

ПАЛЕОЛИМНОЛОГИЯ

УДК 551.8:556.55 (1–924.14/.16)

ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОЗЕРООБРАЗОВАНИЯ НА АНДОМСКОЙ ЛЕДРАЗДЕЛЬНОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

Т. С. Шелехова, Н. Б. Лаврова

Институт геологии КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», Петрозаводск, Россия

Представлены результаты комплексных исследований позднеледниковых и голоценовых озерно-болотных отложений на территории Андомской ледораздельной возвышенности, расположенной в зоне сочленения Фенноскандинавского кристаллического щита и Русской плиты. Приведено описание геоморфологического строения района исследований. Согласно полученным данным, формирование озера на месте нынешнего болота началось только в аллереде, то есть значительно позднее освобождения территории от поздневалдайского ледника. Такое запаздывание было обусловлено спецификой ранних стадий дегляциации с образованием массивов и глыб мертвого льда. Таяние стагнированного льда продолжалось вплоть до бореального времени. В изученном праводоеме в позднеледниковье и пребореале накапливались терригенные осадки. Резкая смена их органическими отложениями зафиксирована около 7700 л. н. Установлено, что отложения бореального времени, вероятно, были полностью размыты вследствие окончательного таяния глыбы мертвого льда, подпруживавшей водоем. Снижение уровня воды в нем привело к зарастанию и дальнейшему заторфовыванию котловины. Развитие растительного покрова существенно запаздывало относительно времени отступления ледника в связи с длительным существованием массивов мертвого льда. Выполнена реконструкция динамики растительности с позднеледниковья до современности. В позднеледниковье территорию исследования занимали тундровые ерnikово-зеленомошные палеосообщества. В пребореале появились березовые редколесья, сменившиеся березовыми редкостойными лесами. В начале атлантического времени на изучаемой территории произрастали березовые, а затем березово-еловые южнотаежные леса. Похолодание климата на границе атлантического и суббореального времени привело к распространению еловых и елово-сосновых среднетаежных лесов. К концу субатлантического периода возросла роль березы.

Ключевые слова: спорово-пыльцевой анализ; диатомовый анализ; донные отложения; динамика растительности; палеогеография; позднеледниковье; голоцен; Восточная Фенноскандия.

T. S. Shelekhova, N. B. Lavrova. PALEOGEOGRAPHIC CONDITIONS OF LAKE FORMATION ON ANDOMA ICE-DIVIDE UPLAND

The results of an integrated study of Late Glacial and Holocene lake-mire deposits on Andoma Ice-divide Upland, located in the Fennoscandian Crystalline Shield-Russian

Plate contact zone, are reported. The geomorphological structure of the study area is described. The data obtained show that it was not until the Alleröd, i. e. much later than the Late Valdai glacier had retreated from the study area, that a lake began to form in what is now a mire. This delay was due to some distinctive features of the early deglaciation stages at which dead ice blocks and massifs were formed. The stagnated ice continued to melt until Boreal time. Terrigenous sediments accumulated in the proto-lake in Late Glacial and Preboreal time. They were rapidly succeeded by organic deposits about 7700 B. P. Boreal deposits are assumed to have been completely eroded after the dead ice block damming the lake had completely thawed. As the water level of the lake declined, the lake basin began to get overgrown and peat formation continued. The plant cover development lagged much behind the glacial retreat because dead ice massifs persisted for a long time. The vegetation dynamics from Late Glacial time to the present has been reconstructed. In Late Glacial time, the study area was occupied by tundra dwarf arctic birch-true moss paleocommunities. Open birch woodland, succeeded by sparse birch forests, formed in Preboreal time. Birch forests, succeeded by birch-spruce south-taiga forests, grew in the study area in early Atlantic time. As the climate cooled down at the Atlantic-Subboreal time boundary, spruce and spruce-pine mid-taiga forests began to spread. The contribution of birch increased by the end of the Subatlantic Period.

Key words: spore-and-pollen analysis; diatom analysis; bottom sediments; vegetation dynamics; paleogeography; Late Glacial time; Holocene; Eastern Fennoscandia.

Введение

Условия озерообразования в юго-восточной Карелии и прилегающей территории представляют особый интерес в связи со спецификой ранних стадий деградации ледника. После отступления ледникового края из районов восточного сектора оледенения значительные массивы мертвого льда теряли связь с областями питания и быстро стагнировались. Карбоновый глинт мог играть значительную роль в деградации рассматриваемой территории в качестве линии отрыва мертвого льда от основной площади покровного ледника. Отчленение периферийной части ледника вдоль карбонового уступа вызывало перемещение его активного фронта в проксимальном направлении и последующие релаксационные надвижки на поля мертвого льда. В результате сложнопостроенный комплекс рельефа протягивается вдоль глинта в северо-восточном направлении через Вепсовскую и Андомскую возвышенности и Колодозерско-Кенозерские гряды. Исследование десятков озер в этих районах указывает на их зарождение только в начале голоцена, после таяния мощных массивов погребенного льда [Демидов, 2005]. Наиболее древние датировки донных отложений малых озер, указывающие на время локального таяния массивов мертвого льда, получены в бассейне озер Тамбичозеро (11 635 ± 225) и Пичозеро (10 500 ± 125) [Wohlfarth et al., 2002, 2004]. Новые палеогеографические реконструкции на основе данных спорово-пыльцевого и диатомового анализов позволили получить дополнительные сведения об особенностях образования озер для территории Андомской возвышенности.

Район исследований

В данной статье обсуждаются результаты первых палеогеографических исследований на Андомской возвышенности, расположенной в зоне сочленения Фенноскандинавского щита и Русской плиты.

Андомская ледораздельная аккумулятивно-цокольная возвышенность сформировалась на стыке Онежско-Белозерской и Воже-Лачской ледниковых лопастей Онежско-Карельского ледникового потока последнего поздневалдайского Скандинавского оледенения. Условия ее формирования и особенности строения были predetermined геологическим строением докембрийских и палеозойских образований юго-восточной окраины Фенноскандинавского кристаллического щита и глобальными изменениями климата в четвертичном периоде. После таяния ледника здесь сформировался холмисто-котловинный рельеф (рис. 1), встречаются и округлые плосковершинные платообразные холмы, морфологически весьма схожие со звонцами, озерно-ледниковые формы рельефа типа камов, но сложенные суглинистыми осадками. Значительным развитием пользуются также кольцевые и купольные диапиры, наиболее хорошо выраженные около оз. Сойдозеро, хотя вполне вероятно, что часть из них может быть отнесена к камовым холмам. В северной части Андомской возвышенности широко развита мелкохолмистая и холмисто-моренная равнина, приуроченная к склону карбонового уступа. В составе валунно-галечных фракций в морене преобладают кристаллические породы Фенноскандинавского щита – раз-

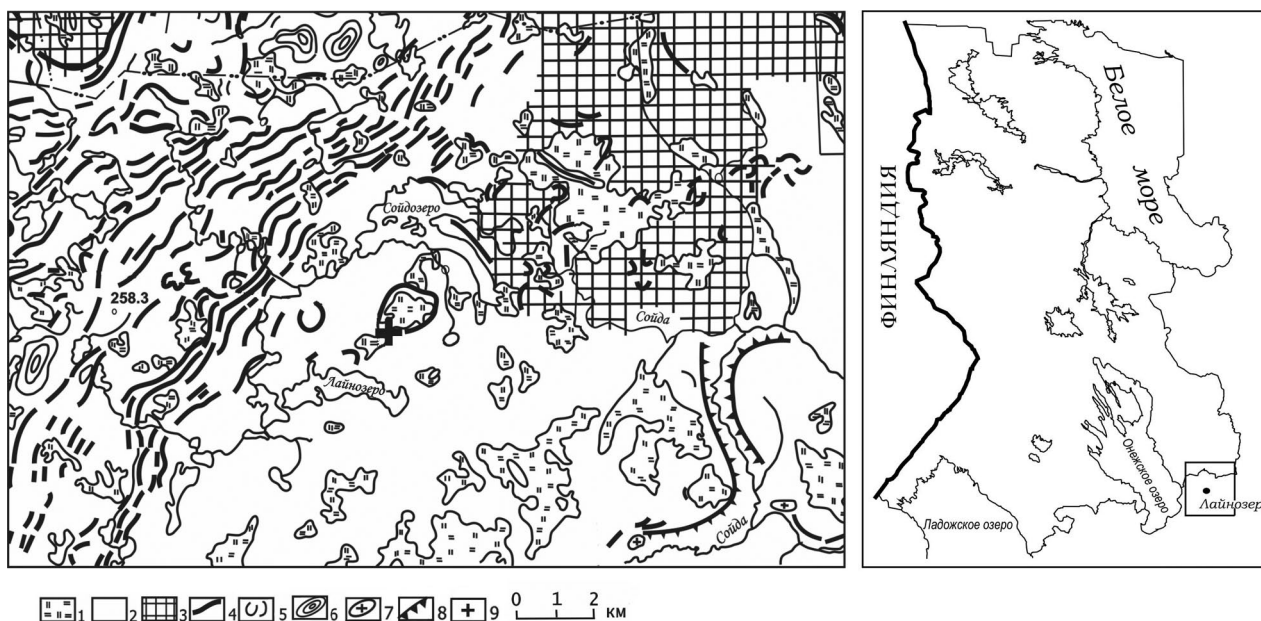


Рис. 1. Геоморфологическое строение района исследований и местоположение скважины (схема составлена с использованием материалов И. Н. Демидова, В. А. Ильина):

1 – болота, 2 – моренная равнина, 3 – холмисто-западинный моренный рельеф, 4 – конечно-моренные гряды напорных образований, 5 – кольцевые и полукольцевые гряды, купольные диапиры, 6 – звонцы, 7 – выходы коренных пород, 8 – ложбины стока талых ледниковых вод (эрозионные врезы в дочетвертичных породах), 9 – точка отбора проб

Fig. 1. Geomorphological structure of the study area and the borehole location (the scheme was compiled using the materials of I. N. Demidov and V. A. Ilin):

1 – mires, 2 – morainic plain, 3 – knob-and-kettle moraine relief, 4 – dead-ice ridges of pressure formations, 5 – circular and semi-circular ridges, domed diapirs, 6 – kame upland, 7 – rock outcrops, 8 – outwash dells (erosion potholes in the Pre-Quaternary rocks), 9 – sampling point

личные гранитоиды, а также вулканогенные и осадочные породы северного берега Онежского озера. Характерными для Андомской возвышенности формами рельефа являются также древние эрозионные врезы в дочетвертичных породах, хорошо выраженные в современном рельефе в виде долин рек Сойда, Самина, Андома, Куржекса, ручьев Гантаручей, Белый и др. При деградации оледенения они являлись ложбинами стока талых ледниковых вод. Глубина долин – 40–50 м, а мощность заполняющих их флювиогляциальных песчано-галечно-валунных отложений, местами перекрытых аллювиальными и озерно-болотными осадками, может достигать 50–70 и более метров. В долинах часто прослеживаются одна-две аккумулятивные террасы, высотой до 2–4 м, свидетельствующие о более высоких уровнях потоков. Поверхность террас иногда осложнена воронками диаметром от нескольких метров до десятков метров, вероятно гляциокарстового происхождения. Днища долин часто лишены песчано-гравийно-галечного материала и заполнены валунными полями типа курумов [Бархатова, 1941; Рихтер, 1960; Рихтер, Чикишев, 1966; Демидов, 2000]. КERN озерно-болотных отло-

жений был получен из скважины, пробуренной на окраине болота с изометричными очертаниями в виде восьмерки, окаймленного полукольцевой грядой (рис. 1).

