

Т. С. Шелехова

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ОЗЕРА ПЕРТОЗЕРО В ЮЖНОМ ПРИОНЕЖЬЕ (ПО ДАННЫМ ДИАТОМОВОГО АНАЛИЗА)

Озеро расположено в юго-западной части побережья Онежского озера ($60^{\circ} 44'$ с. ш., $35^{\circ} 50'$ в. д.) на абс. отм. 95,8 м (рис. 1), у проксимального склона конечно-моренной гряды Лужской стадии. Рядом с ним с дистальной стороны этой же гряды находится оз. Горнозеро (абс. отм. 95 м). Из органогенных слоев алевритов последнего с гл. 570 см получена радиоуглеродная датировка 1100 ± 230 (ЛЕ-6528) (Демидов, 2005). Датированные осадки залегают на двухметровой толще песчанистых алевритов и метровой – ленточных глин, которые накапливались около 12 500 лет назад в Онежском приледниковом озере (ОПО).



Рис. 1. Онежское приледниковое озеро и положение изученных разрезов

Накопление алевритов соответствует времени начала самостоятельного развития Горнозера. Изуче-

ние керн донных отложений расположенного рядом Пертозера позволило определить начало его формирования и время завершения таяния мертвых льдов на прилегающей территории.

Материалы и методика исследований

Материалом для данных исследований послужил керн озерных отложений, полученный из скважины, пробуренной из сплавины озера. В разрезе мощностью 400 см снизу вверх отложения представлены следующими осадками:

670–617 см – сильно опесчаненные светло-коричневые алевриты с гравием;

617–551 см – те же алевриты или алевритистые глины, но более серого цвета;

551–550 см – прослойка разноразмерного песка;

550–450 см – серый гомогенный алеврит;

450–400 см – серый алеврит с большим количеством волосовидных растительных остатков;

400–352 см – алеврит коричневатого цвета с редкой примесью волосовидных растительных остатков и гидротроиллитом;

352–347 см – прослойка органики с растительными остатками;

347–290 см – сапропель, с гл. 320 см, вероятно, диатомовый;

290–260 см – торфянистый сапропель.

На диатомовый анализ было изучено 35 образцов с интервалом 10 см; с гл. 370 до 320 см образцы отсутствуют. Анализ проводился по стандартным методикам (Диатомовые водоросли, 1974). Экологические характеристики видов получены из различной справочной литературы: Диатомовые водоросли, 1951; Давыдова, 1985; Mölder, Tynni, 1967–1973; Tynni, 1975–1980, выполнены реконструкции pH-среды с помощью формулы (по: Renberg, Hellberg, 1982). В систематическом списке насчитывается 116 видов и разновидностей пресноводной диатомовой флоры из 24 родов, а также 7 морских видов и один вид силикофлагеллят, которые, вероятно, переотложены. Диатомовая флора обнаружена не по всему разрезу, что указывает на перерывы в ее развитии. Численность створок низкая, в одном из образцов насчитывается

всего 54 таксона, что не позволяет сделать вполне обоснованные выводы. С гл. 670 до 400 см встречаются сильно фоссилизированные обломки морских диатомей и силикофлагеллят. Достаточно для обоснований количество створок выявлено лишь с гл. 320–310 см, когда накапливался торфянистый сапропель. Но, несмотря на это, используя весь фактический материал и сопоставляя его с

данными спорово-пыльцевого анализа, а также радиоуглеродной датировкой, по диатомовой флоре в разрезе выделено шесть этапов развития водоема, некоторые из них разделены на фазы – диатомовые зоны (DZ). По результатам анализа построена диатомовая диаграмма (рис. 2), на рис. 3 приводятся эколого-географическая характеристика диатомовой флоры и pH-спектр.

