

- [13] E'lektronnyj resurs: «Bol'shaya Sovetskaya E'nciklopediya» URL: <http://bse.sci-lib.com/article107048.html>.
- [14] British Oceanographic Data Centre. URL: http://www.gebco.net/data_and_products/gebco_world_map/ (data obrashheniya 03.04.2014).
- [15] Environmental Systems Research Institute, Inc. URL: <http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/> (data obrashheniya 11.12.2014).

Изв. РГО. 2015. Т. 147, вып. 4

СВИДЕТЕЛЬСТВА СРЕДНЕГОЛОЦЕНОВОЙ ТРАНСГРЕССИИ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА ПО ДАННЫМ ДИАТОМОВОГО АНАЛИЗА

© А. В. ЛУДИКОВА

Институт озероведения РАН
E-mail: ellerbeckia@yandex.ru

*Посвящается светлой памяти Натальи Наумовны Давыдовой (1931—2014),
чей вклад в развитие диатомового анализа
и изучение истории Ладожского озера невозможно переоценить.*

Несмотря на более чем столетнюю историю изучения, пространственно-временные рамки ладожской трансгрессии, а также сама возможность столь значительного подъема уровня Ладожского озера в среднем голоцене до сих пор остаются дискуссионными. Данная работа посвящена анализу накопленных к настоящему времени материалов, предоставляющих свидетельства ладожской трансгрессии по данным диатомового анализа. Особенности состава диатомовых комплексов отложений из геологических разрезов, археологических памятников и озерных кернов позволили выделить группу видов-индикаторов трансгрессии. Показана перспективность применения диатомового анализа при установлении высотных и хронологических пределов распространения трансгрессии.

Ключевые слова: диатомовый анализ, ладожская трансгрессия, средний голоцен.

Введение. Гипотеза о значительном повышении уровня Ладожского озера в среднем голоцене была выдвинута шведским геологом Г. де Геером еще в конце XIX в., и в дальнейшем была принята и развивалась зарубежными (Ю. Айлио, Е. Хюппя, М. Саарнисто) и отечественными исследователями (К. К. Марков, Д. Д. Квасов, Д. Б. Малаховский, Д. А. Субетто и др.). В настоящее время под ладожской трансгрессией принято понимать повышение уровня озера, начавшееся около 5000 лет назад (л. н.; здесь и далее приводится радиоуглеродный возраст) и завершившееся около 3000 л. н. образованием р. Невы и падением уровня Ладоги до современных отметок [18, 22]. Основной причиной трансгрессии стало неравномерное гляциоизостатическое поднятие северной и южной частей ладожской котловины, в результате которого сток из озера, располагавшийся в северной части Карельского перешейка, постепенно терял свою пропускную способность, тогда как в южном Приладожье, в свою очередь, происходило постепенное подтопление побережья. Очевидно, значительный вклад в повышение уровня Ладожского озера внесло образование около 5000 л. н. р. Вуоксы [26], в настоящее время одного из основных притоков Ладоги. Общее увеличение объема водной массы и перемеще-

ние ее к югу в конечном итоге привело к образованию около 3000 л. н. нового стока из Ладоги — р. Невы.

Несмотря на более чем столетнюю историю изучения, пространственные и временные пределы распространения трансгрессии, а также сама возможность ее возникновения до сих пор дискутируются. Согласно альтернативной точке зрения р. Нева уже существовала к началу трансгрессии [20]. Следовательно, трансгрессия либо носила исключительно кратковременный характер [21], либо не могла возникнуть вообще [4].

Комплексное изучение отложений ладожской трансгрессии с применением диатомового анализа было впервые выполнено в разрезах южного и восточного Приладожья под руководством К. К. Маркова в начале 30-х гг. прошлого столетия [20]. Особенности состава диатомовых комплексов в гиттиях и песках, датированных суббореальным возрастом, позволили сделать вывод о том, что осадки формировались в пресноводном бассейне в условиях значительной глубины водной толщи. В дальнейшем систематические детальные исследования диатомовых комплексов донных отложений Ладожского озера [7, 9], проводимые Лабораторией озероведения Отделения геолого-географических наук АН СССР (ныне Институт озероведения РАН) начиная с 1950—1960-х гг., дали возможность сопоставления их состава с таковым из отложений, связываемых с ладожской трансгрессией.

Свидетельства ладожской трансгрессии по данным диатомового анализа отложений малых озер Приладожья были зафиксированы работами Г. И. Клейменовой и соавторов [13], финских исследователей М. Саарнисто и Т. Грёнлунд [26], коллектива авторов группы палеолимнологии Института озероведения РАН [17, 23].

Настоящая статья посвящена обзору полученных к настоящему времени результатов диатомового анализа отложений, ассоциируемых со среднеголоценовой ладожской трансгрессией. Цель работы — выделение индикаторных признаков трансгрессии, фиксируемых по данным диатомового анализа в геологических обнажениях и разрезах, археологических памятниках и озерных кернах. Кроме того, обозначены дальнейшие пути исследования проблемы ладожской трансгрессии (установления высотных и хронологических пределов ее распространения) с применением диатомового анализа.

Материалы и методы. Проанализированы как ранее опубликованные, так и новые, выполненные автором, частично опубликованные и неопубликованные материалы, содержащие результаты диатомового анализа отложений, ассоциируемых с ладожской трансгрессией, из геологических обнажений и разрезов (всего 12), озерных кернов (7) и археологических памятников (4) (рис. 1). Объекты, для которых не приводятся данные о видовом составе диатомовых комплексов (см. таблицу, № 4, 6, 10), однако делается вывод об их формировании в период трансгрессии, также включены в настоящий обзор. В связи с изменениями номенклатуры диатомей, используемой в ранних публикациях, при цитировании приводится современное и в скобках старое родовое/видовое название (названия) (использованная в работе номенклатура соответствует таковой из определителей К. Краммера и Х. Ланге-Бертало [25]).