Район исследований относится к атлантико-континентальной области умеренного климатического пояса. Преобладающий тип растительности – леса среднетаежные еловые, широко развиты болота осоково-сфагнового типа.

Материалы и методы

Материалом для исследований послужил KERN озерно-болотных отложений мощностью 6,5 м. Скважиной, пробуренной на болоте в 700 м к северу от озера Лайнозеро (61°20'50" с. ш. 37°24'40" в. д., на абс. отм. 220 м), вскрыты следующие осадки (глубина в метрах):

0,00–0,80 – сильнообводненный торф.

0,80–1,65 – торф темно-коричневого цвета с большим количеством растительных остатков.

1,65–2,08 – торф черного цвета с куском древесины на гл. 1,92 м.

2,08–2,14 – слой сапропеля с растительными остатками.

2,14–2,24 – алевриты серо-коричневого цвета, обогащенные органикой, с многочисленными остатками растений.

2,24–2,57 – алевриты светло-серого цвета с желтым оттенком и черными полосчатыми вкраплениями разложившихся органических остатков.

2,57–3,41 – гомогенные алевриты серого цвета.

3,41–3,60 – алевриты серого цвета с ярко выраженной полосчатостью в виде черных тонких прослоек органики.

3,60–3,85 – алевриты желтого цвета, пятнистые, разделенные на гл. 3,72–3,73 м прослойком черного цвета тонкозернистого песка с органикой.

3,85–3,88 – прослоек алевритов темно-желтого цвета.

3,88–4,00 – алеврит серого цвета с желтыми пятнами.

4,00–5,90 – алеврит серого цвета с заметной линейной слоистостью в виде черных тонких прослоек органики. На гл. 4,81–4,82 м выделяется тонкий прослоек песка желтого цвета.

5,90–6,23 – тонкие, почти одноцветные алевриты серо-голубоватого цвета.

6,23–6,50 – грубые ритмично-слоистые алевриты, переслаивающиеся с разнозернистыми песками. На верхнем контакте (гл. 6,23 м) прослоек грубозернистого песка.

6,50–6,90 – чередование серых глинистых слоев со светло-серыми песчанистыми с темными тонкими прожилками (вероятно, органики или тяжелых минералов).

6,90–7,00 – мелкозернистые глинистые пески.

При исследовании керн осадков использовались следующие методы: литологический, спорово-пыльцевой, диатомовый, химический, радиоуглеродный (C^{14}). После стратиграфического разделения осадков было отобрано 13 образцов на химический анализ (гл. 1,95–6,45 м). Полный силикатный анализ был выполнен по 12 элементам (окислам): SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , H_2O , п.п.п. (процент при прокаливании) методами сплавления, калориметрирования, кислотного разложения, весовым методом. С глубины 2,08–2,10 м (контакт сапропеля и торфа) получена радиоуглеродная датировка **7710 ± 60 (SU 3335)** с использованием валового органического материала и куска древесины (возраст некалиброванный). Нижняя часть колонки (гл. 7,0–6,5 м) была взята на исследование варвохронологическим методом, и ее не удалось изучить методами спорово-пыльцевого и диатомового анализов.

Техническая обработка проб на диатомовый анализ выполнена по общепринятым методикам [Диатомовые..., 1974; Давыдова, 1985], включающим выделение створок из донных осадков и приготовление постоянных препаратов. Для этого образцы дезинтегрировались и очищались от загрязнений с помощью пиррофосфорнокислого натрия с последующей отмывкой от него методом декантации. Подъем диатомей осуществлялся с помощью калиево-кадмиевой тяжелой жидкости. В качестве среды для заключения створок диатомей применяли анилин-формальдегидную смолу (показатель преломления 1,68). Створки диатомей подсчитывали по горизонтальному ряду в средней части стекла до 250 экземпляров. Идентификация диатомей по возможности производилась до вида, разновидности и формы с использованием различных источников [Mölder, Tynni, 1967–1973; Tynni, 1975–1980; Krammer, Lange-Bertalot, 1986; Генкал и др., 2015; Куликовский и др., 2016 и др.]. Экологические характеристики видов получены по: [Баринава и др., 2006], сделан подсчет соотношения видов по географическому распространению, галобности, отношению к pH. Выполнены реконструкции pH-среды [по: Renberg, Hellberg, 1982].

Обработка проб для спорово-пыльцевого анализа осуществлялась по общепринятым методикам [Пыльцевой..., 1950]. При идентификации пыльцевых зерен привлекали справочники-определители [Куприянова, Алешина, 1972, 1978; Бобров и др., 1983; Moore et al., 1991 и др.], а также эталонную коллекцию пыльцы и спор ИГ КарНЦ РАН. Спорово-пыльцевая диаграмма построена с использованием компьютерных программ TILIA-2 и TILIA GRAPH [Grimm, 1992]. Подсчет процентных соотношений проводился следующим образом: за 100 % принята сумма пыльцы древесных и кустарниковых и травянистых и кустарничковых растений, доля пыльцевых таксонов рассчитывалась от этой суммы. Содержание спор – от суммы пыльцы и спор, содержание дочетвертичных спороморф – от суммы пыльцы и дочетвертичных микрофоссилий. Примененный метод расчета позволил избежать искажения диаграмм из-за высокого содержания в озерно-болотных отложениях спор Bryales. Параллельно с палинологическим исследованием в образцах проведено видовое определение водорослей *Pediastrum* [по: Komarek, Jankovska, 2001]. Проанализировано 77 образцов, определено 85 таксонов пыльцы растений. Результаты анализа представлены на спорово-пыльцевой диаграмме (рис. 2).

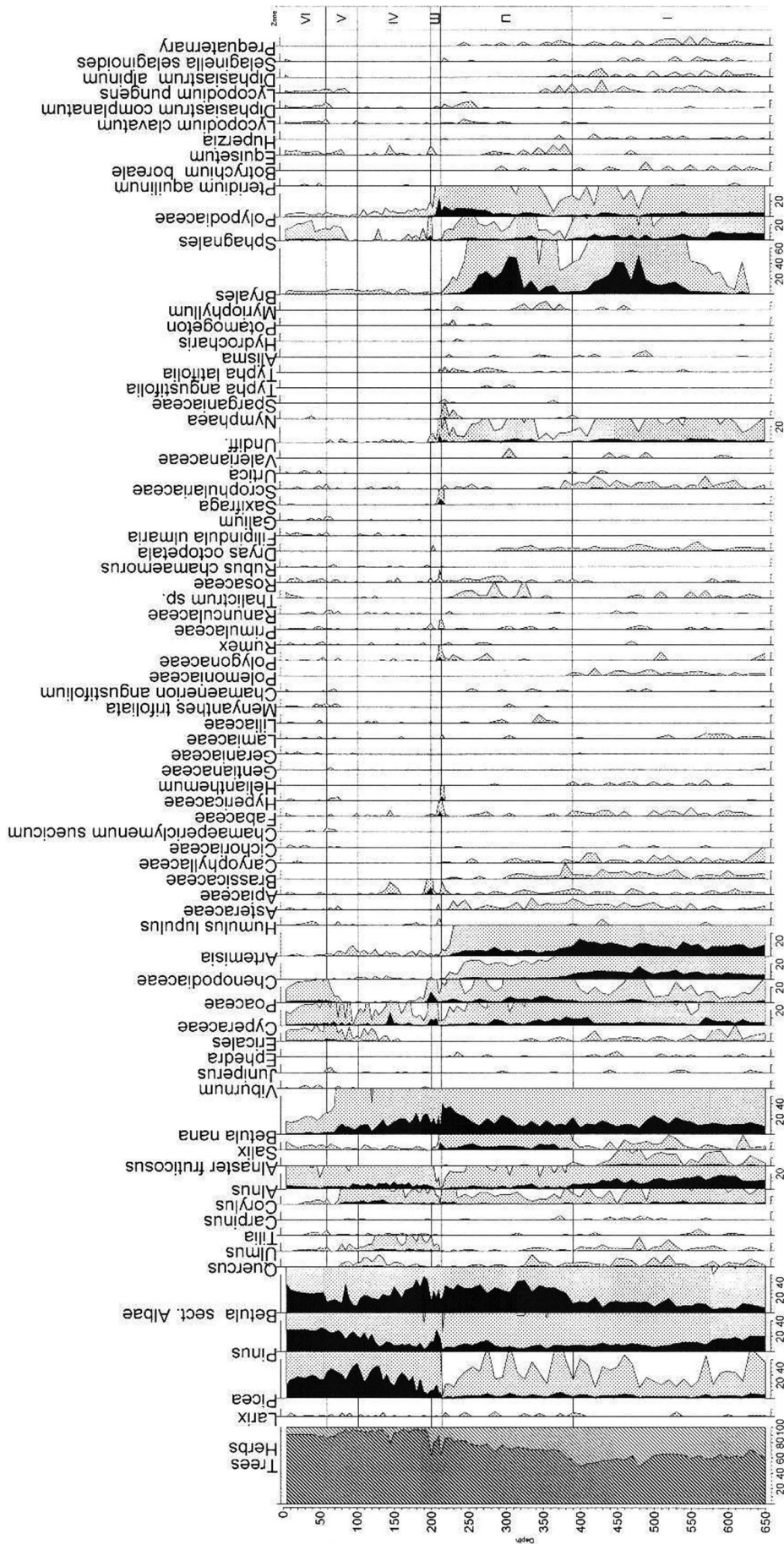


Рис. 2. Спорно-пыльцевая диаграмма скважины «Лайнозеро»

Fig. 2. Spore-and-pollen diagram of the Lainozero borehole

Результаты исследований

Спорово-пыльцевой анализ

Диаграмма достаточно четко подразделяется на три части: нижнюю, характеризующуюся высоким и стабильным содержанием пыльцы травянистых пород, среднюю – выделяющуюся увеличением вклада пыльцы древесных, и верхнюю, содержащую минимальное количество пыльцы травянистых. Особенностью диаграммы является резкое изменение в СПС на глубине 2,10 м. Еще одна характерная черта диаграммы – два продолжительных пика спор Bryales. В основу периодизации диаграммы легли биостратиграфические схемы позднеледникового и голоцена [Хотинский, 1977; Елина, 1981]. В целях повышения достоверности при палинологическом обосновании стратиграфического расчленения толщи донных осадков наши данные сопоставлены с результатами изучения относительно близко расположенных разрезов Восточной Карелии [Демидов, Лаврова, 2001; Сапелко, 2002], Южной Карелии [Сапелко и др., 2016], юго-запада Архангельской области [Хомутова, 1978; Сапелко, 2006], севера Вологодской области [Косорукова и др., 2017], а также разрезов позднеледниковых отложений Юго-Восточной и Южной Карелии [Wohlfarth et al., 2002; Лаврова, 2005а, б]. На основании изменения состава и соотношений компонентов спорово-пыльцевых спектров (СПС) выделено шесть палинологических зон (ПЗ), соответствующих климатическим периодам и фазам голоцена.