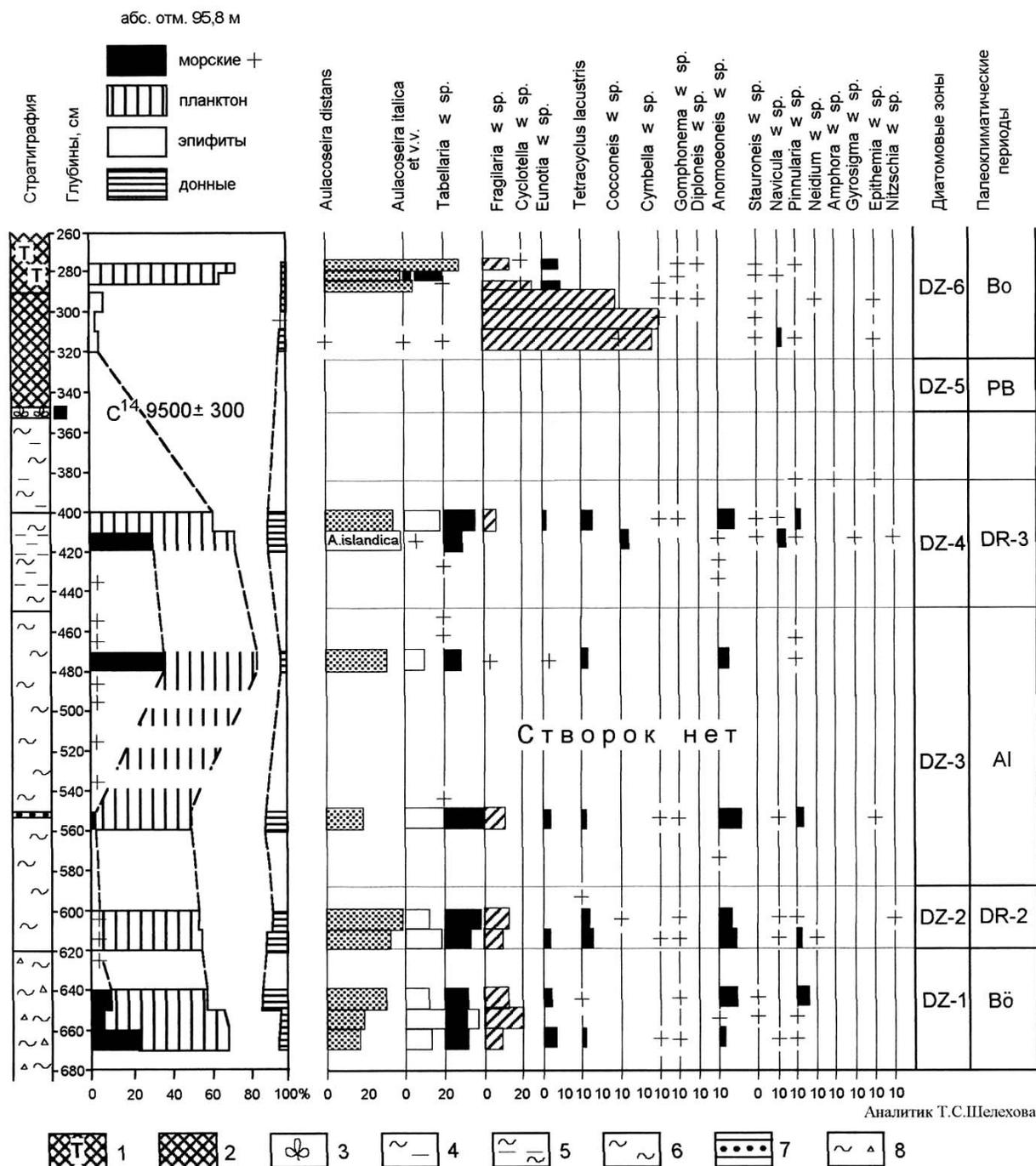


Рис. 2. Диатомовая диаграмма озерных отложений разреза Пертозеро:

1 – торфянистый сапропель; 2 – диатомовый сапропель; 3 – слой органики с растительными остатками; 4 – однородный коричневый алеврит с редкими волосовидными остатками и гидротроиллитом; 5 – однородный коричневый алеврит с большим количеством волосовидных растительных остатков; 6 – серый однородный алеврит; 7 – прослойка мелкозернистого песка; 8 – сильно опесчаненные светло-коричневые алевриты с гравием