Результаты и обсуждение. Выполненный анализ имеющихся материалов показал, что диатомовые комплексы отложений, ассоциируемых с ладожской трансгрессией, характеризуются присутствием определенных видов диатомей. Необходимо отметить, что далеко не во всех публикациях приводится

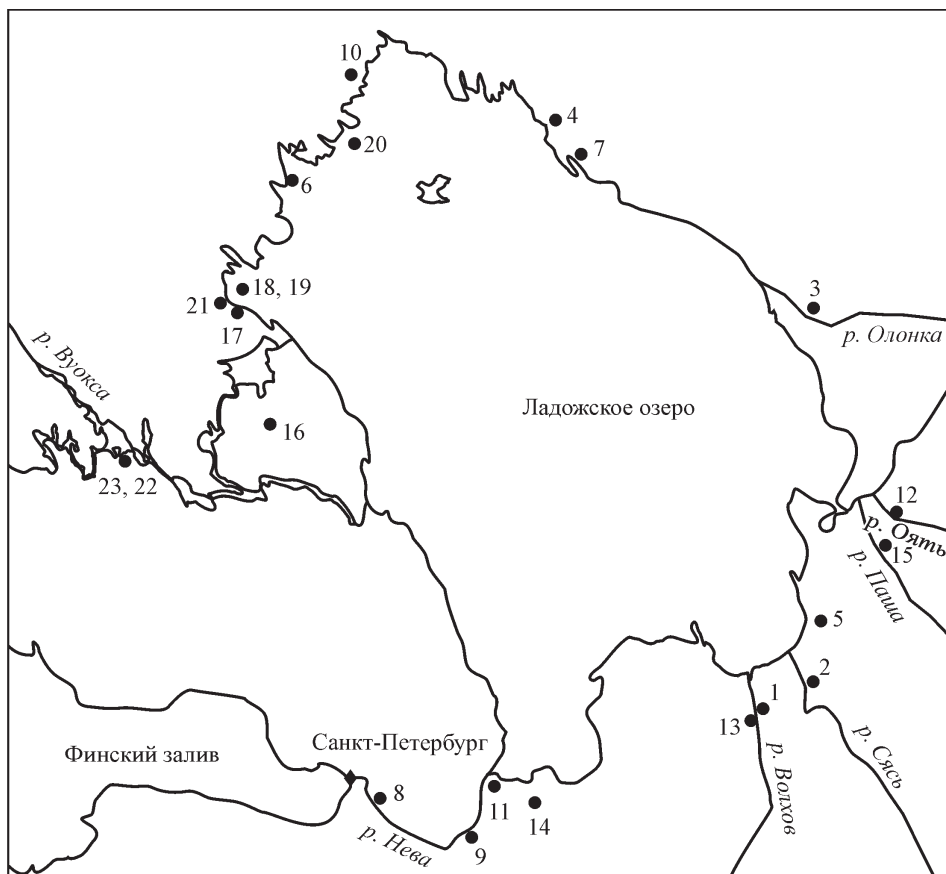


Рис. 1. Местоположение объектов, для которых свидетельства ладожской трансгрессии зафиксированы по данным диатомового анализа.

развернутая характеристика видового состава, поэтому отсутствие упоминания о тех или иных видах не обязательно означает их отсутствие в составе диатомовых комплексов.

Самыми многочисленными являются планктонные диатомеи рода *Aulacoseira* (*Melosira*), среди которых наиболее характерной является *A. islandica*, высокое содержание которой в отложениях, ассоциируемых с трансгрессией, подчеркивалось уже в наиболее ранних публикациях [20, 21]. Присутствие *A. islandica* в составе диатомовых комплексов отложений трансгрессии упоминается в подавляющем большинстве работ, посвященных геологическим разрезам, археологическим памятникам и колонкам донных осадков малых озер Приладожья (см. таблицу, № 1—3', 5, 7—9", 11—23). Во многих объектах в составе диатомовых комплексов отмечаются также другие планктонные диатомеи рода *Aulacoseira*, например *A. ambigua*, *A. granulata*, *A. subarctica* (*A. italica* subsp. *subarctica*) (см. таблицу, № 1—3, 3', 5, 7, 12, 13, 15, 18—23). Среди диатомей планктона в отложениях, ассоциируемых с трансгрессией, часто упоминаются также *Cyclotella radiosa* (*C. comta*), *Cyclotella schumannii* (*C. kützingiana* var. *schumannii*, *C. vorticosa*), *Stephanodiscus rotula*, *S. minutulus* (*S. astrea* et var. *minutula*) и *Tabellaria fenestrata* (см. таблицу, № 1—3, 8, 8', 9,

**Типы, номера и названия объектов, для которых свидетельства
ладожской трансгрессии зафиксированы по данным диатомового анализа,
их абсолютные отметки и возраст отложений***

Тип объек- та	№	Название и координаты (если известны)	Высота, м над ур. моря	Возраст (относительный или абсолютный (С ¹⁴ л. н.)) / датированные отложения	Источник
Геологические обнажения и разрезы	1	Р. Волхов	(>6.5)	Суббореал / отложения ладож- ской трансгрессии (гиттия)	[20]
	2	Р. Сясь	(~12)	То же	[20]
	2'	То же	(~10)	4400±70 / отложения ладожской трансгрессии (гиттия)	[16]
	3	Р. Олонка	(>7)	Суббореал / отложения ладож- ской трансгрессии (гиттия)	[20]
	3'	То же	(>10)	4510±80 / сапропель под отложе- ниями трансгрессии	[14]
	4	Р. Сумерианйоки	Нет данных	Суббореал / отложения ладож- ской трансгрессии (пески)	[3]
	5	Шахново	То же	Суббореал и древнее / торф под отложениями трансгрессии	[21]
	6	О-в Соролансари	» »	Суббореал / отложения ладож- ской трансгрессии (гиттия)	[3]
	7	СВ побережье Ла- доги	18—20	2280±70, 2170±120 / древесные остатки и торф под отложения- ми трансгрессии	[16]
	8	Невский лесопарк	~4	3040±50 / торф под отложениями трансгрессии 2850±50, 2840±40, 2910±60 / орга- ника в отложениях трансгрес- сии	[19]
	8'	» »	3	3070±50, 2940±60 / торф под от- ложениями трансгрессии	[24]
	9	Невский пятачок	11	3400±100 / торф под отложения- ми трансгрессии	[18]
	9'	» »	Нет данных	2870±50, 2560±50 /отложения ла- дожской трансгрессии (гиттия) 2260±50 / торф над отложениями трансгрессии	[1, 24]
	9"	» » 59°50'26'' с. ш., 30°56'56'' в. д.	~9	Нет данных	Неопубли- кованные данные
	10	Р. Тохмайоки и Хе- люляйоки	7.4	3970±110, 3650±110, 3370±100 / органика в отложениях ладож- ской трансгрессии	[14]
	11	Преображенская гора	(~16)	5060±60, 4340±30 / торф под от- ложениями трансгрессии	[2]
	12	Р. Оять	13	4000±40 / торф под отложениями трансгрессии 4220±70 / органика в отложениях трансгрессии	[1, 24]

