

ПАЛЕОЛИМНОЛОГИЯ

УДК 551.312:551.8 (470.22)

ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ КАРЕЛИИ В ГОЛОЦЕНЕ (ПО ДАННЫМ ИЗУЧЕНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ МАЛЫХ ОЗЕР)

Т. С. Шелехова, Н. Б. Лаврова

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

Приведены результаты исследования донных отложений двух малых безымянных озер, расположенных с проксимальной стороны от ледниковых образований стадии сальпаусселькя II (калевальской) на разных гипсометрических уровнях в пределах ледниково-озерной и моренной равнин. Использование комплекса методов, включающего спорово-пыльцевой, диатомовый и радиоуглеродный (C^{14}) анализы, позволило получить новые данные о начале формирования озер, этапах их развития, седиментации органических отложений и влиянии локальных геоморфологических условий на состав спорово-пыльцевых спектров и диатомовых комплексов в различные палеоклиматические периоды голоцена. Согласно полученным данным, образование озер началось практически синхронно с отступанием ледника. В пребореальном периоде в озерах накапливались терригенные осадки. Смена их органогенными отложениями произошла около 9140 ± 220 (C^{14}) л. н., что на 200–450 лет позже, чем в восточной и юго-западной частях краевых образований калевальской стадии. Зафиксирован перерыв в осадконакоплении донных отложений одного из озер, расположенного на более высокой абсолютной отметке, обусловленный падением уровня водоема в бореале вследствие ксерофитизации климата и гляциоизостатического подъема Фенноскандинавского кристаллического щита. Выполнена реконструкция динамики растительности с пребореала до современности.

К л ю ч е в ы е с л о в а: стадия сальпаусселькя II; голоцен; донные отложения; спорово-пыльцевой анализ; диатомовый анализ; палеогеографические реконструкции.

T. S. Shelekhova, N. B. Lavrova. PALEOGEOGRAPHIC RECONSTRUCTIONS OF THE NORTHWEST KARELIA REGION EVOLUTION IN THE HOLOCENE BASED ON THE STUDY OF SMALL LAKE SEDIMENTS

The results of a study of bottom sediments from two small nameless lakes located on the proximal side of Salpausselkä II (Kalevala) glacial deposits at various elevations within glacial-lacustrine and morainic plains are reported. Using a set of methods, including spore-pollen, diatom and radiocarbon (C^{14}) analyses, new data were obtained

on the onset of the formation of the lakes, stages of their development, sedimentation of organic sediments and the effect of local geomorphological conditions on the composition of spore-pollen spectra and diatom complexes in different paleoclimatic periods in the Holocene. Evidence shows that the lakes began to form virtually simultaneously with glacial retreat. Terrigenous sediments accumulated in the lakes in Preboreal time. They were replaced by organic sediments about 9140 ± 220 (C^{14}) B. P., i. e. 200–450 years later than in the eastern and southeastern parts of Kalevala marginal deposits. A hiatus was revealed in the deposition of bottom sediments in one of the lakes lying at a higher absolute elevation. The hiatus was due to a drop in the water level in Boreal time caused by a change to a more xeric climate and a glacioisostatic uplift of the crystalline Fennoscandian Shield. Vegetation dynamics from Preboreal time to the present day was reconstructed.

Key words: Salpausselkä II stage; Holocene; bottom sediments; spore-and-pollen analysis; diatom analysis; paleogeographic reconstructions.

Введение

Палеогеографические исследования приобретают в последнее время всевозрастающую актуальность в связи с решением задач, связанных с пониманием сценариев развития природной среды в будущем при глобальных климатических изменениях. Комплексное изучение донных отложений с использованием спорово-пыльцевого, диатомового анализов и радиоуглеродных датировок позволяет с достаточно высокой надежностью восстановить историю накопления донных отложений и выполнить реконструкции палеоклиматических условий водосборной территории. Выбор территории, расположенной в проксимальном направлении (к западу) от краевых ледниковых образований калевальской стадии (сальпаусселькя II), определялся недостаточной изученностью ее палеогеографии. Следует отметить, что геолого-геоморфологическим исследованиям посвящена обширная литература [Демидов, Лукашов, 1998; Лукашов, 1998, 2003; Елина и др., 2005; Шелехова, 2019]. Однако вопросы палеолимнологии, в частности озерообразования и развития озер, остаются недостаточно изученными. Ранее проведенное районирование территории Карелии по времени образования озер [Экман и др., 1988] впоследствии было уточнено и изменено для юго-восточной части Карелии. Согласно этой схеме образование озер в южной и юго-восточной Карелии началось в аллеред-доаллередское время. В результате дальнейших исследований установлено, что озерообразование в юго-восточной Карелии началось не ранее аллереда, большинство озер в этой части региона образовались позднее, некоторые из них даже в голоцене. Это было обусловлено особенностями отступления ледника на ранних стадиях, происходившего с образованием длительно суще-