ПЗ I (6,50–3,90 м). Насыщенность осадков пыльцой невелика. Зафиксированы дочетвертичные спороморфы, некоторые пыльцевые зерна четвертичного возраста (*Tilia*, *Quercus*, *Pinus*, *Picea*) смяты, повреждены, облик их характеризуется своеобразным «стеклянным блеском», темной плотной экзиной. Для СПС зоны характерно преобладание пыльцы древесных, среди которых на первом месте выступает пыльца *Pinus*, причем кривая уменьшается по направлению к верхней границе зоны. Такую же тенденцию обнаруживает и пыльца *Alnus*. Доля пыльцы *Betula* sect. *Albae*, напротив, возрастает. Присутствует пыльца термофильных пород – *Quercus*, *Tilia*, *Carpinus*, *Corylus*. Весьма высок вклад пыльцы кустарничков *Betula nana* и травянистых *Artemisia* и *Chenopodiaceae* (среди которых *Eurotia ceratoides*, *Ch. rubrum*, *Ch. album*, *Ch. polyspermum* и др.). Примечательна непрерывная кривая пыльцы *Alnaster fruticosus* и *Ericales*, спорадически встречается *Ephedra*, *Juniperus*. В разнотравье преобладает пыльца семейства *Asteraceae*, *Caryophyllaceae*, *Bras-*

sicaceae и др. Идентифицирована пыльца *Helianthemum*, *Dryas octopetala*, *Thalictrum alpinum* и др. Среди водных и прибрежно-водных видов присутствуют единичные пыльцевые зерна *Typha*, *Alisma*, *Myriophyllum*. Главное место в группе споровых принадлежит Bryales, содержание которых достигает 50 %. Количество спор *Polytrichaceae* невелико. Плауны представлены как бореальными, так и арктоальпийскими видами (*Lycopodium pungens*, *Diphasiastrum complanatum*, *D. alpinum*), зафиксированы споры *Selaginella selaginoides*. Пыльца макрофитов встречается спорадически. Постоянно присутствуют *Pediastrum*: *P. boryanum* var. *boryanum*, *P. integrum* var. *integrum*, *P. kawraiskii*. Состав СПС, анализ экологических групп компонентов спектров, присутствие переотложенных дочетвертичных спороморф позволяет предположить, что палинозона была сформирована в аллереде и позднем дриасе. Подобные СПС выделены в слое ленточноподобных алевритов оз. Тамбичозеро [Wohlfarth et al., 2002], расположенного к юго-востоку, которые накапливались в аллереде и позднем дриасе, а также в других позднеледниковых отложениях Карелии [Лаврова, 2005б]. В нашем случае спектры позднеледниковых отложений имеют несколько сглаженный характер, но вполне вероятно, условная граница между отложениями аллереда и позднего дриаса соответствует уменьшению количества пыльцы *Betula nana* и возрастанию – *Artemisia* на глубине 510 см. Увеличение вклада пыльцы *Artemisia* может быть связано с появлением новых нарушенных местообитаний, возникавших при активизации процессов эрозии в позднем дриасе. Верхняя граница палинозоны соответствует увеличению вклада пыльцы древесных.

ПЗ II (3,90–2,14 м). Значительно увеличивается насыщенность осадков пыльцой. Состав СПС этой зоны сходен с таковым ПЗ I, при этом характеризуется заметным повышением доли пыльцы *Betula* sect. *Albae* (*Betula pubescens*, *B. czerepanovii*). Вклад пыльцы *Artemisia* и *Chenopodiaceae* уменьшается. Количество *Betula nana* достигает максимальных значений у верхней границы зоны, что, возможно, связано с похолоданием, называемым переяславским [Хотинский, 1977]. Следует отметить следующие особенности СПС – возрастание количества пыльцы *Salix*, *Cyperaceae*, *Poaceae*. Уменьшение количества пыльцы термофильных пород и дочетвертичных спороморф указывает на затухание процессов переотложения. Перигляциальные элементы флоры практически исчезают из состава спектров к верхней границе палинозоны. Возрастает разнообразие и количество пыльцы водных и прибрежно-водных видов –

Myriophyllum, *Typha*, *Sparganium*. В этой зоне отмечено увеличение вклада Polypodiaceae и второй продолжительный максимум спор Bryales. Состав СПС палинозоны и совокупность других признаков свидетельствуют об изменении климата в сторону потепления и повышения влажности. Подобные изменения в СПС свойственны отложениям пребореала Северо-Запада России [Хотинский, 1977], Фенноскандии, Онежско-Ладожского перешейка [Лаврова, 2005а, б; Сапелко и др., 2016], Карельского перешейка [Субетто и др., 2003], Архангельской области [Девятова, 1969], Республики Коми [Голубева, 2008, 2010] и др. Учитывая все совокупности признаков, особенно увеличение вклада в СПС пыльцы древесных пород, можно предположить, что СПС палинозоны были сформированы в пребореальное время.

ПЗ III (2,10–2,14 м). Контакт между слоем сапропеля и нижележащими отложениями резкий, четкий. Столь же отчетливые изменения наблюдаются в спектрах: вклад пыльцы *Betula nana* падает от 40 до 14 %, *Betula sect. Albae* – от 30 до 18 %. Значительно возрастает количество пыльцы термофильных пород, особенно *Ulmus*, что свидетельствует об изменении климата в сторону потепления. Отмечено значительное возрастание *Picea* (~ 20 %), пик пыльцы *Pinus* (~ 30 %), небольшие пики Cyperaceae, Rosaceae и спор Polypodiaceae. Резко изменившийся характер спорово-пыльцевых спектров наряду со столь же резким, без плавного перехода, изменением генетического типа отложений может указывать на перерыв в осадконакоплении. Полученная радиоуглеродная дата 7700 ± 60 (SU-3335) (гл. 2,08–2,10 м) свидетельствует о том, что СПС палинозоны были сформированы в начале атлантического периода.

ПЗ IV (2,03–1,02 м). СПС этой зоны выделены в слое торфа. Объединяющим фактором является самое высокое содержание пыльцы термофильных пород за всю историю накопления осадков. Кривая пыльцы *Picea* проявляет тенденцию к росту, зеркально отражая падение кривой *Betula sect. Albae*. Вклад *Pinus* постепенно увеличивается к верхней границе палинозоны. Обращает на себя внимание достаточно высокое содержание пыльцы *Betula nana*. Занимая зачастую ведущую роль в растительном покрове в позднеледниковье – начале голоцена в более теплые периоды *Betula nana* находит благоприятные местообитания на болотах. Количество спор Lycopodiaceae ничтожно. Анализ СПС позволяет считать, что климат был теплее и влажнее, чем во время формирования предыдущей палинозоны, и соотнести ее с атлантическим временем. Наибольшее сходство

СПС данной зоны обнаруживают со спектрами отложений атлантикума Северо-Запада европейской части России [Хотинский, 1977], развившееся в увеличении количества пыльцы термофильных пород, достигшего максимального значения. Помимо этого, общим признаком для СПС атлантического периода является увеличение вклада пыльцы ели, отмечаемое во многих диаграммах Южной и Восточной Карелии [Елина и др., 2000], на левобережье реки Свири, в среднем ее течении [Сапелко, 2016], в Вологодской области в бассейне оз. Воже, в Архангельской области, в Кенозерском парке [Сапелко, 2006]. Отметим, что в диаграммах Северо-Востока европейской части России количество пыльцы ели значительно возрастает уже в бореале [Никифорова, 1982; Марченко, Дурягина, 1996 и др.], поскольку распространение ее шло с востока на запад, северо-запад и юго-запад [Савельева, 2007].

ПЗ V (1,02–0,60 м). Основанием для выделения этой палинозоны послужило выпадение из СПС пыльцы *Quercus* и сокращение доли пыльцы других термофильных пород (*Tilia*, *Ulmus*, *Corylus*, *Alnus glutinosa*), что указывает на уменьшение влаго- и теплообеспеченности, свойственное началу суббореального времени. Такие изменения наблюдаются практически во всех подтвержденных радиоуглеродными датировками диаграммах [Филимонова, 2014 и др.]. Количество пыльцы *Picea* достигает максимальных значений (до 45 %). Наряду с пыльцой ели доминирующим компонентом спектров выступает пыльца *Picea* и *Pinus*, содоминантом – пыльца *Betula sect. Albae*. Следует отметить, что кривые указанных таксонов нестабильны, обращает на себя внимание пик пыльцы *Betula sect. Albae*. В этой зоне значительно уменьшается количество пыльцы *Betula nana*, увеличивается вклад Rosaceae и Cyperaceae, спор Sphagnales и *Equisetum*. Анализ СПС позволяет предположить, что рассматриваемые СПС были сформированы в суббореальное время.

ПЗ VI (0,60–0,00 м). В этой палинозоне заметно возрастает количество пыльцы травянистых пород, как за счет Cyperaceae и Rosaceae, так и за счет пыльцы группы разнотравья. Господствует пыльца *Picea*, *Pinus*, *Betula sect. Albae*, при этом вклад пыльцы ели уменьшается, а березы – увеличивается. Пыльцы термофильных пород становится меньше, и к верхней границе зоны она исчезает.