Продолжение таблицы

Тип объек- та	№	Название и координаты (если известны)	Высота, м над ур. моря	Возраст (относительный или абсолютный (С ¹⁴ л. н.)) / датированные отложения	Источник
Археологические памятники	13	Старая Ладога	~10	3850±60 / погребенная почва под отложениями трансгрессии 2650±60 / почва над отложениями трансгрессии	[1]
	14	Подолье 1	12.1	4338±70 / торф под отложениями трансгрессии	[6]
	15	Усть-Рыбежна 1 60°19'54'' с. ш., 33°7'29'' в. д.	12	4510±85, 4000±70 / отложения, перекрывающие культурный слой	[15]
	16	Комсомольское 3	18	4450±35 / археологическая находка в перемытом культурном слое	[5]
Озера	17	Суури	12.1	Суббореал / органо-минеральные озерные отложения	[13]
	18	Ревонлампи	18	Нет данных	[26]
	19	Витсалампи	15	3020±55, 3200±80 / гиттия над отложениями трансгрессии	[26]
	20	Св. Сергия 61°30' с. ш., 30°34'48'' в. д.	15	4000±100 / отложения ладожской трансгрессии 2700±70 / торф над отложениями трансгрессии	[17]
	21	Узловое 61°05'36'' с. ш., 29°44'46'' в. д.	13	3900±600 / переходный горизонт 2710±90, 3740±100 / отложения над переходным горизонтом	[23]
	22	Макаровское 60°43'19'' с. ш., 29°08'45'' в. д.	11.6	2960±100, 2690±160 / отложения над переходным горизонтом	[23]
	23	Ламское 60°43'57'' с. ш., 29°08'34'' в. д.	14.2	3010±120, 3560±160 / отложения над переходным горизонтом	[23]

Примечание. * Номера с индексами ' и ' — для объектов, изучение которых выполнялось разными исследователями. В круглых скобках даны значения высотных отметок, рассчитанные исходя из сведений об общей мощности изученных отложений, приведенных в цитируемом источнике.

9', 12, 13, 15, 16, 18—23). Важно отметить, что все вышеназванные виды характерны для современного планктона и / или поверхностного слоя донных осадков Ладожского озера [7]. Многие из них (в первую очередь *A. islandica*, а также *A. granulata*, *C. radiosa*, *C. schumannii*, *S. rotula*, *T. fenestrata*) входят также в состав доминант-субдоминантных комплексов Ладожского озера начиная с позднего плейстоцена [9, 11].

Что касается диатомей бентоса, то литературные данные об их видовом составе в отложениях ладожской трансгрессии гораздо более скудны. В некоторых случаях бентосные виды либо не упоминаются вообще [14, 21], либо приводятся лишь названия некоторых родов бентосных диатомей [16]. Имеющиеся сведения позволяют говорить о том, что для отложений трансгрессии

наиболее характерны отдельные виды родов *Achnanthes*, *Amphora*, *Cocconeis*, *Fragilaria*, *Gyrosigma* и *Navicula*. Подробный список видов, приведенный в работе К. К. Маркова и соавторов [20], а также результаты авторских исследований [17] свидетельствуют как о большом разнообразии бентосных диатомей в отложениях трансгрессии, так и о значительно большей вариабельности их видового состава по сравнению с диатомеями планктона, что закономерно связано с разнообразием условий существования, предоставляемых различными субстратами. Так, в толще гиттии в береговых обнажениях рек Волхов, Сясь и Олонка (см. таблицу, № 1—3) многочисленны *Fragilaria brevistriata*, *F. construens*, характерны также *Amphora lybica*, *A. pediculus*, *Cocconeis placentula* et vars., *Cumatopleura elliptica*, *Gyrosigma acuminatum*. В разрезе Преображенская гора (№ 11) в песчаных отложениях, формирование которых связывают с максимумом трансгрессии, среди наиболее характерных представителей бентоса перечислены, в частности, *Achnanthes lanceolata*, *A. borealis*, *Navicula jentzschii*, *N. jaernefeltii*, *N. scutelloides*. В песках, залегающих в кровле обнажения на левом берегу р. Нева в районе мемориала «Невский пятачок» (№ 9"), при доминировании планктонной *A. islandica*, обнаружено также большое разнообразие бентосных диатомей, в том числе *Achnanthes oestrupii*, *Navicula aboensis* (*N. farta*), *N. jaernefeltii*, *N. jentzschii* и др. Песчаные осадки ладожской трансгрессии, перекрывающие культурный слой памятника Комсомольское 3 (№ 16), также содержат створки бентосных видов *A. lanceolata*, *A. oestrupii*, *N. jaernefeltii*, *N. jentzschii* и др. Указанные выше, а также некоторые другие представители бентоса (*Achnanthes calcar*, *Ellerbeckia* (*Paralia*) *arenaria*, *Eunotia clevei*) встречены в разных количествах и соотношениях в отложениях трансгрессии в колонках донных осадков озер Приладожья и островов Ладоги (см. таблицу, № 17—23). Необходимо подчеркнуть, что подавляющее большинство бентосных видов, характерных для отложений ладожской трансгрессии, также отмечается в поверхностном слое донных осадков самого Ладожского озера [9, 11].

