. № 2. P. 527–542.
24. Sapelko T., Subetto D., Gerasimov D. et al. Paleolimnology and paleoenvironments of Lake Uzlovoye (Lake Ladoga Region, NW Russia) // Int. Conf. “Man and environment in boreal forest zone: past, present and future”. Central Forest State Natural Biosphere Reserve, 2008. P. 84–86.
25. Александровский А.Л., Арсланов Х.А., Давыдов Н.Н. и др. Новые данные относительно трансгрессии Ладожского озера, образования реки Невы и земледельческого освоения Северо-Запада России // ДАН. 2009. Т. 424. № 5. С. 682–687.
26. Subetto D.A., Аверичкин О.Б., Кузнецов Д.Д. Расчеты палеостока по Балтийско-Ладожскому соединению в северной части Карельского перешейка // Изв. РГО. 2009. Вып. 5. С. 37–51.
27. Dolukhanov P.M., Subetto D.A., Arslanov Kh.A. et al. The Baltic Sea and Ladoga Lake transgressions and early human migrations in North-western Russia // Quat. Int. 2009. V. 203. P. 22–51.
28. Dolukhanov P.M., Subetto D.A., Arslanov Kh.A. et al. Holocene oscillations of the Baltic Sea and Lake Ladoga levels and early human movements // Quat. Int. 2010. V. 220. P. 102–111.
29. Subetto D.A., Давыдова Н.Н., Сапелко Т.В. и др. Климат Северо-Запада России на рубеже плейстоцена и голоцена // Изв. РАН. Сер. геогр. 2003. № 5. С. 80–91.
30. Berglund B., Sandgren P., Barnekow L. et al. Early Holocene history of the Baltic Sea, as reflected in coastal sediments in Blekinge, southeastern Sweden // Quat. Int. 2005. V. 130. P. 111–139.
31. История Ладожского, Онежского, Псковско-Чудского озер, Байкала и Ханки. Л.: Наука, 1990. 280 с.
32. Верзилин Н.Н. Новые данные о голоценовой истории Ладожского озера и Невы // ДАН. 1995. Т. 342. № 2. С. 251–253.
33. Bronk Ramsey C. Bayesian analysis of radiocarbon dates // Radiocarbon. 2009. № 51 (1). P. 337–360.
34. Reimer P.J., Bard E., Bayliss A. et al. IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0–50,000 Years cal BP // Radiocarbon. 2013. № 55(4). P. 1869–1887.
35. Ekman M., Mäkinen J. Recent postglacial rebound, gravity change and mantle flow in Fennoscandia // Geophys. Journ. Int. 1996. V. 126. Iss. 1. P. 229–234.
36. Subetto D.A., Wohlfarth B., Davydova N.N. et al. Climate and environment on the Karelian Isthmus, northwestern Russia, 13000–9000 cal yrs BP // Boreas. 2002. V. 31. P. 1–19.

Поступила в редакцию 11.12.2013

NORTH KARELIAN HYDROGRAPHIC SYSTEM IN THE HOLOCENE ACCORDING TO NEW DATA ON SMALL LAKES SEDIMENT STRUCTURE

D.D. KUZNETSOV, D.A. SUBETTO, T.V. SAPELKO, A.V. LUDIKOVA

Summary

Recent paleolimnological studies of the small lakes sediments in the northern Karelian Isthmus have demonstrated that the beginning of organic (gyttja) sedimentation in the Holocene was not simultaneous due to the differences in 1) the lake's elevation, and 2) the proximity to the Lake Ladoga shoreline. Organic sedimentation in the lakes located at 30 m a.s.l. and higher started around 11000 cal. BP. No major changes in their hydrological conditions have been recorded hereafter. In the lowland lakes (11–20 m a.s.l.) located near the Lake Ladoga shoreline the beginning of organic sedimentation has been dated to 3000–4000 cal. BP. The underlying clayey gyttja contains lower amount of organic matter (10 %) with predominant diatom assemblages typical for Lake Ladoga. Therefore, the rapid increase in organic content in the lake sediments points at the isolation from Lake Ladoga, and enables to date the termination of the Ladoga transgression to 3000–4000 cal. BP. In the lakes situated at 11–14 m a.s.l. near the present watershed between the Gulf of Finland and Lake Ladoga, gyttja accumulation commenced at 3000–4000 cal. BP. Here the organic sediments overlie unsorted sand and silt that contain “large-lake” diatom taxa. Such sedimentary succession indicates that high-energy sedimentary environments (strait or river-like outlet from Lake Ladoga) persisted in the northern Karelian Isthmus until at least 4000 cal. BP when low-energy environments established resulted from Lake Ladoga regression. Hence, the small-lakes sedimentary records provide an independent evidence for the Lake Ladoga – Baltic Sea connection through the main Ladoga outlet in the north of the Karelian Isthmus in the mid-Holocene.