Диатомовый анализ

Диатомовый анализ озерно-болотных отложений позволил выявить четыре этапа раз-

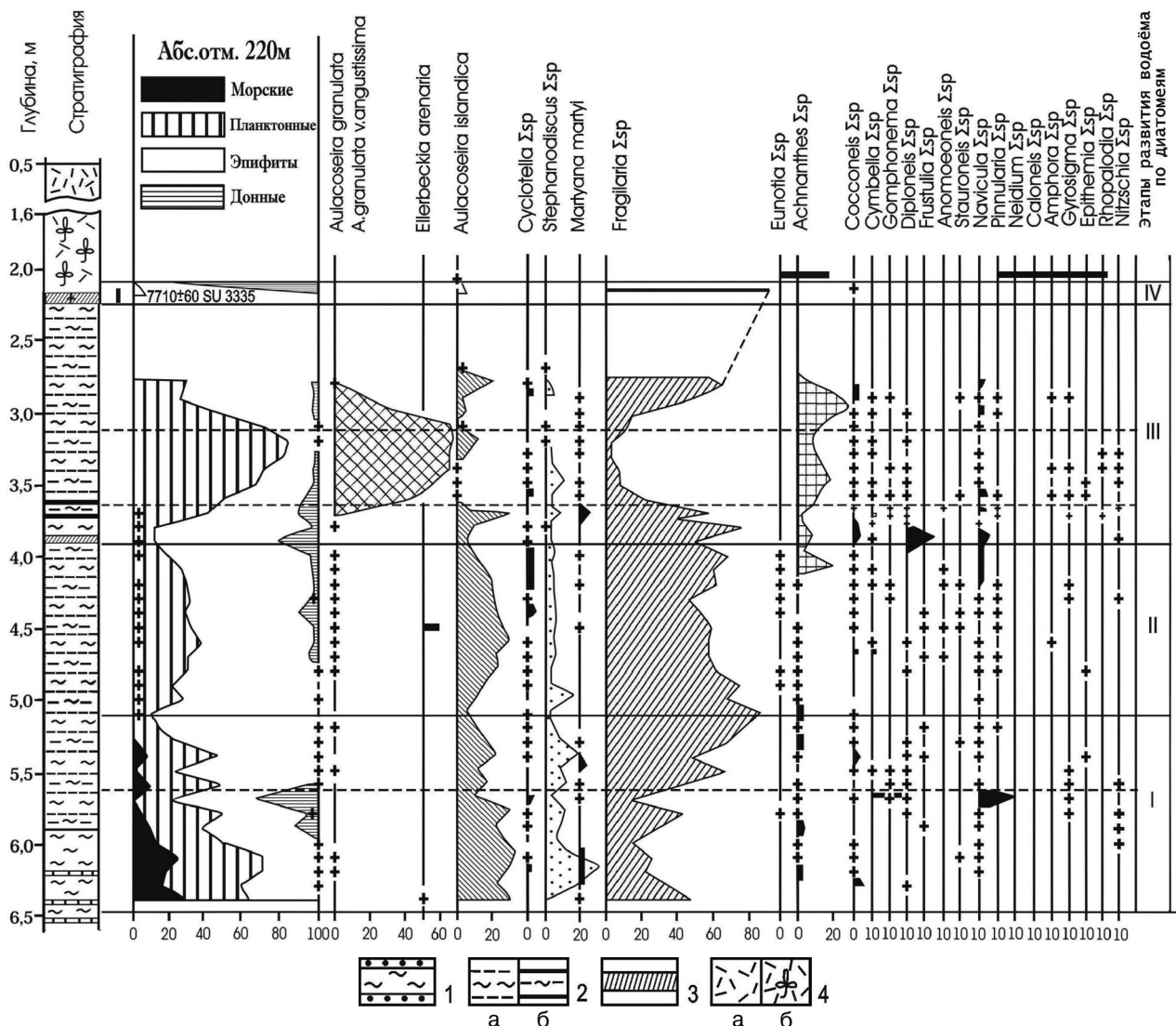


Рис. 3. Диатомовая диаграмма скважины «Лайнозеро»:

1 – алевроиты, переслаивающиеся с песком; 2а – сезонно-слоистые алевроиты; 2б – сезонно-слоистые алевроиты с тонкими глинистыми прослойками; 3 – слой органики (сапропель); 4а – торф; 4б – торф с растительными остатками

Fig. 3. Diatom diagram of the Lainozero borehole:

1 – aleurites, interbedded with sand; 2a – seasonally layered aleurites; 2b – seasonally layered aleurites with thin clay layers; 3 – organic layer (sapropel); 4a – peat; 4b – peat with plant residue

вития диатомовой флоры, некоторые из них разделены на фазы – диатомовые зоны (DZ). По результатам анализа построена диатомовая диаграмма (рис. 3), на рис. 4. приводятся эколого-географическая характеристика диатомовой флоры и pH-спектр.

I этап (гл. 6,5–5,1 м) – происходило накопление сезонно-слоистых алевроитов с прослойками разномерных песков, вверх по разрезу переходящих в серые алевроиты с тонкими полосками органики черного цвета. Текстура отложений, по-видимому, отражает интенсивность таяния массивов мертвого льда, в результате чего образовались кольцевые гряды (рис. 1).

По диатомовой флоре на этом этапе четко выделяется две диатомовые зоны (DZ) – DZ-1 и DZ-2.

DZ-1 (гл. 6,5–5,6 м) – диатомовый комплекс отличается значительным участием морских диатомей: *Coscinodiscus* sp., *Coscinodiscus subsalsus* Juhlin-Dannfelt, *Thalassiosira baltica* (Grunow) Ostefeld, *Podosira stelligera* (Bailey) A. Mann, *Diploneis interrupta* (Kützing) Cleve, *Cocconeis scutellum* Ehren., силикофлагелляты *Dicthyocha speculum* Ehrenberg и др., содержание которых достигает 16–32 % (рис. 3 и 4). Наряду с этими формами в осадках преобладает пресноводная флора, в которой доминируют

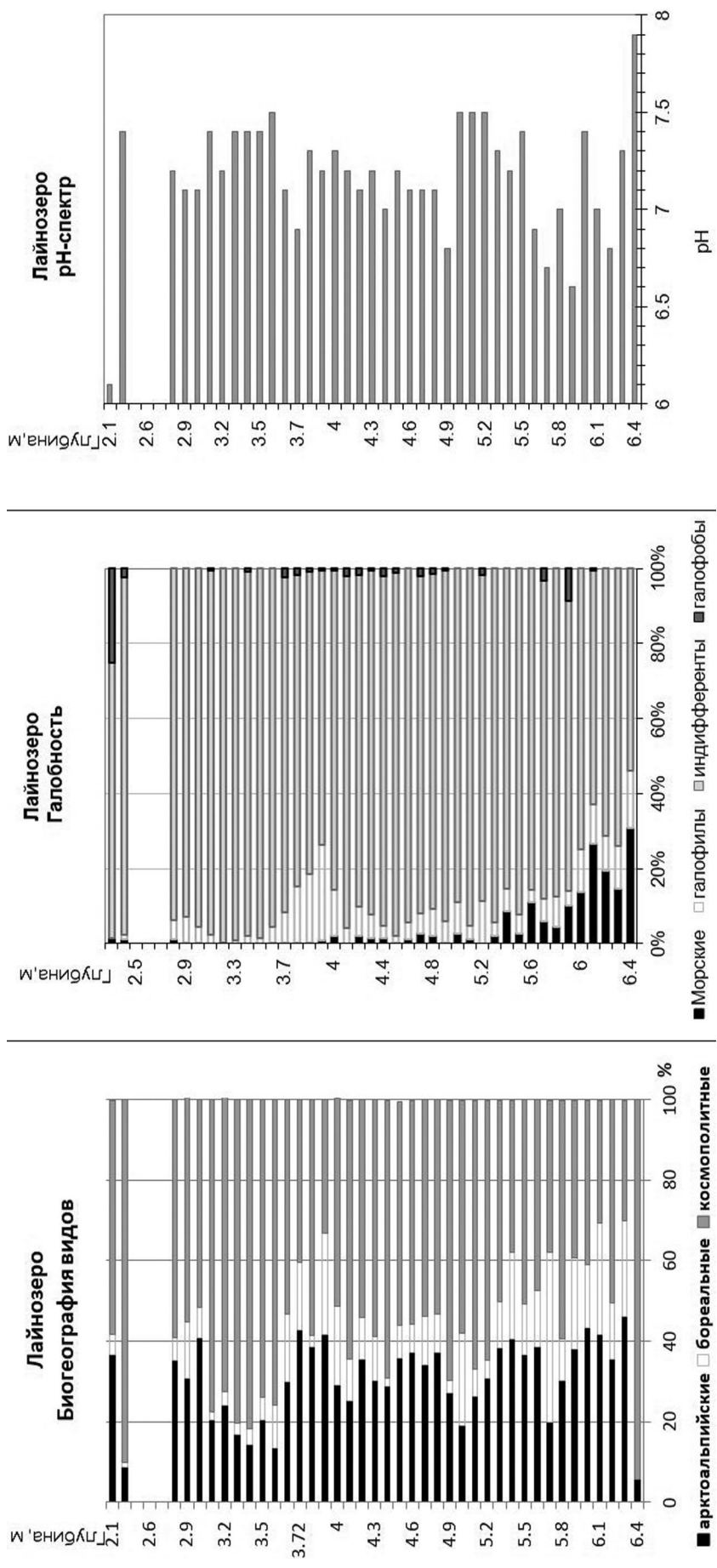


Рис. 4. Эколого-географические характеристики и рН спектр озерно-болотных отложений скважины «Лайнозеро»
 Fig. 4. Ecological and geographical characteristics and pH spectrum of lake-mire deposits of the Lainozero borehole

планктонные *Aulacoseira islandica* ssp. *helvetica* O. Mull., *Stephanodiscus niagare* Ehr., *S. astraea* (Ehr.) Grun. + var. *intermedius* Fricke и литоральные рода *Fragilaria* sensu lato: *F. brevistriata* Grun., *F. construens* (Ehr.) Grun., *F. pinnata* Ehrenberg. Можно предположить, что в это время происходил активный процесс размыва отложений, содержащих ископаемые морские диатомеи. В пресноводном комплексе преобладают алкалифилы (рис. 4), что говорит о щелочной среде (рН 7,9–7,3), а также индифференты по отношению к солености. Присутствие галофилов незначительно (от 7 до 12 %). По отношению к географическому распространению доминирующая роль принадлежит космополитам. Однако необходимо отметить, что продуктивность флоры в это время была невысокой. В осадках этой фазы обнаружено 23 вида пресноводных диатомей. Низкое их содержание связано с высоким терригенным разбавлением алевритов, а также невозможностью активной вегетации водорослей вследствие большой мутности воды и ее низких температур в водоеме с постоянным притоком талых ледниковых вод. Необходимо отметить, что в данных отложениях повсеместно присутствует в достаточно большом количестве *Pediastrum kawraiski* Schmidle – представитель позднеледниковых водоемов.

DZ-2 (гл. 5,6–5,1 м) выделяется по резкому снижению в диатомовом комплексе численности планктонных диатомей (с 40 до 10 %), которые вытесняются эпифитами (28–45 %), главным образом *Fragilaria brevistriata* Grun., *F. inflata* (Heid.) Hust., и донными, достигающими максимального содержания (33 %). Увеличивается видовое разнообразие и численность в группе обростателей *Cymbella* Ag. и донных *Navicula* Bory, среди которых отмечены *N. radiosa* Kutz. и мезогалобы *N. peregrina* (Ehr.) Kutz., *N. reinhardtii* (Grun.) Cl. Очень показательным является появление донных видов рода *Nitzschia*: *N. denticula* (Grun.), *N. acidoclinata* Lange-Bertalot, *N. fonticola* Grunov, *N. angustata* (W. Sm.) Grun. и рода *Diploneis* sp., *D. finnica* (Ehr.) Cl., *D. domblittensis* (Grun.) Cl., *D. marginestriata* Hust. В структуре видов по географическому распространению заметно (с 10–20 до 40 %) расширился спектр бореальных, за счет как арктоальпийских, так и космополитов. Условия среды изменялись от слабощелочных до близких к нейтральным или слабощелочным (рН 6,6–7,0–7,4). Во время данной фазы развития водоема еще присутствуют морские диатомеи, но их содержание сократилось с 25 до 2 % и единичных экземпляров. Таким образом, для всего этапа характерно значительное участие переотложенных морских диатомей, щелочные условия среды, что

может свидетельствовать о расконсервации мертвых льдов, а затем затухании процессов размыва и переотложения осадков, снижении поверхностного стока в конце этапа.