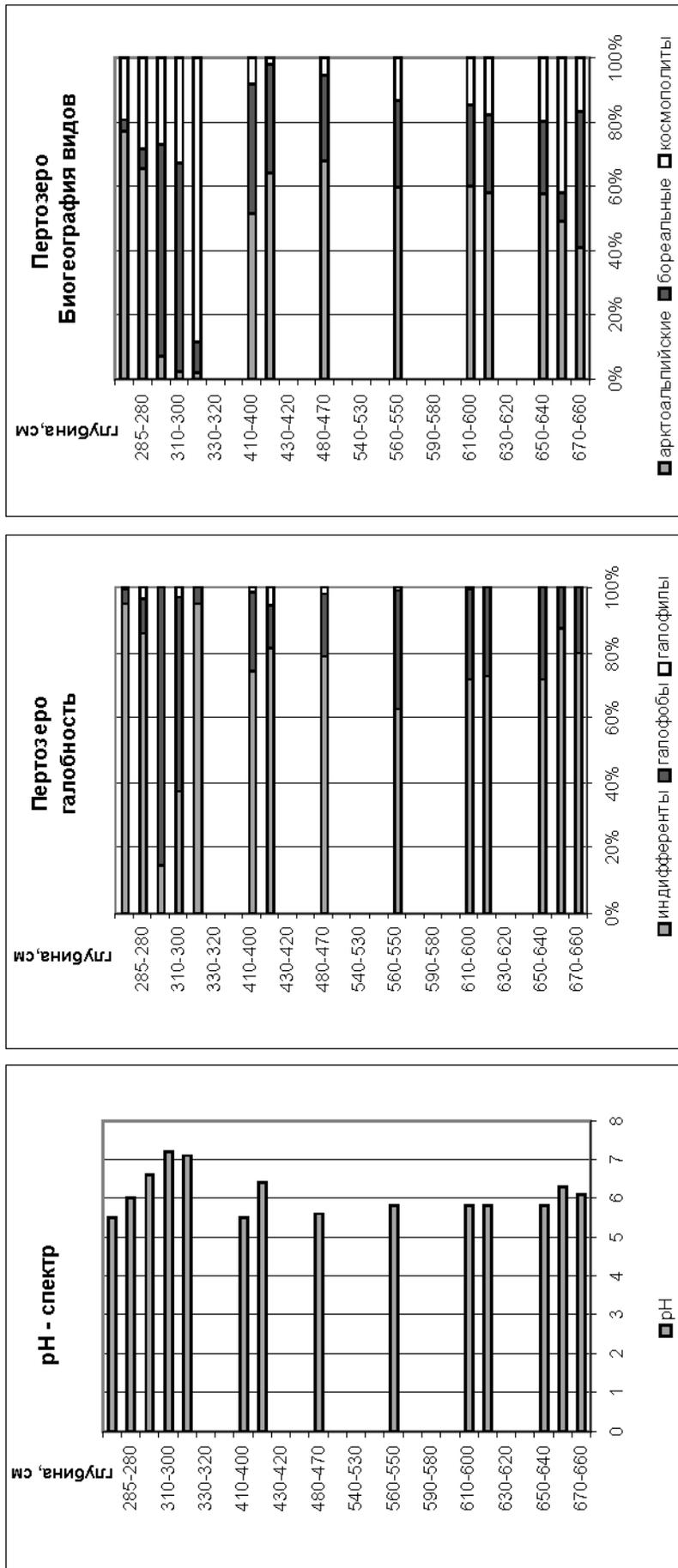


Рис. 3. Эколого-географическая характеристика диатомовой флоры и рН-спектр донных отложений оз. Пертозеро

Результаты и обсуждение

Для реконструкции развития водоема использовались ранее полученные данные по истории развития Онежского озера с начала деградации последнего оледенения (Демидов, 2006). Установлено, что освобождение водосборного бассейна Онежского озера от материкового льда, в пределах которого находится исследуемый водоем, началось в интерстадиале бёллинг. Изучение ископаемой диатомовой флоры позволило выявить ее особенности и получить дополнительные сведения о составе комплексов в позднеледниковье.