Таким образом, можно говорить о том, что отложения, ассоциируемые с трансгрессией, характеризуются значительным сходством видового состава диатомовых комплексов. Кроме того, результаты исследований донных отложений малых озер Приладожья (см. таблицу, № 17—23) выявили определенные закономерности изменения видового состава, связанные с прекращением поступления в их котловины вод Ладожского озера. Это позволило выделить группу видов, которые исчезают из состава диатомовых комплексов с завершением трансгрессии, что дает основание использовать их в качестве индикаторов ладожской трансгрессии. Данная группа видов (в дальнейшем условно именуемых «ладожскими») включает планктонных *A. islandica*, *C. schumannii*, *Stephanodiscus* spp., а также ряд бентосных видов (*A. calcar*, *A. oestrupii*, *E. arenaria*, *E. clevei*, *N. aboensis*, *N. jaernefeltii*, *N. jentzschii* и некоторые другие). При этом необходимо принять во внимание, что диатомовые комплексы и самого Ладожского озера, и отложений, ассоциируемых с ладожской трансгрессией, распространенных в Приладожье, помимо указанных «ладожских» диатомей, всегда включают виды, способные массово развиваться как в Ладоге, так и в малых водоемах. Однако именно «ладожские» виды оказываются наиболее восприимчивыми к изменениям условий среды, связанным с изоляцией от Ладоги. В связи с вышесказанным, такие характерные для Ладожского озера планктонные виды, как *A. ambigua*, *A. granulata*, *A. subarctica*, *C. radiosa* и *T. fenestrata*, часто отмечаемые в отложениях ладожской транс-

грессии, могут лишь факультативно считаться индикаторными, поскольку в малых озерах Приладожья (см. таблицу, № 17, 18, 21—23) они присутствуют как в отложениях трансгрессии, так и в осадках, сформировавшихся после завершения проникновения в их котловины ладожских вод.

При интерпретации результатов диатомового анализа важно учитывать следующее. Во-первых, вышеназванные виды по отдельности могут встречаться в различных водоемах в условиях, соответствующих их экологическим предпочтениям, в том числе в некоторых водоемах Карельского перешейка [10]. Таким образом, свидетельством формирования отложений в результате ладожской трансгрессии служит присутствие в составе диатомовых комплексов именно группы «ладожских» видов. Кроме того, указанные виды отмечаются в составе диатомовых комплексов в водоемах со сходными условиями среды, в частности в Онежском озере [8]. Отдельные представители «ладожской» группы встречаются также в отложениях Балтийского ледникового озера и в осадках следующей пресноводной стадии развития Балтики — Анцилового озера [11]. Следовательно, для того чтобы делать вывод о принадлежности отложений, содержащих «ладожский» комплекс диатомей, именно к ладожской трансгрессии, необходимо не только иметь максимально полную характеристику состава диатомовых комплексов, но и учитывать местоположение изучаемого объекта, его высотную отметку, состав отложений и т. д.

Видовое разнообразие диатомей в осадках ладожской трансгрессии может существенно различаться в разных объектах. Так, в отложениях гиттии в разрезе на о-ве Соролансари (см. таблицу, № 6) отмечена богатая диатомовая флора с доминированием *A. islandica*; большое разнообразие, в том числе и «ладожских» видов, характерно для диатомовых комплексов глинисто-алевритовых отложений трансгрессии в оз. Св. Сергия (№ 20). В свою очередь ассоциируемые с трансгрессией песчаные осадки в некоторых береговых обнажениях (например, № 3), а также перекрывающие культурные слои археологических памятников (№ 15, 16) характеризуются низкой концентрацией створок диатомей, обедненным видовым составом, в том числе небольшим разнообразием «ладожских» видов, представленных практически исключительно *A. islandica* при незначительном содержании других диатомей «ладожской» группы. Такое соотношение представляется вполне закономерным: поскольку *A. islandica* в массе развивается в самом Ладожском озере, ее створки преобладают также в отложениях трансгрессии, сформировавшихся в обстановках, в целом неблагоприятных для аккумуляции тонкого материала. Таким образом, видовое богатство, очевидно, во многом обусловлено составом отложений и гидродинамическими условиями их формирования.

Кроме того, как общее содержание, так и разнообразие «ладожских» видов в отложениях ладожской трансгрессии в значительной степени определяются удаленностью конкретного объекта от Ладожского озера, что можно наглядно проиллюстрировать на примере малых озер Приладожья. Так, в оз. Св. Сергия (рис. 1, № 20), расположенном в нескольких сотнях метров от современной береговой линии Ладоги, содержание «ладожских видов» в отложениях трансгрессии в среднем составляет 50 % и более (рис. 2). То же можно сказать и об озерах, расположенных на о-ве Кильпола (рис. 1, № 18, 19), также находящихся на незначительном расстоянии от береговой линии Ладожского озера [26]. Состав «ладожской» группы видов также характеризуется высоким разнообразием: при доминировании *A. islandica* со-доминантами

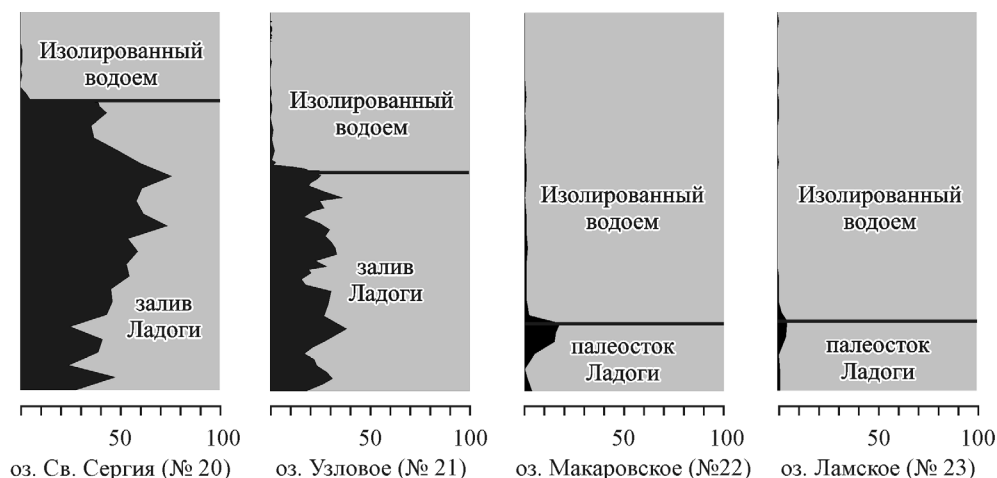


Рис. 2. Содержание «ладожских» видов в отложениях, ассоциируемых с трансгрессией, в колонках донных осадков малых озер Приладожья.

Черная заливка — «ладожские» диатомеи (%), серая — остальные виды (%).