II этап, DZ-3 (гл. 5,1–3,9 м) – продолжалось накопление глинистых алевритов с заметной линейной слоистостью в виде тонких прослоек органики. В составе диатомового комплекса доминировали эпифиты рода *Fragilaria* (Lyngb.) (68–47 %), увеличилось их разнообразие за счет видов родов *Achnanthes* Bory, *Cocconeis* Ehr., *Cymbella* Ag. Вместе с тем в качестве доминантов выступали планктонные *Aulacoseira islandica* O. Mull., *Stephanodiscus* spp. Ehr., *Cyclotella* spp. Kutz. (10–37 %). Возросло участие донных видов *Navicula* Bory, *Pinnularia* Ehr., *Frustulia* Ag., *Amphora* Ehr. до 2–10 %. Следует отметить присутствие вида *Ellerbeckia arenaria* (Moore) Krouford, характерного для приледниковых водоемов с притоком талых холодных вод. Кроме этого, единичное участие в составе комплекса створок морских диатомей *Hyalodiscus subtilis* Bail., *Coscinodiscus* sp. Ehr., *Thalassiosira* sp. Cl. может указывать на продолжающиеся процессы переотложения, хотя и менее интенсивные. В составе диатомового комплекса господствовали алкалифилы, составляя 80 % (рН 7,2–7,5), заметно возросла роль галофилов с 4 до 25 %. По сравнению с предыдущей фазой расширился спектр арктоальпийских – с 35 до 40 % и бореальных – с 10 до 28 %. Выявлен более разнообразный спектр *Pediastrum*: *P. orientale* (Skuja) Jankovska et Komarek, *P. integrum* var. *integrum* Nag., *P. simplex* Meyen, *P. boryanum* var. *boryanum* Menegh. На основании этих данных можно предположить, что климат стал более сухим, характерным для позднего дриаса. (В более сухом климате повышалось содержание галофилов. Известно, что соленость вод в ледниковые этапы росла, в межледниковые – падала.)

III этап (гл. 3,90–2,3 м). По диатомовым комплексам выделяются три фазы, соответствующие DZ-4, DZ-5, DZ-6.

DZ-4 (гл. 3,90–3,61 м) – осадки представлены пятнисто-желтыми алевритами с прослойками темно-желтой и черной органики. В диатомовом комплексе доминировали виды рода *Fragilaria*. Их количество возросло с 50–60 до 76 %. Затем с гл. 3,80–3,61 м, где на контакте 3,60–3,61 м прослеживается тонкий прослой органики, участие планктонных *Aulacoseira islandica* ssp. *helvetica* и *Stephanodiscus* sp. увеличивается, а доля эпифитов *Fragilaria* снижается с 76 до 60 %. К концу DZ-4 возрастает видовое разнообразие донно-литоральной флоры родов *Cymbella* Ag., *Gomphonema* Ag., *Epithemia* Breb.,

Rhopalodia O. Mull., *Diploneis* Ehr., *Navicula* Bory, *Pinnularia* Ehr., *Amphora* Ehr. Такие изменения в ее составе могут указывать на пульсирующий характер формирования осадков. Кроме этого, структуру диатомового комплекса дополнили единичные галофобы *Frustulia* Ag., содержание галофилов, арктоальпийских и бореальных видов не изменилось, pH среды оставался щелочной (6,9–7,5). Морские формы присутствуют единично. Все это свидетельствует о затухании процессов эрозии и переотложения, а следовательно, происходит закрепление грунтов, т. е. создаются условия для развития почв, и это могло быть результатом потепления климата, характерного для начала пребореала.

DZ-5 (гл. 3,61–3,1 м) выделена в слое сероцветного алеврита с ярко выраженной полосчатостью в виде тонких черных прослоек органики. В составе диатомового комплекса постепенно нарастает участие планктонных диатомей, в середине фазы достигая 84 %. Основной доминант – *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Ralfs. и его вариации, форма, характерная для эвтрофных водоемов. *Aulacoseira islandica* O. Mull., *Cyclotella* Kütz. и *Stephanodiscus* Ehr. участвуют единично. Обрастатели *Fragilaria* (Lyngb.) составляют 15 % в середине этапа и 29 % в конце его. Заметно присутствие в это время (до 10 %) видов рода *Achnanthes* Bory, которые указывают на рост трофности водоема.

DZ-6 (гл. 3,1–2,3 м) – накапливались массивные алевриты серого цвета, постепенно переходящие в светло-серые с желтыми пятнами и черными полосчатыми вкраплениями органических остатков. Продуктивность диатомей в это время резко снизилась. Доля планктонных упала с 80 до 26 %, причем доминантом вновь стал холодолюбивый *Aulacoseira islandica* ssp. *helvetica*. Возросло участие литоральных обростателей *Fragilaria brevistriata* Grun., *F. construens* (Ehr.) Grun., *F. construens* var. *binodis*. Господство алкалифилов свидетельствует о слабощелочной среде (pH 7,5–7,2), индифферентов – о незначительном снижении минерализации воды. Таким образом, осадки, соответствующие DZ-4–DZ-6, предположительно, формировались в течение пребореального периода, за который поднятие уровня водоема сменилось его падением. Это подтверждается составом диатомовой флоры в слое сапропеля с многочисленными остатками растений на глубине 2,1 м, где до 90 % составляют виды рода *Fragilaria* с доминантом *Fragilaria construens*, обитающим на небольших глубинах. В это время фиксируется перерыв в осадконакоплении, т. к. в следующем образце на гл. 2,10–2,08 м уже полностью господствовали типично бо-

лотные виды родов *Pinnularia* Ehr. (65 %) и *Eunotia* Ehr. (25 %), указывающие на начало торфонакопления. Вероятно, из переполненной гляциокарстовой воронки произошел спуск накопившейся воды, в результате чего были размывы ранее отложенные осадки бореала. Полученная радиоуглеродная датировка 7700 ± 60 (SU-3335) (гл. 2,08–2,10 м) и данные спорово-пыльцевого анализа подтверждают накопление слоя органики в атлантическое время.

Выше по разрезу в торфах диатомовая флора отсутствует, что говорит о дальнейшем развитии территории в субаэральных условиях (спуск вод, зарастание).

Химический анализ

Данные, полученные с помощью микропалеонтологических методов, довольно хорошо согласуются с результатами химического анализа отложений (рис. 5). По изменениям химического состава элементов в разрезе четко выделяются четыре этапа, соответствующие палеоклиматическим периодам и их фазам (см. рис. 3).

Довольно выразительно постоянное снижение в осадках окислов кальция и натрия, свидетельствующее о постепенном выщелачивании отложений. Синхронно с климатическими изменениями в теплые периоды (I – аллеред, III – пребореал, рис. 5) увеличивается содержание окислов алюминия, магния и калия, и, напротив, их количество снижается в более холодные и сухие периоды (II – поздний дриас). Концентрация окислов титана возрастает пропорционально с потеплением и достигает максимальных значений на рубеже пребореала-бореала, вероятно, с окончательным таянием мертвых льдов. Похожая тенденция наблюдается и для окислов железа: в процессе таяния льдов их содержание повышается, а при завершении – резко падает. Доля окислов марганца при общей тенденции к снижению меняется в зависимости от пульсирующего характера поступающей талой воды.

На графике содержания органического вещества (п.п.п.) в озерно-болотных отложениях (рис. 6) выделяются три этапа: 1-й – гл. 5,6–3,0 м; 2-й – 3,0–2,2 м; 3-й – 2,2–1,95 м и выше. Заметные изменения отражены в интервале глубин 3,0–2,2 м, соответствующих второй половине пребореального периода, а особенно резкое повышение органики в осадках (гл. 2,2–1,95) характерно для атлантического времени, что подтверждается результатами всех анализов. Таким образом, химический анализ является хорошим дополнением и согласуется со всеми проведенными исследованиями.

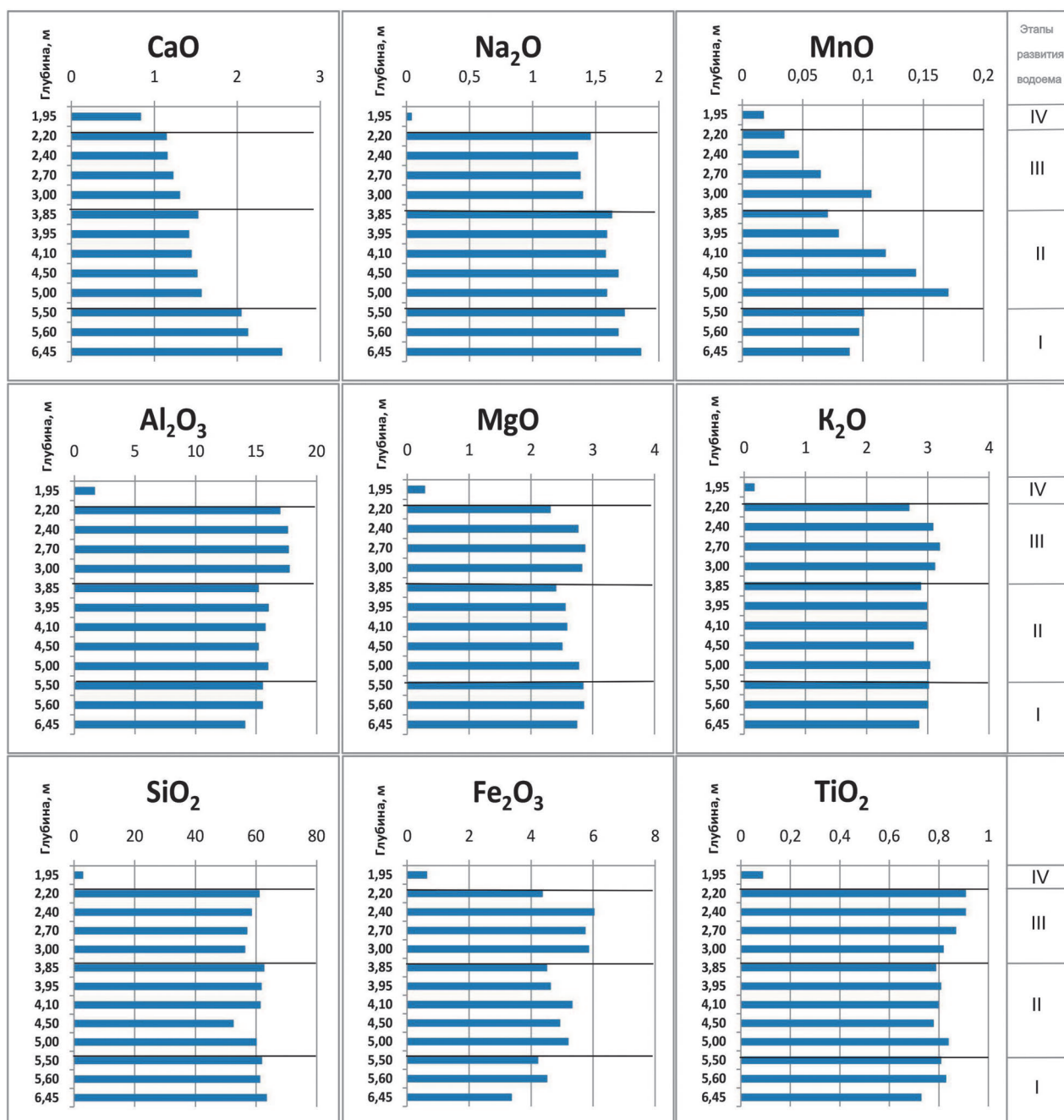


Рис. 5. Химический состав (%) озерно-болотных отложений скважины «Лайнозеро»

Fig. 5. Chemical composition (%) of lake-mire deposits of the Lainozero borehole

Обсуждение результатов

Позднеледниковый этап. Согласно полученным данным (ПЗ I – 6,50–3,90 м) и палеоэкологическому анализу, в СПС присутствует пыльца, продуцируемая экологически несовместимыми растениями, такими, например, как *Tilia cordata* и *Dryas octopetala*. Экологические требования термофильных пород не позволяют им приспособиться к условиям, существовавшим в зоне развития полей мертвого льда, следовательно,

их пыльцу надлежит отнести к переотложенным. Об интенсивных процессах переотложения свидетельствуют и зафиксированные дочетвертичные спороморфы. Возможно, переотложена часть пыльцы древесных пород бореальных лесов, а часть ее занесена ветром из более благоприятных южных и юго-восточных районов. Тем не менее вполне вероятно, что некоторые древесные породы, обладающие высокой экологической пластичностью, находили подходящие местообитания на территории исследования.