I этап – DZ 1 (680–620 см) – время накопления сильно опесчаненных, светло-коричневых алевролитов с гравием. Диатомовая флора в количестве 126, 55 и 159 створок соответственно обнаружена лишь в трех образцах в интервале гл. 670–640 см. Из них 10–20% составляют морские: *Paralia sulcata* (Ehr.) Cl., *Paralia sulcata* var. *crenulata* Grün., *Coscinodiscus* spp. Ehr. Кроме этого, необходимо отметить значительное присутствие водорослей *Pediastrum*: *Pediastrum kawraiski* Schmidle, *P. boryanum* var. *boryanum* (Turp.) Menegh., *P. boryanum* var. *longicorne* Reinsch., *P. borianum* var. *perforatum* (Racib.) Nit., *P. boryanum* var. *cornutum* (Racib.) Sulek., *P. boryanum* var. *caribbeanum* Comas, *P. borianum* var. *pseudoglabrum* Parra., *P. integrum* Nag., *P. duplex* Meyen, *P. duplex* var. *rugulosum* Racib., *P. subgranulatum* (Racib.) Komarek, *P. orientale* (Skuja) Jankovska et Komarek. Пресноводная флора данного этапа представлена арктоальпийскими и бореальными видами, составляющими 60–80%, индифферентами по отношению к солености и ацидофилами, развивающимися в слабослой среде (pH 5,8–6,3). Главным образом это планктонные рода *Aulacoseira* (*A. islandica*, *A. italica*, *A. distans*); из обрастателей – *Eunotia* sp., *Tabellaria flocculosa*, *Fragilaria* spp. Выявленная пресноводная флора хорошей сохранности, в то время как морские большей частью встречены в обломках, что может свидетельствовать об их перетолжении с поступающими в водоем тальными водами во время потепления климата в интерстадиале бёллинг.

II этап – DZ-2 (гл. 620–590 см) – накопление серых алевролитистых глин. Незначительное количество створок диатомовой флоры обнаружено только на гл. 620–600 см. Единично и в обломках встречаются переотложенные морские диатомеи, многочисленны водоросли *Pediastrum* (*P. boryanum*, *P. kawraiski*, *P. boryanum* var. *caribbeanum*). По-прежнему среди пресноводных доминируют холодолюбивые арктоальпийские и бореальные виды (более 80%), индифференты и галофобы по отношению к солености, которые развивались в условиях слабослой среды при pH 5,8. Это планктонные рода *Aulacoseira* (*A. distans*, *A. italica* et var. var.), характерные для первого этапа, а также обрастатели *Tabellaria fenestrata* + *flocculosa*, *Tetracyclus lacustris*, *Fragilaria* spp., *Eunotia* spp. и донные *Anomoeoneis serians* var. *brachysira*, *A. exilis*, *A. follis*. Единично представлены створки *Cymbella* sp., *Neidium* sp., *Navicula* sp., *Pinnularia* sp., *Gomphonema* sp. Комплекс развивался в

холодных условиях при недостатке кислорода. Низкая численность створок и незначительное количество переотложенных морских диатомей, вероятно, могут указывать на снижение притока тальных вод в более холодных условиях раннего дриаса, по сравнению с бёллингом.