и субдоминантами выступают *E. arenaria*, *A. calcar*, *A. joursacense*, *A. oestrupii*, *E. clevei*, *N. aboensis*, *N. jaernefeltii*, *N. jentzschii*, *Stephanodiscus medius*, *S. rotula*. В свою очередь в отложениях трансгрессии из оз. Узлового (рис. 1, № 21), расположенного в 10 км от Ладоги, содержание «ладожских видов» не превышает 40 %. Что касается озер Макаровского и Ламского (рис. 1, № 22, 23), находящихся в северной части Карельского перешейка на трассе древнего стока из Ладожского озера (около 60 км от Ладоги), то здесь максимальное содержание «ладожских видов» составляет лишь 17 и 5 % соответственно. Уменьшается и видовое разнообразие: «ладожская» группа представлена преимущественно *A. islandica* с незначительной примесью других планктонных и бентосных «ладожских» диатомей [23]. Очевидно, что в период трансгрессии объекты № 18—20 являлись заливами Ладожского озера с гидробиологическими условиями, сходными с таковыми в самой Ладоге, что способствовало массовому развитию в них «ладожской» диатомовой флоры. В свою очередь в озерах, удаленных от Ладоги, на формирование состава диатомовых комплексов в период трансгрессии значительное влияние оказывали различные локальные факторы (гидродинамические, гидрохимические, гидробиологические). Так, незначительная численность «ладожских» видов в объектах № 22 и 23, очевидно, во многом объясняется спецификой условий ладожского палеостока, который, по всей вероятности, на завершающем этапе существования представлял собой озерно-речную систему.

Таким образом, присутствие в составе диатомовых комплексов видов-индикаторов ладожской трансгрессии позволяет уточнить происхождение соответствующих отложений, охарактеризовать условия их формирования, выявить сигналы начала/завершения трансгрессии. Полученные результаты имеют большое значение для реконструкции пределов распространения и максимального уровня трансгрессии, который различается в разных районах Приладожья вследствие неравномерного изостатического поднятия земной коры. Так, в северном Приладожье максимальный уровень трансгрессии оценивается в 20 м над уровнем моря (у. м.) [12], тогда как для южного При-

ладожья разброс отметок составляет от 14—15 до 22—23 м над у. м. [18]. Столь разнообразные оценки для территории, не испытавшей существенного гляциоизостатического поднятия во второй половине голоцена, во многом связаны с тем, что береговые формы рельефа, ассоциируемые с ладожской трансгрессией, были впоследствии существенно преобразованы различными экзогенными рельефообразующими процессами (в первую очередь эоловыми). В результате их относительная высота (и абсолютная отметка) не всегда соответствует таковой на момент максимума трансгрессии, что затрудняет сопоставление данных геоморфологических наблюдений. Кроме того, за береговую линию ладожской трансгрессии могут быть приняты более древние береговые линии, выраженные в рельефе, тем более что озерные отложения на максимальных отметках ладожской трансгрессии зачастую сходны литологически с более древними озерно-ледниковыми осадками [18].

По мнению К. К. Маркова и соавторов, в береговых разрезах, где отложения трансгрессии представлены гиттиями и перекрывающими их песками, минимальным уровнем трансгрессии следует считать высоту залегания гиттии, поскольку пески могли отлагаться выше уровня трансгрессии [20]. Однако анализ накопленных к настоящему времени материалов показывает, что песчаные отложения, залегающие в верхней части некоторых разрезов, несмотря на обычно невысокое содержание створок диатомей, также содержат комплекс «ладожских видов». В качестве примеров можно привести разрез на р. Сясь (№ 2), обнажения в районе мемориала «Невский пятачок» на р. Неве (№ 9, 9") и Преображенской горы (№ 11). На наш взгляд, это свидетельствует об их формировании в субаквальных обстановках в период трансгрессии и позволяет говорить о том, что в указанных разрезах уровень трансгрессии поднимался выше отметки кровли песчаной толщи. В свою очередь в разрезах, где отложения, содержащие «ладожские» виды, перекрыты осадками, сформировавшимися после завершения трансгрессии (например, № 6), подъем воды, очевидно, превышал отметку кровли слоя, включающего указанный индикаторный комплекс диатомей. Отдельно необходимо упомянуть разрез «Невский лесопарк» (№ 8), расположенный на правом берегу р. Невы ниже Ивановских порогов, где, согласно существующим воззрениям, произошел прорыв ладожских вод. Таким образом, располагаясь за «границей» трансгрессии, этот разрез не дает возможности судить о максимальном уровне подъема ладожских вод. Однако присутствие «ладожских» диатомей в отложениях кровли разреза является непосредственным результатом самого прорыва и представляет еще одно важное свидетельство существования ладожской трансгрессии. В озерах, где по данным диатомового анализа фиксируется проникновение ладожских вод, уровень трансгрессии поднимался выше порога стока, как правило соответствующего современному урезу воды. Таким образом, стратиграфическое положение осадков, состав диатомовых комплексов которых свидетельствует об их образовании в период ладожской трансгрессии, позволяет оценить минимальный уровень трансгрессии.

К сожалению, накопленных к настоящему моменту данных недостаточно для того, чтобы установить четкие пространственные (в первую очередь высотные) и временные рамки ладожской трансгрессии. Это обусловлено неравномерной изученностью разных районов Приладожья (рис. 1) и сравнительно небольшим количеством объектов, где свидетельства ладожской трансгрессии были выявлены по результатам диатомового анализа, отсутствием точ-

ных сведений об абсолютных отметках некоторых объектов исследования, а также существенным разбросом дат даже для территориально близких объектов (см. таблицу). Тем не менее выполненный анализ показал, что свидетельства ладожской трансгрессии фиксируются по данным диатомового анализа в определенном высотном (от 6 до 18 м) и временном интервале (около 5000—2000 л. н. по шкале абсолютного возраста или в суббореальном—начале субатлантического периода — по шкале относительного возраста).

Перспективным представляется изучение диатомовых водорослей в отложениях объектов (геологических обнажений, археологических памятников, озер), расположенных на разных высотных отметках в пределах территории с одинаковыми значениями гляциоизостатического поднятия (так называемой «лестницы» объектов). Появление и исчезновение индикаторных «ладожских видов» позволяют точнее зафиксировать момент начала и завершения трансгрессии и произвести отбор материала для датирования, ориентируясь на выделенные изменения состава диатомовых комплексов. Таким образом, изучение диатомовых комплексов и последующее датирование отложений разновысотных объектов позволят установить максимальную отметку трансгрессии для отдельных районов Приладожья, а в дальнейшем и всей его территории, и уточнить хронологию изменения положения береговой линии Ладожского озера.