Рис. 6. Содержание органического вещества (п.п.п.) в озерно-болотных отложениях скважины «Лайнозеро»

Fig. 6. Organic matter content (loss on ignition) in the lake-mire deposits of the Lainozero borehole

Особенности растительности позднеледниковья определялись множеством факторов. Важнейшая роль принадлежала климатическим факторам, как глобальным, так и локальным, возникающим благодаря соседству с краем ледника с крупными массивами мертвого льда или с огромным холодным приледниковым водоемом. Отметим также, что уровень водоемов довольно динамично менялся при общей тенденции к понижению. В результате быстро осушались обширные участки мелководий, как песчаных, так и валунных и каменистых. Особые условия создавало переувлажнение грунтов тальными водами, поступающими с тающего ледника наряду с сухими климатическими условиями, свойственными заключительным этапам оледенений. Также на становление растительности оказывает влияние состав и мощность осадков, но одно из важнейших условий – особенности рельефа, обеспечивающие различные варианты воздействия солнечной радиации, ветра, снежного покрова и влажности. Отметим, что в условиях безлесной местности главным образом микрорельеф контролирует распределение растительных сообществ. При несомкнутом растительном покрове в развитии и распространении палеосообществ большое значение имело отсутствие конкуренции. В то же время нельзя не учитывать, что в подобной обстановке некоторые растения могли иметь более широкие экологические амплитуды, чем в настоящее время. Итак, разнообразие природных условий создавало ши-

рокий спектр местообитаний, определяя тем самым сложность и мозаичность растительности. Растительный покров был несомкнутый, чередовался с пятнами оголенных грунтов, включал виды, разнообразные как по экологии (ксерофиты, мезофиты, гелиофиты и др.), так и по географическому происхождению (арктические, арктоальпийские, гипоарктические и бореальные). Идентифицированные по пыльце виды растений принадлежат к тундровым, луговым, лесным, криофильно-степным ценозам, сообществам щебнистых и каменистых грунтов, временным сообществам на нарушенных и несформированных грунтах.

Результаты анализа свидетельствуют о том, что преимущественное распространение на территории исследования в позднеледниковье имели тундровые (главным образом ерниково-зеленомошные) палеосообщества. По данным О. Н. Шешинной [1980], карликовая береза отражена в СПС в 10 раз меньше, чем в растительном покрове. Зеленые мхи входили в состав таких палеосообществ, пик спор Bryales, возможно, обусловлен массовым распространением мхов вокруг водоема после понижения уровня воды в нем. Следует отметить, что максимум пыльцевой и споровой продуктивности часто приходится на начало внедрения новых видов [Елина, 1981]. Представители таксонов *Artemisia* и *Chenopodiaceae* имеют большую пыльцевую продуктивность и высокую транспортабельность, поэтому вклад пыльцы этих таксонов незначительно завышен [Бе-

резина и др., 2012]. Таким образом, доля перигляциальных полынно-маревых ксерофильных сообществ в растительном покрове была несколько ниже. Вполне вероятно, единично или небольшими группами встречался ольховник, береза Черепанова. Нельзя не отметить встречающуюся в спектрах пыльцу *Larix*. По причине строения экзины и крупных размеров пыльца *Larix* не обладает хорошей сохранностью и способностью к дальней ветровой транспортировке. Пыльцевые зерна встречаются, как правило, в непосредственной близости от продуцирующего их растения [Рашке, Савельева, 2017]. По всей вероятности, лиственница, предпочитающая каменистые, песчаные субстраты, континентальные климатические условия вполне могла произрастать на Андомской возвышенности. По данным В. Wohlfarth с коллегами [2002, 2007], средняя летняя температура в окрестностях оз. Тамбичозеро, расположенного приблизительно в 80 км к ЮВ, не превышала +3 °С.

Необходимо отметить, что в данных отложениях постоянно присутствует в достаточно большом количестве *Pediastrum kawraiski* Schmidle – представитель холодных, позднеледниковых водоемов. Незначительное количество пыльцы водных и прибрежно-водных видов обусловлено тем, что зарастание палеоводоема ограничивал высокий уровень воды, достаточно суровый климат позднеледниковья. Это подтверждает низкое содержание диатомей. Невозможность активной вегетации диатомовых водорослей обусловлена помимо низких температур большой мутностью воды вследствие интенсивного привноса терригенного материала в водоем. Поступление терригенных отложений связано с постоянным притоком талых ледниковых вод и активными процессами эрозии в условиях, когда грунты не были закреплены растительностью. Об активности этих процессов свидетельствуют значительное участие переотложенных морских диатомей и щелочные условия среды.

Как мы уже отмечали выше, согласно палинологическим данным условно границу между отложениями аллереда и позднего дриаса можно провести на глубине 510 см, с которой совпадает нижняя граница следующего этапа развития озера, отличающегося по составу и характеристике диатомового комплекса, присутствию переотложенных морских форм и разнообразному спектру *Pediastrum*. На основании данных диатомового анализа можно предположить, что климат стал более сухим, что и характерно для позднего дриаса. Об этом же может косвенно свидетельствовать увеличение вклада

пыльцы *Artemisia* вследствие появления новых нарушенных местообитаний, возникших при активизации процессов эрозии.

Пребореальный период. Основной тенденцией развития растительности в пребореале было увеличение площадей, занимаемых березовыми редколесьями. На возвышенных местоположениях, вершинах и склонах холмов, сложенных песками, к березе присоединялись сосна и лиственница, в наземном покрове произрастали верескоцветные кустарнички, злаки, плауны. Но участие тундровых палеосообществ (ПС) в растительном покрове было все еще велико. Второй пик спор Bryales, по всей вероятности, связан с заселением мхами берегов постепенно мелеющего озера. Увеличение доли пыльцы *Betula nana*, возможно, связано не с расширением площадей, занимаемых тундровыми ПС, а с распространением карликовой березки на заболоченных берегах водоема, где она находила убежище в условиях меняющегося климата. На мелководьях и берегах активно расселялись водно- и прибрежно-водные растения. Преобладающие в начале периода арктоальпийские и гипоарктические виды плаунов (*Diphasiastrum complanatum*, *Lycopodium pungens*) сменяются бореальными, довольно большое их количество свидетельствует о редкостности лесных сообществ. Доля перигляциальных полынно-маревых ценозов к концу периода уменьшается, но несколько увеличиваются площади, занятые ерниковыми ценозами. Тем не менее длительное время сохраняются реликты предшествующей эпохи (*Ephedra*, *Helianthemum*), и это свидетельствует, что растительный покров не был сомкнут. Изменение климата в сторону потепления и обмеление озера способствовали началу активного зарастания мелководий водоема *Alisma*, *Myriophyllum*, *Potamogeton*, *Nymphaea*, *Sparganium*, *Typha latifolia*, *T. angustifolia*.

Появление чувствительных к теплу водных и прибрежно-водных растений указывает на изменение гидроклиматических условий. Возросла тепло- и влагообеспеченность. Абсолютное господство планктонных форм, алкалифилов и космополитов также ярко отражает потепление и увлажнение климата, подъем уровня водоема, повышение его продуктивности. Средние температуры июля в этот период достигали +10 °С [Wohlfarth et al., 2002, 2007].

Мощность осадков по-прежнему весьма велика, что было обусловлено все еще активным привносом терригенного материала в условиях несомкнутого растительного покрова. Но уменьшение количества дочетвертичных спо-

роморф и пыльцы термофильных пород указывает на то, что площади с незакрепленными грунтами сокращаются.

Резко изменившийся характер спорово-пыльцевых спектров наряду со столь же резким, без плавного перехода, изменением генетического типа отложений (на глубине 2,10–2,14 м) может указывать на перерыв осадконакопления. Полученная радиоуглеродная дата 7700 ± 60 (SU-3335) свидетельствует о формировании СПС палинозоны в начале атлантического периода. Данные диатомового анализа также фиксируют перерыв осадконакопления, в образце на гл. 2,10–2,08 м уже полностью господствовали типично болотные виды родов *Pinnularia* Ehr. (65 %) и *Eunotia* Ehr. (25 %), которые указывают на начало торфонакопления.

Причина этого явления может быть обусловлена следующими факторами:

- значительное потепление климата в пребореале и бореале привело к окончательному таянию мертвого льда, подпруживающего озеро. Это вызвало спуск вод озера и, вероятно, размыв осадков бореала. Впоследствии в обмелевшем озере начинают накапливаться торфы;
- из переполненной гляциокарстовой воронки произошел спуск накопившейся воды (в результате чего были размывы ранее накопившиеся осадки бореала).

Выше по разрезу в торфах диатомовая флора отсутствует, что говорит о дальнейшем развитии территории в субэаральных условиях (спуск вод, зарастание).

Атлантический период. Зональная растительность приобрела южнотаежный облик. В начале периода доминирующим компонентом растительного покрова были березовые леса, в которых все большее участие принимает ель, образуя еловые и березово-еловые сообщества, особый облик которым придают термофильные породы. К холмам, озерным террасам были приурочены светлохвойные ценозы, представленные *Pinus sylvestris* с примесью *Larix*. В локальной растительности болота произрастают виды осоковых, злаковых, *Betula nana*. К концу атлантического периода господствующими становятся темнохвойные леса, древостой которых обогащают широколиственные породы. Они тяготели к склонам холмов, межрядовым понижениям. Весьма значительно увеличивается доля сосновых лесов, которые были приурочены к возвышенным формам рельефа с легкими по механическому составу и хорошо дренированными почвами.

Суббореальный период. В растительном покрове доминируют еловые и сосново-еловые леса, участие термофильных пород в которых заметно сократилось. Леса приобретают облик среднетаежных.

Субатлантический период. Согласно полученным данным, в районе исследования произрастали еловые и сосново-еловые среднетаежные леса. Береза входила в состав сырых и заболоченных хвойных и мелколиственных лесов, произрастала на гарях и вырубках. Вполне вероятно, что увеличение количества пыльцы березы к верхней границе палинозоны было обусловлено вырубкой коренных хвойных лесов и сменой их мелколиственными сообществами.