ствовавших массивов и полей мертвого льда [Демидов, 2005]. В соответствии с предложенной схемой образование малых озер в северо-западной Карелии началось не ранее 10 000 лет назад. Новые данные, подтвержденные радиоуглеродными датировками, уточняют эту схему и позволяют реконструировать палеогеографические события на рассматриваемой территории. Район исследования находится в северо-западной Карелии в 33 км от краевых ледниковых образований стадии сальпаусселькя II, коррелируемой с позднедриасовым похолоданием. На территории Карелии этот пояс краевых ледниковых образований, представленный сериями конечно-моренных напорных гряд и сопряженных с ними флювиогляциальных дельт, конусов выноса и зандровых равнин, прослеживается на субмеридиональном участке от северного побережья оз. Северное Куйто через западные побережья озер Нюк и Тикшозеро к пос. Лендеры у границ с Финляндией [Niemelä et al., 1993]. Дегляциация района началась в самом начале голоцена, во время так называемого половецкого потепления. В исследуемом водоеме началось накопление минеральных осадков. По данным [Ekman, Iiup, 1995], начало накопления наиболее древних горизонтов органики в пределах краевого пояса стадии сальпаусселькя II в районе пос. Лендеры и соседних районах Финляндии (в 130 км южнее района исследований) составляет от 9540 ± 300 до 9700 ± 150 (C^{14}) лет назад (=11 200–10 600 календарных лет). Возраст пояса краевых образований стадии сальпаусселькя II оценивается в 11 800–11 600 календарных лет (10 200–10 000 лет по C^{14}) [Lunkka et al., 2004]. Если согласиться со скоростью отступления ледника [по: Демидов, 2005] 20 км/100 лет, то исследуемая территория должна была освободиться ото льда около 11 630–11 430 календарных лет назад

(9800–9600 С¹⁴). Эта дата является весьма приблизительной, поскольку скорость дегляциации ледникового покрова в различных регионах зависела не только от климата, но и от рельефа подстилающей поверхности, мощности ледникового покрова. Следует отметить также, что начало озерной седиментации в пределах приледниковых бассейнов может происходить с задержкой в несколько сотен лет [Heikkilä, 2009].

Анализ микрофоссилий донных отложений малых водоемов голоцена наряду с радиоуглеродным датированием позволяет уточнить время зарождения озер, выявить основные тренды развития окружающей среды на исследуемой территории, а также использовать палеогеографические реконструкции для прогноза реакции экосистем на климатические изменения.

Основной целью представленной работы является восстановление истории формирования озерных отложений малых водоемов к западу от краевых образований сальпаусселькя II, эволюции растительного покрова окружающих исследованные озера территорий, гидрологических обстановок на фоне климатических изменений.

Район исследований

Исследуемая территория расположена в Западно-Карельском геоморфологическом районе и представляет собой полого-волнистую равнину с преобладанием абсолютных отметок от 200 до 140 м. Четвертичные отложения представлены основной мореной незначительной мощности, нивелирующей денудационно-тектонический рельеф поверхности. Территория расположена в пределах умеренно-континентального климатического пояса. Климат характеризуется как переходный от морского к континентальному. Среднегодовая температура воздуха 0,5°. Средняя температура июля +15°, января и февраля –12°. Среднее количество осадков составляет около 530 мм. Основные типы почв – подзолистые, болотно-подзолистые и болотные. Подзолистые почвы представлены иллювиально-гумусово-железистыми подзолами, которые приурочены к моренным песчаным и супесчаным отложениям. На территории исследования наибольшее распространение имеют сосновые леса северо-таежного типа.

Озеро I, с абсолютной отметкой (абс. отм.) уреза воды над уровнем моря 141,5 м (N64°20'35", E31°27'16"), имеет вытянутую

в субширотном направлении изометричную форму, непроточное, окружено болотом, расположено вблизи озер Малое и Большое Пертиярви в пределах пологоволнистой ледниково-озерной равнины, сложенной серо-бежевыми мелкозернистыми песками с небольшим количеством гравия (рис. 1). Площадь его не превышает 0,028 км².

Озеро II, с абс. отм. 190 м над уровнем моря (N64°32'37", E30°44'11"), расположено на границе мелкохолмистой моренной равнины и ледниково-озерной равнины. Оно имеет округлую форму, непроточное, площадью около 0,16 км², также окружено болотным массивом. По-видимому, это болото было заливом существовавшего ранее более крупного водоема, объединявшего озера Курккоярви и Айттарви (рис. 1).

Материалы и методика

Материалом для данной работы послужили керны донных отложений из озер, полученные летом 2018 года с помощью отечественного ручного пробоотборника (модифицированного Инсторфа, диаметром 52 мм) с примыкающих к побережьям озер сплавинов. Образцы отбирались с перекрытием в несколько сантиметров. Стратиграфические последовательности обоих разрезов представлены в табл. 1. Образцы были отобраны послойно, без перерывов, каждые 5–10 см, в зависимости от литологии осадков.

В озере I отобрано 25 образцов с глубины 370–150 см (мощность 220 см). В озере II получен керн мощностью 285 см с глубины 405 см, отобрано 37 образцов.

В обеих скважинах базальные горизонты представлены минеральными осадками – песками и алевритами, перекрывающимися органическими сапропелями, торфянистыми сапропелями и торфом.

Техническая обработка проб и приготовление постоянных препаратов на диатомовый анализ выполнялись по общепринятой методике [Диатомовый..., 1949; Диатомовые..., 1974; Давыдова, 1985], при идентификации флоры использовалась различная справочная литература [Определитель..., 1951; Molder, Tynni, 1967–1973; Tynni, 1975–1980; Krammer, Lange-Bertalot, 1991; Баринаева и др., 2006; Генкал, Трифонова, 2009; Генкал, Чекрыжева, 2011; Генкал и др., 2013, 2015; Куликовский и др., 2016].