Выводы. Обзор имеющихся данных показал, что в составе диатомовых комплексов различных объектов, расположенных в Приладожье (геологических разрезов, археологических памятников, озерных кернов) в определенном высотном и временном интервале отмечаются виды, характерные для Ладожского озера. Наиболее убедительным объяснением тому представляется затопление обширных низменных территорий Приладожья в результате подъема уровня Ладоги в среднем голоцене — ладожской трансгрессии. Также была выделена группа индикаторных («ладожских») видов диатомей, характерных для отложений трансгрессии, и исчезающих из состава диатомовых комплексов после ее завершения. Показано, что применение диатомового анализа позволяет установить связь происхождения изучаемых осадков с ладожской трансгрессией, более точно определить момент начала и/или завершения трансгрессии, что в свою очередь дает возможность уточнения как высотных, так и временных пределов распространения трансгрессии.

Работа частично выполнена в рамках проектов РФФИ № 13-05-01039 и 13-06-00548 А.

Список литературы

- [1] Александровский А. Л., Арсланов Х. А., Давыдова Н. Н., Долуханов П. М., Зайцева Г. И., Кирпичников А. Н., Кузнецов Д. Д., Лавенто М., Лудикова А. В., Носов Е. Н., Савельева Л. А., Сапелко Т. В., Субетто Д. А. Новые данные относительно трансгрессии Ладожского озера, образования реки Невы и земледельческого освоения Северо-Запада России // Докл. Академии наук. 2009. Т. 424, № 5. С. 1—5.
- [2] Арсланов Х. А., Гей Н. А., Давыдова Н. Н., Джиноридзе Р. Н., Кошечкин Б. И., Пущенко М. Я., Рыбалко А. Е., Спиридонов М. А., Субетто Д. А., Хомутова В. И. Новые данные по позднеплейстоценовой и голоценовой истории Ладожского озера // Изв. РГО. 1996. Т. 128, вып. 2. С. 12—21.

- [3] Бискэ Г. С. Четвертичные отложения и геоморфология Карелии. Петрозаводск: Госиздат КАССР, 1959. 307 с.
- [4] Верзилин Н. Н., Клейменова Г. И. К вопросу о проблемах понимания Ладожской трансгрессии и образования реки Нева // Изв. РГО. 2012. Т. 144, вып. 4. С. 33—41.
- [5] Герасимов Д. В., Субетто Д. А. История Ладожского озера в свете археологических данных // Изв. РГПУ им. А. И. Герцена. 2009. № 106. С. 37—49.
- [6] Гусенцова Т. М., Сапелко Т. В., Лудикова А. В., Кулькова М. А., Рябчук Д. В., Сергеев А. Ю., Холкина М. А. Археология и палеогеография стоянки Подолье в южном Приладожье // Археология озерных поселений IV—II тыс. до н. э.: хронология культур и природно-климатические ритмы: Материалы Междунар. конф. СПб., 2014. С. 127—130.
- [7] Давыдова Н. Н. Состав и условия формирования диатомовых комплексов в поверхностном слое донных отложений Ладожского озера // Растительные ресурсы Ладожского озера. Л.: Наука, 1968. С. 131—174.
- [8] Давыдова Н. Н. Диатомовые водоросли в поверхностном слое донных отложений Онежского озера // Растительный мир Онежского озера. Л.: Наука, 1971. С. 140—166.
- [9] Давыдова Н. Н. Диатомовые водоросли — индикаторы природных условий водоемов в голоцене. Л.: Наука, 1985. 244 с.
- [10] Давыдова Н. Н., Трифонова И. С. Диатомеи планктона и донных отложений и содержание хлорофилла в осадках двух разнотипных озер Карельского перешейка // Бот. журн. 1979. Т. 64, № 8. С. 1174—1183.
- [11] Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). Т. 1. Л.: Наука, 1974. 403 с.
- [12] 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.
- [13] Клейменова Г. И., Севастьянов Д. В. Роль комплексного палеогеографического анализа для реконструкции особенностей эволюции озер и ландшафтов северо-западного Приладожья в голоцене // Вестн. СПбГУ. 1995. Сер. 7. Геология, география, вып. 3. С. 68—79.
- [14] Кошечкин Б. И., Экман И. М. Голоценовые трансгрессии Ладожского озера // Эволюция природных обстановок и современное состояние геосистемы Ладожского озера / Под ред. Н. Н. Давыдовой, Б. И. Кошечкина. СПб., 1993. С. 49—60.
- [15] Кулькова М. А., Козин Н. А., Мурашкин А. И., Герасимов Д. В., Юшкова М. А. Геоэкологические особенности неолитической стоянки Усть-Рыбежна 1 // Геология, геоэкология, эволюционная география. Т. IX. СПб., 2009. С. 120—126.
- [16] Лак Г. Ц., Экман И. М. О трансгрессиях Ладожского озера в голоцене // Докл. АН СССР. 1975. Т. 222, № 1. С. 175—178.
- [17] Лудикова А. В., Субетто Д. А., Давыдова Н. Н., Сапелко Т. В., Арсланов Х. А. Колебания уровня Ладожского озера в голоцене (на основе палеолимнологических исследований оз. Святого Сергия на о-ве Путсаари) // Изв. РГО. 2005. Т. 137, вып. 6. С. 34—41.
- [18] Малаховский Д. Б., Арсланов Х. А., Гей Н. А., Джиноридзе Р. Н., Козырева М. Г. Новые данные по голоценовой истории Ладожского озера // Эволюция природных обстановок и современное состояние геосистемы Ладожского озера / Под ред. Н. Н. Давыдовой, Б. И. Кошечкина. СПб., 1993. С. 61—73.
- [19] Малаховский Д. Б., Арсланов Х. А., Гей Н. А., Джиноридзе Р. Н. Новые данные по истории возникновения Невы // Эволюция природных обстановок и современное состояние геосистемы Ладожского озера / Под ред. Н. Н. Давыдовой, Б. И. Кошечкина. СПб., 1993. С. 74—84.