Заключение

Комплексное изучение разреза озерно-болотных отложений позволило восстановить этапы развития малого озера, расположенного на Андомской возвышенности, и выполнить реконструкцию динамики растительности в позднеледниковье и голоцене. Полученные данные показали, что формирование исследованной части осадков в водоеме началось в аллереде, то есть значительно позднее освобождения территории от поздневалдайского ледника. Неисследованная часть разреза (гл. 6,5–7,0 м, глины с прослойками органики и мелкозернистые глинистые пески) накапливалась, возможно, значительно раньше (в древнем дриасе?) – в невскую стадию или даже беллинге, чего нельзя точно утверждать из-за отсутствия данных. Несмотря на этот факт, имеет место запаздывание формирования озер в данном регионе по сравнению с временем отступления ледника (вепсовско-крестецкой стадии).

Такое запаздывание было обусловлено, вероятно, тем, что до позднеледниковья здесь были широко распространены массивы и глыбы мертвого льда, которые таяли вплоть до *бореального времени*. Холодные талые воды поступали в водоем в пульсирующем режиме. В позднеледниковье и пребореале происходило накопление терригенных осадков. Резкая смена их органогенными отложениями зафиксирована около 7700 л. н. Вполне вероятно, отложения бореального времени были размывы, что связано с окончательным таянием глыбы мертвого льда, подпруживавшей котловину. Данный факт подтверждается результатами спорово-пыльцевого, диатомового и химического анализов. Снижение уровня воды в водоеме привело к его зарастанию и дальнейшему заторфовыванию.

Длительное существование массивов мертвого льда оказало влияние на распространение растительности, которое также существенно запаздывало относительно отступления ледника. В позднеледниковье на территории исследования преобладали тундровые ерничково-зеленомошные палеосообщества. В пребореале появляются березовые редколесья, сменяющиеся березовыми редкостойными лесами. (Осадки бореала размыты.) В начале атлантического времени изучаемая территория была занята березовыми, а затем березово-еловыми южнотаежными лесами. Похолодание климата на границе атлантического и суббореального времени привело к распространению еловых и елово-сосновых среднетаежных лесов. К концу субатлантического периода в лесах возросла роль березы.

Таким образом, по смене СПС и диатомовых комплексов озерно-болотных отложений прослежено развитие озера и природы на данной территории в позднеледниковье и голоцене.

Ранее предполагалась модель последовательного отступления ледникового края с юго-востока на северо-запад, прерываемая остановками или даже кратковременными наступлениями ледника в холодные стадиалы позднеледниковья [Экман, 1987]. В ходе этих кратковременных наступлений ледника и сформировались комплексы краевых ледниковых образований, фиксирующих положение края ледника на разных временных срезах позднеледниковья. Однако, кроме хорошо выраженных краевых образований заключительных стадий оледенения сальпаусселькя в Западной и Центральной Карелии, положение края ледника в более ранние стадии дегляциации определено весьма условно как в пределах Карелии, так и в прилегающих с юга и с востока соседних районах. Здесь не выдержанные по простиранию напорные конечно-моренные гряды чередуются с обширными, изометричными в плане районами развития форм рельефа вытаивания мертвого льда (коиим является Андомская возвышенность, район исследований) [Демидов, 2005]. В то же время, по современным представлениям, формирование конечно-моренных гряд происходит в ходе наступления ледникового фронта, вызванного не только стадийными похолоданиями (так называемые вынужденные колебания), но и обусловленного локальными причинами, изменяющими баланс ледника, – рельефом ледникового ложа, наличием приледниковых водоемов, потеплением климата. Причем на разных участках ледникового фронта эти колебания его положения, названные релаксационными, могут в значитель-

ной степени различаться [Асеев, 1974; Каплянская, Тарноградский, 1993]. По имеющимся данным, со времени ледникового максимума значительное глобальное похолодание климата было только в позднем дриасе (ледниковые стадии сальпаусселькя) и кратковременное похолодание – в среднем дриасе (невская стадия). Их разделяли потепления интерстадиалов беллинг и аллеред. Таким образом, выделение более древних холодных ледниковых стадий, отделявшихся теплыми межстадиалами в Карелии и прилегающих территориях (вепсовской, крестецкой, лужской стадий и онегозерского интерстадиала), не имеет достаточных оснований [Демидов, 2005].

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (Институт геологии КарНЦ РАН).

Литература

- Барина С. С., Медведева Л. А., Анисимова О. В. Биоразнообразие водорослей – индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: PilliesStudio, 2006. 498 с.
- Березина Н. А., Демидова А. Н., Богатырев Л. Г., Петраш З. Н. Лишайники как объект изучения поверхностных спорово-пыльцевых спектров (на примере сосняков лишайниковых Владимирской области) // Труды XV Всероссийского микробиологического совещания «Современная микрорепалеонтология», Геленджик, 2012. С. 394–397.
- Бобров А. Е., Куприянова Л. А., Литвинцева М. В., Тарасевич В. Ф. Споры папоротникообразных и пыльца голосеменных и однодольных растений флоры европейской части СССР / Ред. Л. А. Куприянова. Л.: Наука, 1983. 208 с.
- Генкал С. И., Чекрыжева Т. А., Комулайнен С. Ф. Диатомовые водоросли водоемов и водотоков Карелии / Отв. ред. В. Г. Девяткин. ИБВВ РАН. М.: Научный мир, 2015. 202 с.
- Давыдова Н. Н. Диатомовые водоросли – индикаторы природных условий водоемов в голоцене. Л.: Наука, 1985. 244 с.
- Демидов И. Н. Строение и формирование четвертичного покрова // Великий Андомский водораздел. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2000. С. 12–18.
- Демидов И. Н. Деградация поздневалдайского оледенения в бассейне Онежского озера // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 8. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2005. С. 134–142.
- Демидов И. Н., Лаврова Н. Б. Строение четвертичного покрова бассейна р. Водла (Восточная Карелия) и особенности развития растительности в поздне- и послеледниковье // Национальный парк «Водлозерский»: природное разнообразие и культурное наследие. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2001. С. 49–60.

Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). Т. 1. Л.: Наука, 1974. 403 с.

Елина Г. А. Принципы и методы реконструкции и картирования растительности голоцена. Л.: Наука, 1981. 159 с.

Косорукова Н. В., Кулькова М. А., Сапелко Т. В. Торфяниковая стоянка Погостище 15 по данным археологии и междисциплинарных исследований // Археологические вести. 2017. № 23. С. 67–83.

Куликовский М. С., Глушенко А. М., Генкал С. И., Кузнецова И. В. Определитель диатомовых водорослей России. Ярославль: Филигрань, 2016. 804 с.

Куприянова Л. А., Алешина Л. А. Пыльца и споры растений флоры европейской части СССР / Ред. Л. А. Куприянова. Т. 1. Л.: Наука, 1972. 171 с.

Куприянова Л. А., Алешина Л. А. Пыльца двудольных растений флоры европейской части СССР / Ред. Л. А. Куприянова. Lamiaceae – Zygophyllaceae. Л.: Наука, 1978. 184 с.

Лаврова Н. Б. Развитие растительности бассейна Онежского озера в ходе деградации последнего оледенения // Геология и полезные ископаемые Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2005а. Вып. 8. С. 143–148.

Лаврова Н. Б. Флора и растительность позднеледниковья Карелии (по данным спорово-пыльцевого анализа): Дис. ... канд. биол. наук. Петрозаводск, 2005б. 241 с.

Лукашов А. Д., Экман И. М. Деградация последнего оледенения и некоторые особенности маргинальной и островной ледниковой аккумуляции в Карелии. Природа и хозяйство Севера. Мурманск: Кн. изд-во, 1980. Вып. 7. С. 8–20.

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

Рашке Е. А., Савельева Л. А. Субрецентные спорово-пыльцевые спектры и современная растительность дельты реки Лена, Российская Арктика // Сибирский экологический журнал. 2017. № 4. С. 456–472. doi: 10.15372/SEJ20170407

Сапелко Т. В. Особенности формирования растительного покрова в поздне- и послеледниковье на юге Карелии // Вестник СПбГУ. 2002. Сер. 7, вып. 2, № 15. С. 103–108.

Сапелко Т. В. Динамика развития растительности на территории Кенозерского национального парка в голоцене // Известия РГО. 2006. Т. 138, вып. 3. С. 35–76.

Сапелко Т. В., Кузнецов Д. Д., Плотникова Е. В., Кулькова М. А. Изменение природных обстановок в голоцене на Онежско-Ладожском перешейке // Известия РГО. 2016. Т. 148, вып. 2. С. 35–44.

Хомутова В. И. Пыльца и споры в донных отложениях озер Воже и Лача // Гидробиология озер Воже и Лача: В связи с прогнозом качества вод, перебираемых на юг / Под ред. И. М. Распопова. Л.: Наука, 1978. С. 236–254.

Шелехова Т. С. Эволюция малых озер юго-восточной Карелии в позднеледниковье и голоцене (по данным диатомового анализа) // Теоретические и прикладные проблемы современной лимнологии // Матер. науч.-практ. конф. (Минск, 20–24 октября 2003 г.). Минск, 2003. С. 179–181.

Шешина О. Н. О степени сходства палино- и фитоценозов и реставрации палеофитоценозов // Вестник МГУ. Сер. геол. 1980. № 4. С. 85–89.

Grimm E. S. TILIA and TILIA GRAPH: Pollen spreadsheet and graphics program // 8th International Palynological Congress. Program and Abstracts. Aix-en-Provence, France, 1992. 56 p.

Komárek J., Jankovska V. Review of the green algal genus Pediastrum: implication for pollen analytical research // Bibliotheca phycologica. Bd. 108. Berlin; Stuttgart, 2001. 127 p.

Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. Teil. 1. Die Süsswasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart, 1986. 876 p.

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).

Moore P. D., Webb J. A., Collinson M. E. Pollen analysis. Second ed. London, Malden, Carlton: Blackwell Science, 1991. 216 p.

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, no. 1. P. 30–33.

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).

Wohlfarth B., Filimonova L., Bennike O., Björkman L., Lavrova N., Demidov I., Possnert G. Late-Glacial and Early Holocene environmental and climatic change at Lake Tambichozero, Southeastern Russian Karelia // Quaternary Research. 2002. No. 58. P. 261–272. doi: 10.1006/qres.2002.2386

Wohlfarth B., Schwark L., Bennike O., Filimonova L., Tarasov P., Björkman L., Brunnberg L., Demidov I., Possnert G. Unstable early-Holocene climatic and environmental conditions in northwestern Russia derived from a multidisciplinary study of a lake-sediment sequence from Pichozero, southeastern Russian Karelia // The Holocene. 2004. Vol. 14, no. 5. P. 732–746. doi: 10.1191/0959683604hl751rp

Wohlfarth B., Lacourse T., Bennike O., Subetto D., Tarasov P., Demidov I., Filimonova L., Sapelko T. Climatic and environmental changes in north-western Russia between 15,000 and 8000 cal yr BP: a review // Quaternary Science Reviews. 2007. No. 26. P. 1871–1883. doi: 10.1016/j.quascirev.2007.04.005

Поступила в редакцию 08.05.2018

References

Barinova S. S., Medvedeva L. A., Anisimova O. V. Bioraznoobrazie vodoroslei – indikatorov okruzhayu-

shchei sredy [Biodiversity of algae – indicators of environment]. Tel'-Aviv: PilliesStudio, 2006. 498 p.