III этап – DZ-3 (гл. 590–450 см) – накопление массивной глины. В этом слое ископаемые диатомовые водоросли практически отсутствуют. Небольшое количество створок обнаружено с перерывом лишь в двух образцах, с гл. 560–550 см и 480–470 см. Выявлены обломки морских диатомей, которые можно было определить: *Grammatophora marina* (Lyngb.) Kutz., *Paralia sulcata* var. *crenulata* Grün., силикофлагеллята *Distephanus speculum* (Ehr.) Hack., а также неопределимые обломки, составившие в сумме до 40% (рис. 2). Пресноводный диатомовый комплекс довольно скуден, преобладают по-прежнему планктонные *Aulacoseira* spp., обрастатели *Fragilaria* spp., *Tabellaria flocculosa*, *Tetracyclus lacustris*, *Eunotia* spp. Условия среды (pH) практически не изменились, численность арктоальпийских и бореальных видов увеличилась и составила более 90%. Примерно в два раза выросла доля галофобов, предпочитающих низкую минерализацию воды. Данные факты вместе с низким числом створок и их отсутствием во многих образцах позволяют предположить, что поступление холодных вод и недостаток в них кислорода препятствовали развитию диатомовой флоры. Некоторые морские диатомеи и силикофлагеллята *Distephanus speculum* (Ehr.) Hack. были обнаружены ранее в отложениях аллереда разреза «Лайнозеро», который находится примерно на той же широте (рис. 1) (Шелехова, 2003). Немногочисленные их находки выявлены также в одновозрастных отложениях Онежского озера (Давыдова и др., 1998, с. 153), которые, по мнению автора, «свидетельствуют об активном процессе размыва морских межледниковых осадочных толщ миклулинского моря в период аллередского потепления». Низкая численность створок, значительное количество переотложенных морских диатомей, силикофлагеллят дают основание предполагать, что накопление массивной глины происходило в аллереде, относительно теплые условия которого способствовали расконсервации «мертвых» льдов, поставляющих в водоем холодные тальные воды, а в результате усиления эрозионных процессов вместе с водой в озеро переотлагались створки морских диатомей.

IV этап – DZ-4 (гл. 450–400 см) – время накопления коричневых алевролитов с большим количеством волосовидных растительных остатков. В этом интервале только два образца (гл. 420–410 и 410–400 см) содержат створки диатомей, численность которых невысокая, а доля морских достигает 30%. Выделение этой зоны основано на изменении в составе диатомового комплекса. В образце с гл. 420–410 см среди планктонных доминирует *Aulacoseira islandica* – холодолюбивый арктоальпийский вид, который выше был вытеснен *Aulacoseira distans*. Среди пресноводных по-прежнему господствовали арктоальпий-

ские и бореальные виды, составляя 90–96% от общего состава флоры, – индифференты и галофобы, развивающиеся в слабокислой среде (рН 6,4–5,5) при низкой минерализации вод. Необходимо отметить несколько повышенное содержание по сравнению с другими этапами видов родов *Cocconeis* sp., *Navicula* sp., а также присутствие *Gyrosigma* sp., *Epithemia* sp. Они были обнаружены в отложениях позднего дриаса разреза «Лайнозеро». В это время диатомовая флора Лайнозера развивалась в щелочной среде и при более высокой минерализации вод, чем в Пертозере, что, вероятнее всего, связано с характером размываемых осадочных отложений. Сопоставив ряд фактов, а именно: появление холодолюбивой *Aulacoseira islandica*, наличие переотложенных морских диатомей, присутствие идентичных видов, обнаруженных в Лайнозере в отложениях позднего дриаса, можно предположить, что диатомовая флора этапа характеризует отложения середины позднего дриаса, когда наметилось некоторое потепление климата и вновь усилились процессы эрозии. Отсутствие образцов с глубины 400–350 см, во время накопления коричневатых алевритов с редкими включениями волосовидных растительных остатков, не позволяет дать характеристику последней фазе, возможно принадлежащей ко второй половине позднего дриаса.