- [20] Марков К. К., Порецкий В. С., Шляпина Е. В. О колебаниях уровня Ладожского и Онежского озер в послеледниковое время // Тр. Ком. по изуч. четвертичн. периода. 1934. Вып. 5. С. 71—129.
- [21] Марков К. К. Послеледниковая история юго-восточного побережья Ладожского озера // Вопр. географии. 1949. Сб. 12. С. 213—220.
- [22] Субетто Д. А. История формирования Ладожского озера и его соединения с Балтийским морем // Terra Humana. 2007. № 1. С. 111—120.
- [23] Субетто Д. А., Сапелко Т. В., Кузнецов Д. Д., Лудикова А. В., Долуханов П. М., Зайцева Г. И. История формирования стока из Ладожского озера: новые палеолимнологические данные // Радиоуглерод в археологических и палеоэкологических исследованиях: Материалы конф. СПб.: Теза, 2007. С. 381—403.
- [24] Dolukhanov P. M., Subetto D. A., Arslanov Kh. A., Davydova N. N., Zaitseva G. I., Djinoridze E. N., Kuznetsov D. D., Ludikova A. V., Sapelko T. V., Savelieva L. A. The Baltic Sea and Ladoga Lake transgressions and early human migrations in North-western Russia // Quatern. Int. 2009. Vol. 203. P. 33—51.
- [25] Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa / Ed. by H. Ettl, J. Gerloff, H. Heying, D. Mollenhauer. Band 2/1—4. Stuttgart: G. Fischer Verlag, 1986—1991.
- [26] Saarnisto M., Grönlund T. Shoreline displacement of Lake Ladoga — new data from Kilpolansaari // Hydrobiol. 1996. Vol. 322. P. 205—215.

Поступило в редакцию
20 марта 2015 г.

Diatom evidences for the mid-Holocene Lake Ladoga transgression

© A. V. Ludikova

Institute of Limnology, Russian Academy of Sciences
E-mail: ellerbeckia@yandex.ru

Despite of more than 100-years-long period of study, spatial and temporal frames of the Ladoga transgression, and even the possibility of such a significant Lake Ladoga level-rise in the mid-Holocene remain debatable. The paper considers all diatom-inferred evidences for the Ladoga transgression available by this time. A set of diatom species indicative of the transgression has been defined based on the studies of terrestrial (outcrops, archaeological sites) and lacustrine sections located in the Lake Ladoga surroundings. Further applications of the diatom analysis in reconstruction of the transgression maximum level and temporal limits are outlined.

Key words: diatoms, Ladoga transgression, Middle Holocene.

References

- [1] Aleksandrovskij A. L., Arslanov Kh. A., Davydova N. N., Dolukhanov P. M., Zaitseva G. I., Kirpichnikov A. N., Kuznetsov D. D., Lavento M., Ludikova A. V., Nosov E. N., Savel'eva L. A., Sapelko T. V., Subetto D. A. Novye dannye otnositel'no transgressii Ladozhskogo ozera, obrazovaniya reki Nevy i zemledel'cheskogo osvoeniya Severo-zapada Rossii // Dokl. Akademii nauk. 2009. T. 424, № 5. S. 1—5.

- [2] *Arslanov Kh. A., Gej N. A., Davydova N. N., Dzhinoridze R. N., Koshechkin B. I., Pushenko M. Ya., Rybalko A. E., Spiridonov M. A., Subetto D. A., Khomutova V. I.* Novye dannye po pozdneplejstotsenovoj i golotsenovoj istorii Ladozhskogo ozera // *Izv. RGO*. 1996. T. 128, vyp. 2. S. 12—21.
- [3] *Biske G. S.* Chetvertichnye otlozheniya i geomorfologiya Karelii // Petrozavodsk: Gosizdat KASSR, 1959. 307 s.
- [4] *Verzilin N. N., Klejmenova G. I.* K voprosu o problemakh ponimaniya Ladozhskoj transgressii i obrazovaniya reki Neva // *Izv. RGO*. 2012. T. 144, vyp. 4. S. 33—41.
- [5] *Gerasimov D. V., Subetto D. A.* Istoriya Ladozhskogo ozera v svete arkheologicheskikh dannyx // *Izv. RGPU im. Gertsena*. 2009. № 106. S. 37—49.
- [6] *Gusentsova T. M., Sapelko T. V., Ludikova A. V., Kul'kova M. A., Ryabchuk D. V., Sergeev A. Yu., Kholkina M. A.* Arkheologiya i paleogeografiya stoyanki podol'e v yuzhnom Priladozh'e // *Arkheologiya ozernykh poselenij IV—II tys. do n. e.: khronologiya kul'tur i prirodno-klimaticheskie ritmy: Materialy Mezhdunar. konf. SPb.*, 2014. S. 127—130.
- [7] *Davydova N. N.* Sostav i usloviya formirovaniya diatomovykh kompleksov v poverkhnostnom sloe donnykh otlozhenij Ladozhskogo ozera // *Rastitel'nye resursy Ladozhskogo ozera*. L.: Nauka, 1968. S. 131—174.
- [8] *Davydova N. N.* Diatomovye vodorosli v poverkhnostnom sloe donnykh otlozhenij Onezhskogo ozera // *Rastitel'nyj mir Onezhskogo ozera*. L.: Nauka, 1971. S. 140—166.
- [9] *Davydova N. N.* Diatomovye vodorosli — indikatory prirodnykh uslovij vodoemov v golotsene. L.: Nauka, 1985. 244 s.
- [10] *Davydova N. N., Trifonova I. S.* Diatomei planktona i donnykh otlozhenij i sodержanie khlorofilla v osadkakh dvukh raznotipnykh ozer Karel'skogo pereshejka // *Bot. zhurn.* 1979. T. 64, № 8. S. 1174—1183.
- [11] *Diatomovye vodorosli SSSR (iskopaemye i sovremennye)*. T. 1. L.: Nauka, 1974. 403 s.
- [12] *Istoriya Ladozhskogo, Onezhskogo, Pskovsko-Chudskogo ozer, Bajkala i Khanki* / Pod red. D. D. Kvasova, G. G. Martinsona, A. V. Raukasa. L.: Nauka, 1990. 280 s.
- [13] *Klejmenova G. I., Sevast'yanov D. V.* Rol' kompleksnogo paleogeograficheskogo analiza dlya rekonstruktsii osobennostej evolyutsii ozer i landshaftov severo-zapadnogo Priladozh'ya v golotsene // *Vestn. SPbGU*. 1995. Seriya 7. Geologiya, geografiya, vyp. 3. S. 68—79.
- [14] *Koshechkin B. I., Ekman I. M.* Golotsenovye transgressii Ladozhskogo ozera // *Evoljutsiya prirodnykh obstanovok i sovremennoe sostoyanie geosistemy Ladozhskogo ozera* / Pod red. N. N. Davydovoj, B. I. Koshechkina. SPb., 1993. S. 49—60.
- [15] *Kul'kova M. A., Kozin H. A., Murashkin A. I., Gerasimov D. V., Yushkova M. A.* Geoekologicheskie osobennosti neoliticheskoy stoyanki Ust'-Rybezha 1 // *Geologiya, geoekologiya, evolyucionnaya geografiya*. T. IX. SPb., 2009. S. 120—126.
- [16] *Lak G. Ts., Ekman I. M.* O transgressiyakh Ladozhskogo ozera v golotsene // *Dokl. AN SSSR*. 1975. T. 222, № 1. S. 175—178.
- [17] *Ludikova A. V., Subetto D. A., Davydova N. N., Sapelko T. V., Arslanov Kh. A.* Kolebaniya urovnya Ladozhskogo ozera v golotsene (na osnove paleolimnologicheskikh issledovanij oz. Svyatogo Sergiya na o-va Putsaari) // *Izv. RGO*. 2005. T. 137, vyp. 6. S. 34—41.
- [18] *Malakhovskij D. B., Arslanov Kh. A., Gej N. A., Dzhinoridze R. N., Kozyreva M. G.* Novye dannye po golotsenovoj istorii Ladozhskogo ozera // *Evoljutsiya prirodnykh obstanovok i sovremennoe sostoyanie geosistemy Ladozhskogo ozera* / Pod red. N. N. Davydovoj, B. I. Koshechkina. SPb., 1993. S. 61—73.
- [19] *Malakhovskij D. B., Arslanov Kh. A., Gej N. A., Dzhinoridze R. N.* Novye dannye po istorii vozniknoveniya Nevy // *Evoljutsiya prirodnykh obstanovok i sovremennoe*