Обработка проб для палинологического анализа осуществлялась по общепринятым методикам [Пыльцевой..., 1950]: применяли ще-

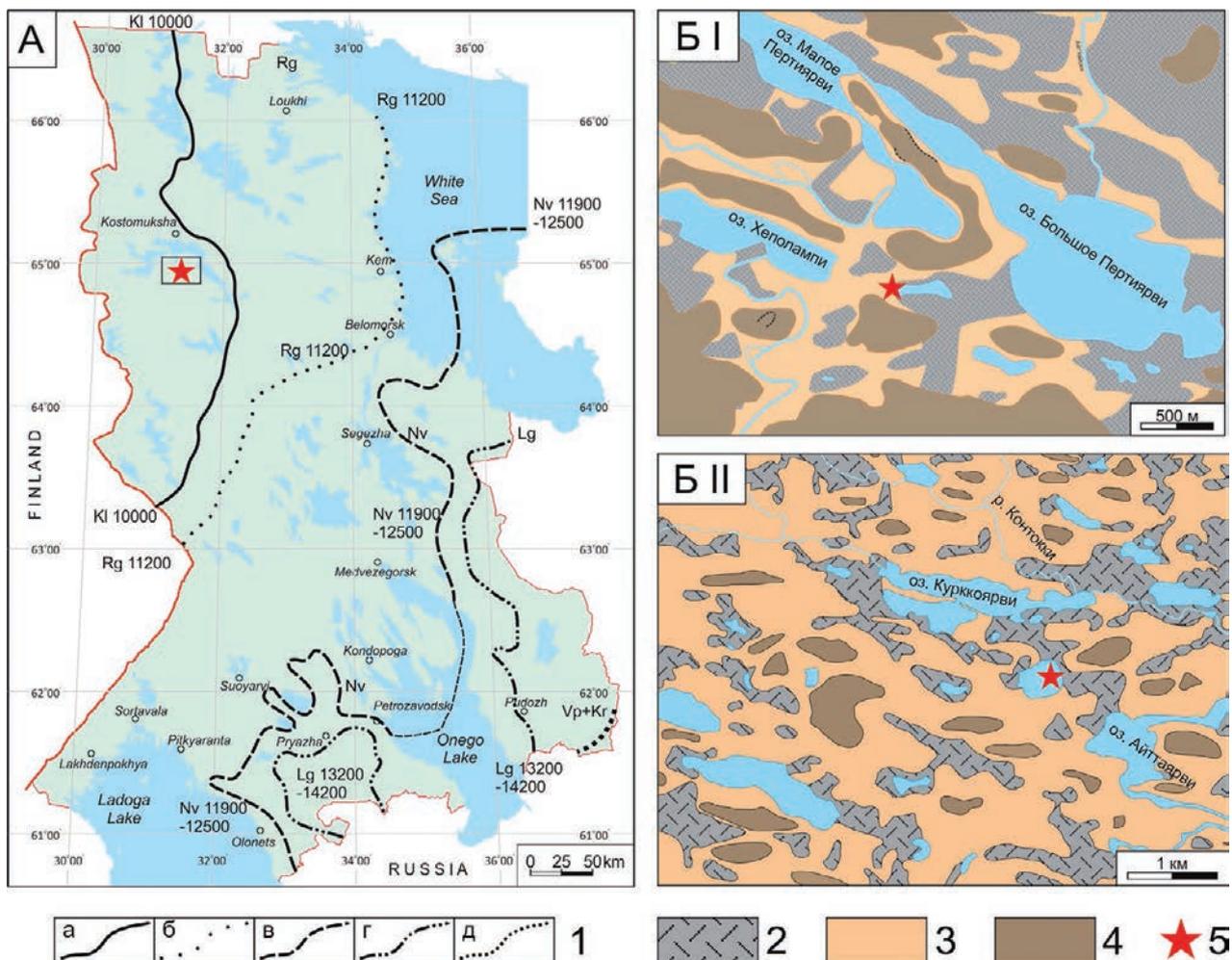


Рис. 1. Местоположение изученных разрезов:

A – положение разрезов относительно краевых образований; 1 – стадии деградации поздневалдайского ледника [по: Ekman, Iljin, 1995]: а – калевальская (сальпаусселькя II), б – ругозерская (сальпаусселькя I), в – невская, г – лужская, д – вепсовско-крестецкая. Б I – расположение озера I, Б II – расположение озера II; 2 – болота, 3 – пологоволнистая моренная равнина, 4 – холмистая моренная равнина, 5 – изученные водоемы

Fig. 1. Location of the studied sections:

A – position of the sections relative to marginal deposits; 1 – Late Valdai glacier degradation stages [after: Ekman & Iljin, 1995]: a – Kalevala (Salpausselkä II), b – Rugozerian (Salpausselkä I), c – Neva, d – Luga, e – Vepsavian-Krestets. Б I – location of lake I, Б II – location of lake II; 2 – mires, 3 – gently undulating morainic plain, 4 – hilly morainic plain, 5 – studied water bodies

лочной метод Поста и ацетолитный Эрдтмана. Для выделения пыльцы и спор из минеральных осадков использовали сепарационный метод В. П. Гричука. 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 Института геологии КарНЦ РАН. Спорово-пыльцевые диаграммы (СПД) построены с использованием компьютерных программ TILIA и TILIA GRAPH [Grimm, 1992]. Подсчет процентных соотношений проводился от общей суммы пыльцы и спор. Наряду с палинологическим анализом

идентифицировали водоросли *Pediastrum* [по: Komárek, Jankovska, 2001].