V этап – DZ-5 (гл. 350–290 см) – накопление слоя органики, в дальнейшем переходящего в сапропели. Этап отличается существенными изменениями в составе диатомового комплекса и ростом численности диатомей. В отложениях полностью исчезают морские формы. Некоторые виды уродливы и корродированны (*Navicula laterostrata*, *Fragilaria construens*). Резко возрастает доля обрастателей рода *Fragilaria* sp. (до 86,4%), планктонные и донные формы встречаются в образцах единично (на рис. 2 обозначены знаком +). За счет *Fragilaria* возросла доля космополитов и индифферентов, повысились значения рН до 7,1–7,2. Очень разнообразны *Pediastrum* (*Pediastrum kawraiski*, *P. boryanum* var. *boryanum*, *P. boryanum* var. *perforatum*, *P. boryanum* var. *caribbeanum* Comas, *P. duplex* var. *rugulosum*, *P. subgranulatum*). Накопление органогенных отложений, увеличение численности створок, возрастание доли космополитов и снижение арктоальпийских, рост обрастателей – все эти факты указывают на существенное снижение уровня водоема и потепление климата, характерное для пребореального периода, и подтверждаются данными спорово-пыльцевого анализа (Лаврова, 2005). Но выше по разрезу, начиная с глубины 350–340 см, возможен перерыв в осадконакоплении, захватывающий пребореальное время. Это подтверждает и радиоуглеродная датировка, полученная с гл. 352–347 см C¹⁴, – 9500 ± 300 лет назад. В образце с гл. 320–310 см обнаружен редкий вид *Fragilaria inflata* + var. *istvanffy* (Pant.) Hust., который в Лайнозере появился с позднего дриаса, а в Пертозере его развитие началось в пребореале.

VI этап – DZ-6 (гл. 285–260 см) – накопление торфянистого сапропеля, в котором состав диатомового комплекса вновь резко меняется. Численность створок возрастает. Преобладают планктонные *Aulacoseira* (*A. islandica*, *A. distans*, *A. distans* var. *lyrata*), встречаются *Cyclotella stelligera*. Среди обрастателей доминируют *Fragilaria* spp., *Eunotia* spp.; донные *Navicula* sp., *Stauroneis* sp., *Pinnularia* sp. представлены единично. Необходимо отметить также присутствие *Pediastrum kawraiski*, *P. boryanum* var. *boryanum*. Состав комплекса указывает на снижение значений рН от нейтральных к слабокислым (6,0–5,5). В начале этапа полностью господствовали галофобы и ацидофилы – 60–82% (рис. 3), а также арктоальпийские виды (62–68%). Все это позволяет говорить о развитии процессов заболачивания и накоплении торфянистых сапропелей в бореале. В начале бореала процессы заболачивания территории стали отражаться и в диатомовой флоре Лайнозера.

К сожалению, самые молодые отложения голоцена с гл. 285 до 200 см, соответствующие временному интервалу в 9 тыс. календарных лет, на анализ не отбирались, поэтому дать им характеристику не представляется возможным.

Выводы

Около 12 300 лет назад произошло открытие стока через р. Свирь (Демидов, 2004, 2005; Saarnisto, Saarinen, 2001), в результате которого уровень ОПО упал со 106 м до 90–80–75 м. В основании разреза «Горнозеро», расположенного рядом с исследуемым водоемом примерно на той же абсолютной отметке, залегают ленточные глины, в Пертозере – сильно опесчаненные алевриты с гравием, которые, вероятно, фиксируют размыв отложений во время падения уровня ОПО при открытии Свири и изоляцию Пертозера от Онеги около 12 300 лет назад, т. е. в бёллинге.

Таким образом, историю развития оз. Пертозеро по вскрытым скважинам отложениям можно разделить на шесть этапов, в которых выделяется шесть диатомовых зон (DZ), соответствующих палеоклиматическим периодам и фазам от бёллинга до бореального времени. На ранних этапах развития водоема (бёллинг – поздний дриас) в него в пульсирующем режиме поступали холодные талые воды, вместе с которыми выносились и переотлагались флора морских диатомей и силикофлагеллят, встречающихся в разрезе в очень узких интервалах на гл. 680–400 см вплоть до конца позднего дриаса. Можно предполагать, что к этому времени практически завершилось таяние глыб мертвого льда, поэтому переотложенные створки в вышележащих осадках встречаются лишь единично. Минерализация поступающих вод была минимальна. Непрерывно и массово диатомовая флора стала развиваться в голоцене, в начале бореала, когда произошло резкое обмеление водоема, а освободившиеся пространства заболачивались, что под-

тверждается составом диатомовой флоры и типом отложений. Это могло быть связано с падением уровня Онежского озера и усилением процессов эрозии.