- sostoyanie geosistemy Ladozhskogo озера / Pod red. N. N. Davydovoj, B. I. Koshech-
kina. SPb., 1993. S. 74—84.
- [20] Markov K. K., Poretskij V. S., Shlyapina E. V. O kolebaniyakh urovnya Ladozhskogo i
Onezhskogo озер v poslednikovoe vremya // Tr. Kom. po izuch. chetvertichn. perio-
da. 1934. Vyp. 5. S. 71—129.
- [21] Markov K. K. Poslednikovaya istoriya yugo-vostochnogo poberezh'ya Ladozhskogo
озера // Vopr. geografii. 1949. Sb. 12. S. 213—220.
- [22] Subetto D. A. Istoriya formirovaniya Ladozhskogo озера i ego soedineniya s Baltijs-
kim morem // Terra Humana. 2007. N 1. S. 111—120.
- [23] Subetto D. A., Sapelko T. V., Kuznetsov D. D., Ludikova A. V., Dolukhanov P. M., Za-
itseva G. I. Istoriya formirovaniya stoka iz Ladozhskogo озера: novye paleolimnolo-
gicheskie dannye // Radiouglerod v arkheologicheskikh i paleoekologicheskikh issle-
dovaniyakh: Materialy konf. SPb.: Teza, 2007. S. 381—403.
- [24] Dolukhanov P. M., Subetto D. A., Arslanov Kh. A., Davydova N. N., Zaitseva G. I.,
Djinoridze E. N., Kuznetsov D. D., Ludikova A. V., Sapelko T. V., Savelieva L. A. The
Baltic Sea and Ladoga Lake transgressions and early human migrations in North-wes-
tern Russia // Quatern. Int. 2009. Vol. 203. P. 33—51.
- [25] Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa /
Ed. by H. Ettl, J. Gerloff, H. Heying, D. Mollenhauer. Band 2/1—4. Stuttgart: G. Fis-
cher Verlag, 1986—1991.
- [26] Saarnisto M., Grönlund T. Shoreline displacement of Lake Ladoga — new data from
Kilpolansaari // Hydrobiol. 1996. Vol. 322. P. 205—215.

Изв. РГО. 2015. Т. 147, вып. 4

ПРОИСХОЖДЕНИЕ И ВОЗРАСТ «ВОДОРАЗДЕЛЬНЫХ ПЕСКОВ» ЕНИСЕЙСКОГО СЕВЕРА

© Е. А. ГУСЕВ,^{1*} А. Н. МОЛОДЬКОВ,^{2**} Н. Ю. АНИКИНА,^{3***} Л. Г. ДЕРЕВЯНКО^{4***}

* ВНИИОкеангеология им. И. С. Грамберга, Санкт-Петербург

** Таллиннский технологический университет, Эстония

*** Центральная горно-геологическая лаборатория, Сыктывкар

E-mail: ¹ gus-evgeny@yandex.ru

² anatoli.molodkov@ttu.ee

³ anikinanadya@mail.ru

⁴ luda_derevyanko@mail.ru

Водораздельные пространства на севере Западной Сибири характеризуются развитием грядо-
вого и холмистого рельефа. Холмы и гряды обычно сложены слоистыми или массивными по струк-
туре песками с рассеянными каменными обломками. Большую роль в формировании водораздель-
ных ландшафтов сыграла дефляция, приведшая к выдуванию мелких алевроито-глинистых частиц
из приповерхностных отложений и накоплению каменных обломков, покрывающих поверхность
гряд сплошным плащом. Водораздельные пески Енисейского севера не имеют стратиграфического
значения и представлены выходами на дневную поверхность отложений различного возраста и ге-
незиса. Изучены среднеолейстоценовые и позднеолейстоценовые аллювиальные и морские
песчаные толщи, обнажающиеся как на водораздельных пространствах, так и в долинах рек. Мно-
гие холмистые и грядовые формы рельефа являются останцами и обязаны своим происхождением
процессам выветривания.

Ключевые слова: песчаные отложения, водоразделы, формы рельефа, гряды, Енисейский
север.