Из кернов обоих озер отобраны образцы на радиоуглеродный анализ, выполненный в лаборатории Санкт-Петербургского университета. Полученные результаты представлены в табл. 2.

Результаты

По результатам обоих анализов построены спорово-пыльцевые и диатомовые диаграммы. При периодизации СПД использовался сопряженный анализ палинологических и радиоугле-

Таблица 1. Стратиграфия донных отложений исследованных озер

Table 1. Stratigraphy of bottom sediments from the studied lakes

Глубина, см Depth, cm	Озеро I, абс. отм. 141,5 м Lake I, 141,5 m above sea level N64°20'35.6", E31°27'16"	Глубина, см Depth, cm	Озеро II, абс. отм. 190 м Lake II, 190 m above sea level N64°32'37.9", E30°44'11"
370–365	мелко-тонкозернистый песок серого цвета fine-grained gray sand	405–398	гомогенный алеврит серого цвета с голубоватым отливом; контакт с вышележащим горизонтом ровный, отчетливый, отличается по цвету и составу homogeneous steel-gray silt; the contact with the overlying horizon is smooth, distinct, various in color and composition
365–357	сапропель (возможно, диатомовый) го-могенный оливкового цвета; контакт с вышележащим слоем отчетливый, ровный, отличается тонкой, около 1 мм, полоской белесого цвета (возможно, диатомит) homogeneous olive color sapropel (possibly diatomaceous); contact with the overlying layer is distinct, smooth, characterized by a thin, about 1 mm, whitish strip (possibly diatomite)	398–382	алеврит с незначительной примесью органики (в соотношении примерно 90/10 %), цвет серовато-коричневый, на гл. 392–393 см черная примазка органики (возможно, разложившийся уголек); вышележащий контакт четкий, резкий, отличается по цвету и литологии осадков silt with a slight admixture of organic matter (about 90/10 %), grayish-brown color, at a depth of 392–393 cm there is black patch of organic matter (possibly decomposed ember); the overlying contact is distinct, sharp, different in color and lithology of sediments
357–275	сапропель грязно-коричневого цвета с большим количеством полуразложившихся растительных остатков, разжиженный (обводненный); переход к вышележащему горизонту постепенный sapropel of a dirty brown color with a large amount of semi-decomposed plant residues, liquefied (watered); transition to the overlying horizon is gradual	382–357	тонко-мелкозернистые пески с примесью алеврита с заметной горизонтальной слоистостью и волосовидными растительными остатками; на контакте с вышележащими сапропелями песок более грубозернистый (ср/з) fine-grained sands with an admixture of silt with noticeable horizontal stratification and hair-like plant residues; at the contact with the overlying sapropels, the sand is coarser-grained (medium-gr.)
275–210	торфянистый сапропель (80 % торф, 20 % сапропель) или сапропелевый торф коричневого цвета, слегка разжиженный, однородный peaty sapropel (80 % peat, 20 % sapropel) or brown sapropel peat, slightly aqueous, homogeneous	357–345	сапропель оливкового цвета с незначительной примесью песка (2 %) olive color sapropel with a slight admixture of sand (2 %)
210–190	сапропель гомогенный, слегка разжиженный, коричневого цвета, с незначительным содержанием растительных остатков homogeneous, slightly aqueous sapropel of brown color, with a low content of plant residues	345–230	сапропель темно-коричневого (бурого) цвета с полуразложившимися растительными остатками sapropel of dark brown (brown) color with semi-decomposed plant residues
190–150	сапропель торфянистый peaty sapropel	230–165	сапропель светло-коричневый с множеством неразложившихся растительных остатков, постепенно переходящий в торф; контакт с торфом отличается по более светлому цвету, выражается по значительному содержанию растительных остатков light-brown sapropel with many undecomposed plant residues, gradually turning into peat; contact with peat is distinguished by a lighter color, expressed by a significant content of plant residues
		165–120	торф, светло-коричневый peat, light-brown
150–0	вода water	120–0	вода water

родных данных, а также схемы позднеледникова и голоцена [Хотинский, 1977; Елина, 1981], основанные на модели Блитта – Сернандера.

Исходя из этого выделены палинологические зоны (ПЗ), соответствующие климатическим периодам и фазам голоцена.