Переотложенные створки диатомовых водорослей отмечаются в осадках озер Пертозеро и Лайнозеро вплоть до пребореального времени, хотя в последнем массовое переотложение заканчивается к первой половине позднего дриаса, а в Пертозере – в конце позднего дриаса – начале пребореала. Таким образом, можно предположить, что мертвый лед на более высоких участках – около оз. Лайнозеро (абс. отм. 220 м) – растаял раньше, в начале позднего дриаса, а в пониженных – Пертозеро (абс. отм. 90 м) – позже – в конце позднего дриаса – начале пребореала.

Данные палинологического анализа озер Горнозеро и Пертозеро подтверждают это предположение. Отложения позднеледникового в них насыщены пере-

отложенной пылью, также указывая на процессы размыва.

Редкий вид *Fragilaria inflata* + *var. istvanffyi* (Pant.) Hust., ранее обнаруженный в Лайнозере с позднего дриаса, в Пертозере начинает развиваться в бореале, что также говорит о более позднем развитии флоры в последнем.

На основании изложенного можно заключить:

1. Диатомовые комплексы позднеледникового характеризуются незначительными изменениями в составе пресноводной флоры и более резкими колебаниями процентного содержания переотложенных морских форм, указывая на неравномерное поступление их в водоемы.

2. Таяние массивов мертвого льда в пониженных участках рельефа заканчивается в конце позднего дриаса – начале пребореала.

3. Массовое развитие диатомовой флоры начинается в бореальное время.

ЛИТЕРАТУРА

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

Давыдова Н. Н., Хомутова В. И., Демидов И. Н. Позднеплейстоценовая история Онежского озера // История плейстоценовых озер Восточно-Европейской равнины. СПб., 1998. С. 147–162.

Демидов И. Н. Донные отложения и колебания уровня Онежского озера в позднеледниковье // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 7. Петрозаводск, 2004. С. 207–218.

Демидов И. Н. Деграция поздневалдайского оледенения в бассейне Онежского озера // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 8. Петрозаводск, 2005. С. 134–142.

Демидов И. Н. О максимальной стадии развития Онежского приледникового озера, изменениях его уровня и гляциоизостатическом поднятии побережий в позднеледниковье // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 9. Петрозаводск, 2006. С. 171–182.

Диатомовые водоросли. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 4. М., 1951. 619 с.

Диатомовые водоросли СССР. Ископаемые и современные. Т. 1. Л., 1974. 403 с.

Лаврова Н. Б. Развитие растительности бассейна Онежского озера в ходе деградации последнего оледенения

// Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 8. Петрозаводск, 2005. С. 143–148.

Шелехова Т. С. Эволюция малых озер юго-восточной Карелии в позднеледниковье и голоцене (по данным диатомового анализа) // Теоретические и прикладные проблемы современной лимнологии: Материалы научно-практической конференции (Минск, 20–24 окт. 2003 г.). Минск, 2003. С. 179–181.

Mölder K., Tynni R. Über Finnlands rezente und subfossile Diatomeen. I-VII. Bull. Geol. Soc. Finland. 39: 199–217 (1967); 40: 151–170 (1968); 41: 235–251 (1969); 42: 129–144 (1970); 43: 203–220 (1971); 44: 141–149 (1972); 45: 159–179 (1973).

Renberg I., Hellberg T. The pH history of Lakes in Southwestern Sweden, as calculated from subfossil diatom flora of the sediments // Ambio. 1982. Vol. 11, N 1. P. 30–33.

Saarnisto M., Saarinen T. Deglaciation chronology of the Scandinavian Ice Sheet from the Lake Onega basin to the Salpausselkyä End Moraine // Global and Planetary Changes. 31. Elsevier Science. 2001. P. 333–405.

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