Berezina N. A., Demidova A. N., Bogatyrev L. G., Petrash Z. N. Lishainiki kak ob"ekt izucheniya poverkhnostnykh sporovo-pyl'tsevykh spektrov (na primere sosnyakov lishainikovykh Vladimirskoi oblasti) [Lichens as objects of surface pollen spectra research (the case of lichen pine forest in the Vladimir Region)]. *Tr. XV Vseross. mikropaleontologicheskogo soveshch. «Sovremennaya mikropaleontologiya»* [Proceed. XV All-Russ. micropaleontological meeting *Modern micropaleontology*]. Gelendzhik, 2012. P. 394–397.

Bobrov A. E., Kupriyanova L. A., Litvintseva M. V., Tarasevich V. F. Spory paprotnikoobraznykh i pyl'tsa golosemennykh i odnodol'nykh rastenii flory evropeiskoi chasti SSSR [Spores of Pteridophyta and pollen gymnosperms and monocots plants of the flora in the European part of the USSR]. Leningrad: Nauka, 1983. 208 p.

Demidov I. N. Stroenie i formirovanie chetvertichnogo pokrova [Structure and formation of the Quaternary cover]. *Velikii Andomskii vodorazdel* [Great Andoma watershed]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2000. P. 12–18.

Davydova N. N. Diatomovye vodorosli – indikatory prirodnykh uslovii vodoemov v golotsene [The diatoms as indicator of basin environmental conditions in Holocene]. Leningrad: Nauka, 1985. 244 p.

Demidov I. N. Degradatsiya pozdnevaldaiskogo oledeneniya v basseine Onezhskogo ozera [Degradation of the Late Valdai Glaciation in the Onega Lake basin]. *Geol. i poleznye iskopaemye Karelii* [Geology and useful minerals of Karelia]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2005. Iss. 8. P. 134–142.

Demidov I. N., Lavrova N. B. Stroenie chetvertichnogo pokrova basseina r. Vodla (Vostochnaya Kareliya) i osobennosti razvitiya rastitel'nosti v pozdne- i poslelednikov'e [Structure of the Quaternary cover of the Vodla River basin (Eastern Karelia) and features of vegetation development in the Late Glacial and Post-Glacial periods]. *Natsional'nyi park Vodlozerskii: prirodnoe raznoobrazie i kul'turnoe nasledie* [Vodlozero National Park: natural diversity and cultural heritage]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2001. P. 49–60.

Diatomovye vodorosli SSSR (iskopaemye i sovremennye) [Diatoms of the USSR (fossils and modern)]. Vol. 1. Leningrad: Nauka, 1974. 403 p.

Elina G. A. Printsipy i metody rekonstruktsii i kartirovaniya rastitel'nosti golotsena [Principles and methods of reconstruction and mapping of the vegetation in the Holocene]. Leningrad: Nauka, 1981. 159 p.

Genkal S. I., Chekryzheva T. A., Komulainen S. F. Diatomovye vodorosli vodoemov i vodotokov Karelii [Diatoms of water bodies and water courses in Karelia]. Moscow: Nauchnyi mir, 2015. 202 p.

Khomutova V. I. Pyl'tsa i spory v donnykh otlozheniyakh ozer Vozhe i Lacha [Pollen and spores in bottom sediments in Lakes Vozhe and Lacha]. *Gidrobiol. ozer Vozhe i Lacha: V svyazi s prognozom kachestva vod, perebrasyvaemykh na yug* [Hydrobiol. of Lakes Vozhe and Lacha: in view of the quality prediction of the waters moved to the south of Karelia]. Leningrad, 1978. P. 236–254.

Kosorukova N. V., Kul'kova M. A., Sapelko T. V. Torfyanikovaya stoyanka Pogostishche 15 po dannym arkheologii i mezhdistsiplinarnykh issledovaniy [Peatbog site of Pogostishche-15 in the light of archaeological

and interdisciplinary studies]. *Arkheologicheskie vesti* [Archaeological News]. 2017. No. 23. P. 67–83.

Kulikovskii M. S., Glushenko A. M., Genkal S. I., Kuznetsova I. V. Opredelitel' diatomovykh vodoroslei Rossii [A key to diatoms of Russia]. Yaroslavl': Filigran', 2016. 804 p.

Kupriyanova L. A., Aleshina L. A. Pyl'tsa i spory rastenii flory evropeiskoi chasti SSSR [Pollen and spores of plants of the flora in the European part of the USSR]. Vol. 1. Leningrad: Nauka, 1972. 171 p.

Kupriyanova L. A., Aleshina L. A. Pyl'tsa dvudol'nykh rastenii flory evropeiskoi chasti SSSR [Pollen of dicotyledon plants of the flora in the European part of the USSR]. *Lamiaceae – Zygophyllaceae*. Leningrad: Nauka, 1978. 184 p.

Lavrova N. B. Razvitie rastitel'nosti basseina Onezhskogo ozera v khode degradatsii poslednego oledeneniya [Development of vegetation of the Lake Onega basin in the course of degradation in the Last Glacial Period]. *Geol. i poleznye iskopaemye Karelii* [Geology and useful minerals of Karelia]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2005a. Iss. 8. P. 143–148.

Lavrova N. B. Flora i rastitel'nost' pozdnelednikov'ya Karelii (po dannym sporovo-pyl'tsevogo analiza) [Flora and vegetation of the Late Glaciation Period in Karelia (according to the spore-pollen analysis data)]: DSc (Dr. of Biol.) thesis. Petrozavodsk, 2005b. 241 p.

Lukashov A. D., Ekman I. M. Degradatsiya poslednego oledeneniya i nekotorye osobennosti marginal'noi i ostrovnoi lednikovoi akkumulyatsii v Karelii. Priroda i khozyaistvo Severa [Degradation of the Last Glaciation and some features of marginal and island glacial accumulation in Karelia. Nature and economy of the North]. Iss. 7. Murmansk: Kn. izd-vo, 1980. P. 8–20.

Pokrovskii I. M. (ed.). Pyl'tsevoi analiz [Pollen analysis]. Moscow: Gosgeolizdat, 1950. 571 p.

Rashke E. A., Savel'eva L. A. Subrezentnye sporovo-pyl'tsevye spektry i sovremennaya rastitel'nost' del'ty reki Lena, Rossiiskaya Arktika [Subrecent spore-pollen spectra and modern vegetation from the Lena River Delta, Russian Arctic]. *Sibirskii ekol. zhurn.* [Contemporary Probl. of Ecol.]. 2017. No. 4. P. 456–472. doi: 10.15372/SEJ20170407

Sapelko T. V. Osobennosti formirovaniya rastitel'nogo pokrova v pozdne- i poslelednikov'e na yuge Karelii [Features of vegetation cover formation in the Late and Post-Glacial Periods in the south of Karelia]. *Vestnik SPbGU* [Vestnik of St. Petersburg Univ.]. 2002. Ser. 7, iss. 2, no. 15. P. 103–108.

Sapelko T. V. Dinamika razvitiya rastitel'nosti na territorii Kenozerskogo natsional'nogo parka v golotsene [Dynamics of vegetation development in the Kenozero National Park in the Holocene]. *Izvestiya RGO* [Proceed. Russ. Geographical Society]. 2006. Vol. 138, iss. 3. P. 35–76.

Sapelko T. V., Kuznetsov D. D., Plotnikova E. V., Kul'kova M. A. Izmenenie prirodnykh obstanovok v golotsene na Onezhsko-Ladozhskom peresheike [Change of environmental conditions in the Holocene at Onega-Ladoga Isthmus]. *Izvestiya RGO* [Proceed. Russ. Geographical Society]. 2016. Vol. 148, iss. 2. P. 35–44.

Shelekhova T. S. Evolyutsiya malykh ozer yugo-vostochnoi Karelii v pozdnelednikov'e i golotsene (po dannym diatomovogo analiza) [Evolution of small lakes

in south-eastern Karelia in the Late Glacial Period and Holocene (according to the diatom analysis data)]. *Teor. i priklad. probl. sovr. limnologii. Mat. nauchno-praktich. konf. (Minsk, 20–24 okt. 2003)*. [Theoretical and applied problems of modern limnology. Proceed. sci.-pract. conf. (Minsk, October 20–24, 2003)]. Minsk, 2003. P. 179–181.

Sheshina O. N. O stepeni skhodstva palino- i fitotseznozov i restavratsii paleofitotseznozov [On the similarity of palin- and phytocenoses and paleophytocenoses restoration]. *Vestnik MGU. Ser. Geol* [Moscow Univ. Geol. Bull.]. 1980. No. 4. P. 85–89.

Grimm E. S. TILIA and TILIA GRAPH: Pollen spreadsheet and graphics program. *8th International Palynological Congress. Programm and Abstracts*. Aix-en-Provence, France, 1992. 56 p.

Komárek J., Jankovska V. Review of the green algal genus *Pediastrum*: implication for pollen analytical research. *Bibliotheca phycologica*. Bd 108. Berlin; Stuttgart, 2001. 127 p.

Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. Teil. 1. Die Susswasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart, 1986. 876 p.

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).

Moore P. D., Webb J. A., Collinson M. E. Pollen analysis. Second ed. London, Malden, Carlton: Blackwell Science, 1991. 216 p.

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, no. 1. P. 30–33.

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).

Wohlfarth B., Filimonova L., Bennike O., Björkman L., Lavrova N., Demidov I., Possnert G. Late-Glacial and Early Holocene environmental and climatic change at Lake Tambichozero, Southeastern Russian Karelia. *Quaternary Research*. 2002. No. 58. P. 261–272. doi: 10.1006/qres.2002.2386

Wohlfarth B., Schwark L., Bennike O., Filimonova L., Tarasov P., Björkman L., Brunnberg L., Demidov I., Possnert G. Unstable early-Holocene climatic and environmental conditions in northwestern Russia derived from a multidisciplinary study of a lake-sediment sequence from Pichozero, southeastern Russian Karelia. *The Holocene*. 2004. Vol. 14, no. 5. P. 732–746. doi: 10.1191/0959683604hl751rp

Wohlfarth B., Lacourse T., Bennike O., Subetto D., Tarasov P., Demidov I., Filimonova L., Sapelko T. Climatic and environmental changes in north-western Russia between 15,000 and 8000 cal yr BP: a review. *Quaternary Science Reviews*. 2007. No. 26. P. 1871–1883. doi: 10.1016/j.quascirev.2007.04.005

Received May 08, 2018

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Шелехова Татьяна Станиславовна

старший научный сотрудник лаборатории геохимии, четвертичной геологии и геоэкологии, к. г. н.
Институт геологии КарНЦ РАН,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: Shelekh@krc.karelia.ru

Лаврова Надежда Борисовна

научный сотрудник, к. б. н.
Институт геологии КарНЦ РАН,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: lavrova@krc.karelia.ru
тел.: 89214545451

CONTRIBUTORS:

Shelekhova, Tatyana

Institute of Geology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: Shelekh@krc.karelia.ru

Lavrova, Nadezhda

Institute of Geology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: lavrova@krc.karelia.ru
tel.: +7921454545