Таблица 2. Данные радиоуглеродного датирования донных осадков исследованных озер

Table 2. Radiocarbon dating data for bottom sediments from the studied lakes

№ обр. Sample No.	Озера Lake	Абс. отм. над уровнем морья, м A. s. l., m	Лаб. номер Lab. No	Глубина отбора проб Sampling depth	Тип отложений Sediments type	Радиоуглеродный возраст, лет назад Radiocarbon age, years ago	Калиброванный возраст (календарный), кал. лет назад Calibrated age (calendar), cal. years ago
1	I	141,5	ЛУ-9250	3,65–3,55	сапропель оливковый olive color sapropel	9140 ± 220	10320 ± 330
2			ЛУ-9251	2,30–2,20	торфянистый сапропель peaty sapropel	3860 ± 60	4280 ± 90
3	II	190	ЛУ-9248	3,50–3,40	сапропель оливково-черный olive-black color sapropel	7340 ± 90	8160 ± 100
4			ЛУ-9249	2,50–2,40	сапропель бурый brown sapropel	4650 ± 60	5390 ± 100

Примечание. Значения календарного возраста приведены на основании калибровочной программы OxCal 4.3 (калибровочная кривая IntCal13, BOMB13NH1). Christopher Bronk Ramsey (<https://c14.arch.ox.ac.uk>).

Note. The calendar ages are based on the OxCal 4.3 calibration program (calibration curve IntCal13, BOMB13NH1). Christopher Bronk Ramsey (<https://c14.arch.ox.ac.uk>).

Озеро I

Спорово-пыльцевой анализ

В построенной диаграмме озера I выделено пять локальных пыльцевых зон (ПЗ) (рис. 2).

ПЗ I (370–345 см). Основная особенность этой зоны – нарастание вклада пыльцы древесных пород (60–75 %) при доминировании пыльцы *Betula sect. Albae*, количество которой уменьшается к верхней границе зоны от 53 до 20 %, доля пыльцы *Pinus*, напротив, возрастает от 4 до 45 %. Среди кустарничков преобладает Ericales (до 9 %), травянистых – Cyperaceae и Poaceae, присутствует пыльца *Artemisia*, Chenopodiaceae. В группе споровых доминирует Bryales, отмечены споры Polypodiaceae, *Equisetum*, *Lycopodium pungens*, *Diphasiastrum complanatum*, *Selaginella selaginoides*, *Huperzia appressum*. Некоторые особенности данной палинозоны позволяют разделить ее на две субпалинозоны: в первой (370–359 см) отмечено стабильное содержание *Pinus* (5 %), во второй (359–345 см) – возрастание ее участия в спорово-пыльцевых спектрах (СПС). Противоположную тенденцию демонстрирует пыльца *Betula sect. Albae*. Прерываются кривые *Artemisia* и Chenopodiaceae. Изменения в составе пыльцевых спектров, послужившие основанием для выделения палинозоны в целом и подзон внутри нее, отражают перестройку растительных сообществ, вызванную увеличением теплообеспеченности и влажности. Признаки потепления и повышения влажности климата хорошо прослеживаются на пыльцевой диаграмме по увеличению вкла-

да пыльцы древесных пород. Радиоуглеродная дата 9170 ± 220 С¹⁴ л. н. указывает на то, что формирование спорово-пыльцевых спектров (СПС) палинозоны происходило в начале бореального периода. Но по мнению авторов, основанному на данных палинологического анализа, датировка является несколько омоложенной, а образование СПС данной палинозоны соответствует заключительному этапу пребореального периода (10300–9300 С¹⁴ л. н.).

Основанием для выделения **ПЗ II (345–319 см)** послужило увеличение вклада пыльцы *Pinus* (до 60 %) и снижение доли пыльцы *Betula sect. Albae* (до 20 %), а также дальнейшее повышение удельного веса пыльцы древесных (до 85 %). Насыщенность осадков пыльцой увеличивается. Количество пыльцы Ericales, *Betula nana* уменьшается до долей процента. В группе травянистых доминирует пыльца Cyperaceae и Poaceae, доля каждой из них не превышает 5 %. Вклад пыльцы других трав разнообразен (Fabaceae, Liliaceae, Ranunculaceae, *Thalictrum*, Rosaceae, *Filipendula ulmaria*, Scrophulariaceae и др.), но незначителен в количественном отношении. Среди спор преобладает Bryales. Появляется пыльца прибрежно-водных растений (*Sparganium*). Описанные изменения в составе спектров отражают увеличение роли лесных (сосновых) сообществ под воздействием потепления и дефицита влажности. В соответствии с данными анализа можно предположить, что СПС палинозоны были сформированы в бореальное время (9300–8000 С¹⁴ л. н.).

ПЗ III (319–254 см). Основным объединяющим фактором СПС палинозоны является по-

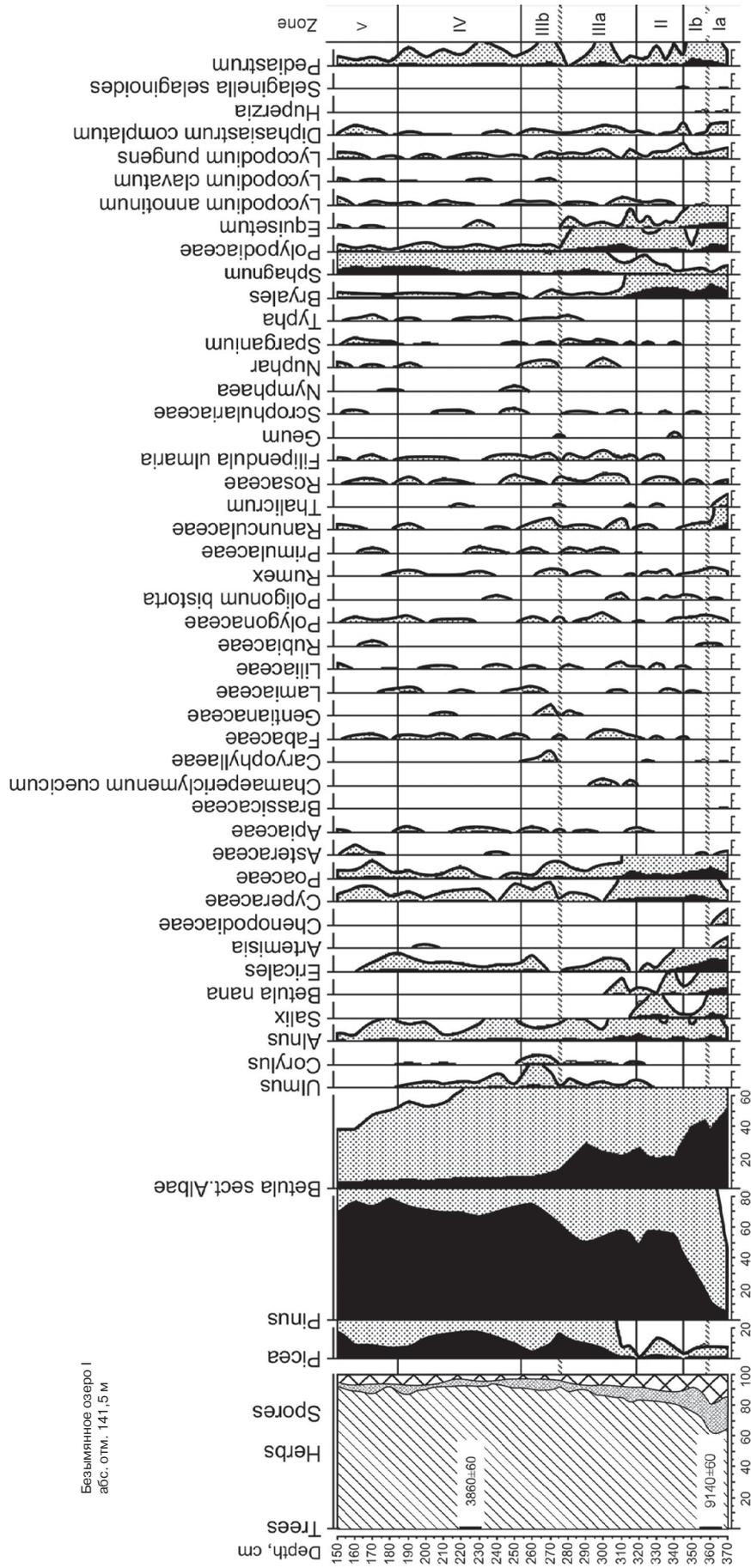


Рис. 2. Спорно-пыльцевая диаграмма донных отложений безымянного озера I (абс. отм. 141,5 м)

Fig. 2. Spore-and-pollen diagram of bottom sediments from nameless lake I (141.5 m a. s. l.)

стоянное присутствие пыльцы термофильных пород *Ulmus*, *Corylus*, *Alnus glutinosa*, что свидетельствует о повышении теплообеспеченности и влажности климата. Это дает основание сделать предположение о формировании данной палинозоны в атлантический период голоцена (8000–4500 С¹⁴ л. н.). Вторая отличительная особенность – увеличение вклада пыльцы *Pinus* (50–78 %). Здесь же отмечена рациональная граница пыльцы *Picea* (18 %). В целом пыльца травянистых разнообразна: идентифицирована пыльца Asteraceae, Apiaceae, Fabaceae, Lamiales, Liliaceae, Polygonaceae, Ranunculaceae, Scrophulariaceae и др. Доминантами являются Poaceae и Cyperaceae. Появляется пыльца прибрежно-водных растений *Sparganium*, *Nuphar*, *Typha*. Ведущими компонентами в группе споровых становятся Polytrichaceae и Sphagnum, увеличивается вклад спор лесных видов плаунов. Некоторые нюансы позволяют выделить две субпалинозоны: IIIa (319–276 см) и IIIb (276–254 см), в первой из них отмечено высокое и стабильное содержание пыльцы *Betula sect. Albae* (25–35 %) и увеличение доли *Picea*, во второй – уменьшение вклада *Picea* и *Betula sect. Albae*, повышение – *Pinus* и термофильных пород.

ПЗ IV (254–184 см). Характерная особенность палинозоны – увеличение вклада пыльцы *Picea* (~20 %), на фоне доминирования пыльцы *Pinus* (70 %). Вторая особенность – падение количества пыльцы *Ulmus*, выклинивание кривой *Corylus* у нижней границы палинозоны, что свидетельствует о похолодании в начале суббореального времени. Данные анализа и радиоуглеродная датировка 3860 ± 60 л. н. позволяют предположить, что СПС данной палинозоны сформировались в суббореальное время (4500–2500 С¹⁴ л. н.).

ПЗ V (184–150 см) выделена на основании полного исчезновения из спектров пыльцы термофильных пород, что указывает на изменение климатических условий в сторону похолодания. Для СПС палинозоны характерно самое высокое содержание пыльцы *Pinus* (до 85 %), вклад *Betula sect. Albae* незначителен. Отмечено колебание пыльцы ели (доля *Picea* составляет примерно 8 %, а с гл. 160 см увеличивается до 20 %), неустойчивое содержание пыльцы ели в спектрах, скорее всего, обусловлено не колебаниями температурного режима, а изменением влажности климата. Набор пыльцы травянистых разнообразен, несколько увеличивается количество пыльцы водных и прибрежно-водных растений. Среди споровых доминирует *Sphagnum*. Возрастает удельный вес спор плаунов.

Диатомовый анализ

По результатам диатомового анализа озера I построена диатомовая диаграмма (рис. 3). В разрезе выделено 7 диатомовых зон (DZ), состав диатомовых комплексов отражает палеоэкологические условия развития водоема в голоцене.

DZ-1 (370–365 см) выделена по одному образцу в мелко-тонкозернистом песке. Диатомовый комплекс данного интервала значительно отличается от такового в вышележащем слое. Как видно из диатомовой диаграммы, господствующее положение занимают виды из обрастаний, составляющие около 80 % от общего состава флоры и представленные главным образом разнообразными формами рода *Stauroneis* sp. Кроме них в существенно меньших количествах присутствуют створки из родов *Eunotia* sp., *Gomphonema* sp., а также донные родов *Pinnularia* sp., *Stauroneis* sp. Формирование песков происходило в условиях близкой к нейтральной среде pH, в слабоминерализованном водоеме.

DZ-2 (365–357 см) выделена в оливковых гомогенных диатомовых сапропелях на основании заметных изменений в составе диатомового комплекса, в котором количество ранее господствовавших видов рода *Stauroneis* sp. резко сократилось (с 80 до 20 %). Появились планктонно-литоральные формы *Tabellaria fenestrata*, характерные для неглубоких северных водоемов. Увеличилось количество и разнообразие форм обрастаний родов *Cymbella* sp., *Gomphonema* sp., *Eunotia* sp., *Tabellaria flocculosa*. Кроме них расширился спектр и донных форм, представленных *Neidium* sp., *Nitzschia* sp., *Pinnularia* sp., *Stauroneis* sp. Все это свидетельствует о возможном снижении уровня водоема, сокращении прибрежной мелководной зоны и похолодании климата. Радиоуглеродная датировка, полученная с гл. 365–355 см (табл. 2.) из диатомовых оливковых сапропелей, залегающих непосредственно на песках, свидетельствует о накоплении осадков 9140 ± 220 л. н. (10320 ± 330 кал. л. н.), т. е. в пребореале.

DZ-3 (357–325 см) выделена в сапропелях с большим количеством неразложившихся растительных остатков. Состав диатомового комплекса вновь претерпевает некоторые изменения. Во-первых, заметно возрастает доля донных форм, среди которых доминируют виды рода *Pinnularia* sp., достигая почти 40 %, что, вероятно, связано со снижением уровня водоема. Роль планктонных сводится до минимума и не превышает 2 %. Также заметно снижается и доля обрастателей *Cymbella* sp., *Gomphone-*

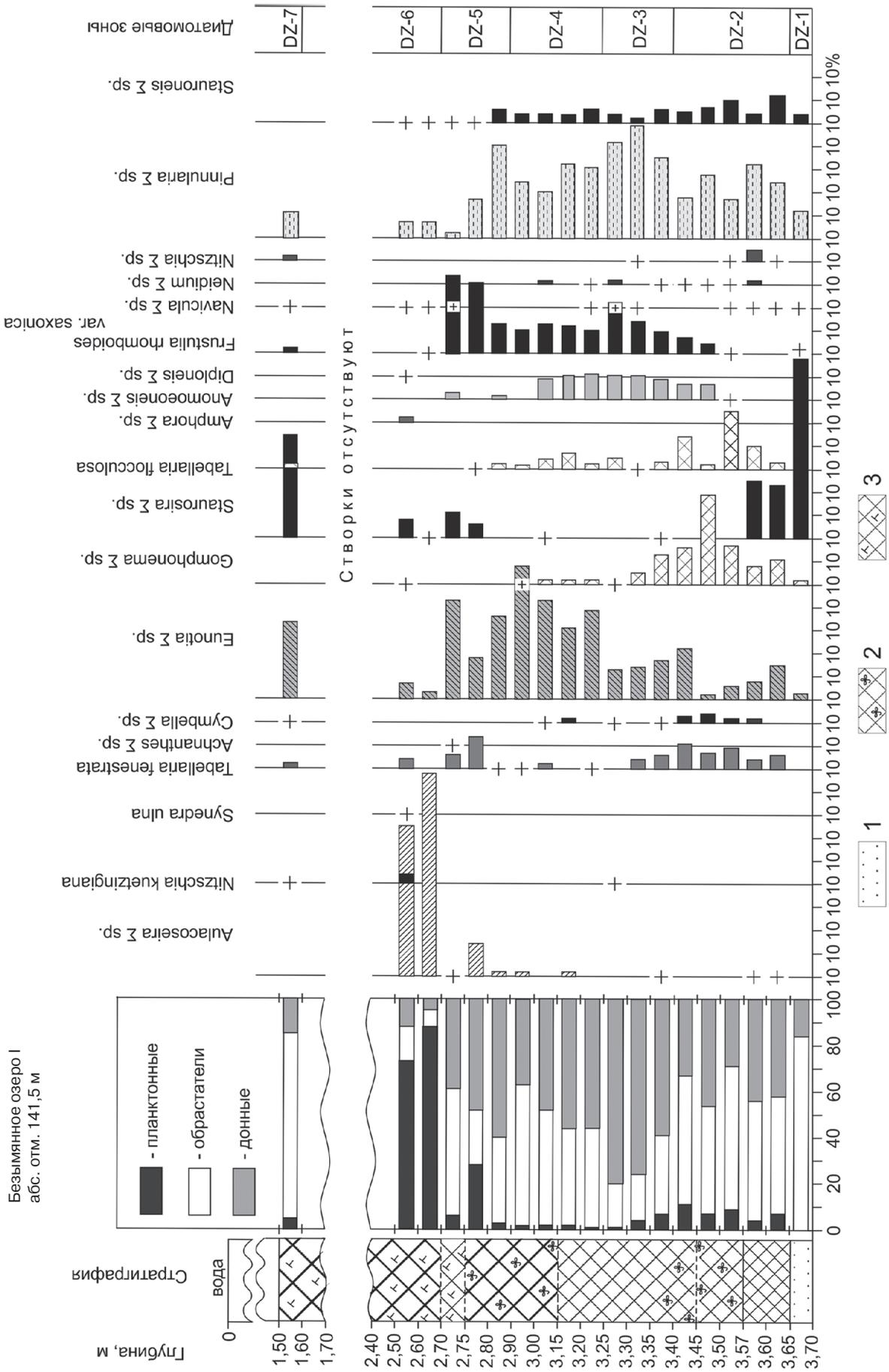


Рис. 3. Диагномовая диаграмма донных отложений безымянного озера I (абс. отм. 141,5 м)

Fig. 3. Diatom diagram of bottom sediments from nameless lake I (141.5 m a. s. l.)

ma sp., *Tabellaria flocculosa*, которые вытесняются донными видами *Anomoeoneis* sp., *Frustulia saxonica*, предпочитающими условия кислой среды и развивающимися при pH около 5–5,5. Снижение уровня водоема могло быть связано с сухостью климата в бореальное время.

DZ-4 (325–290 см) выделена в темно-коричневых гомогенных сапропелях на основании новых заметных изменений в составе диатомового комплекса. Доля планктонных форм остается неизменной. Содержание донных форм снижается, их вытесняют типичные представители болот – виды обрастаний рода *Eunotia* sp., развитие которых обычно увеличивается в условиях увлажнения климата и усиления процессов заболачивания территорий. Количество видов *Frustulia* sp., *Tabellaria flocculosa* довольно стабильно и не превышает 15 % от общей численности комплекса. Донные формы рода *Anomoeoneis* sp. к концу этапа практически прекращают вегетировать. Стабильно участие основных доминантов, донных рода *Pinnularia* sp., составляющих почти половину диатомового комплекса. Вполне возможно, что процессы заболачивания были связаны с потеплением и увлажнением климата в атлантическое время.

DZ-5 (290–270 см). На данном этапе возрастает роль планктонных форм, их доля повышается с 2 до 20–30 %. Увеличивается содержание и планктонно-литоральных *Tabellaria fenestrata*, появляются в небольшом количестве «мелководные» *Staurosira* sp. Все это свидетельствует о потеплении и увлажнении климата во время климатического оптимума.

DZ-6 (270–250 см). Продолжается накопление торфянистых сапропелей, в которых резко до 90 % возрастает содержание планктонных форм рода *Aulacoseira* sp., характерных для северных водоемов, которым сопутствуют присутствующие на предыдущих этапах формы обрастаний рода *Eunotia* sp. и донные рода *Pinnularia* sp. Господство планктонных является результатом обводнения водоема, возможного в условиях влажного климата атлантического времени.

С гл. 250–160 см диатомовые створки в сапропелях отсутствуют. В развитии водоема для этого времени можно предположить несколько сценариев. Во-первых, данная часть озера, где отбирались образцы, могла быть осушена и развивалась в аэральных условиях. Во-вторых, из-за сухости климата в водоем не поступало достаточного количества питательных веществ и кислорода для развития диатомей, что характерно для условий суббореального времени и отмечается по диатомовым комплексам донных отложений некоторых озер

Карелии [Шелехова, 1998; Шелехова, Лаврова, 2011]. Радиоуглеродная датировка, полученная в пределах этого интервала глубин (табл. 2), свидетельствует о накоплении осадков в суббореальное время и подтверждает наши предположения.

DZ-7 (160–150 см) отражена по одному образцу из завершающих разрез торфянистых сапропелей, в которых доминируют формы обрастаний рода *Staurosira* sp., а также типичные болотные виды родов *Eunotia* sp., *Pinnularia* sp., четко отвечая условиям увлажнения климата в субатлантическое время.

Озеро II

Спорово-пыльцевой анализ

В построенной диаграмме выделено четыре локальные пыльцевые зоны (рис. 4).

ПЗ I (400–356 см). СПС палинозоны характеризуются довольно высоким содержанием пыльцы трав и кустарничков – 35–40 %, тогда как доля древесных составляет 50 %, спор – ~20 %. Доминирующая пыльца *Betula* sect. *Albae* имеет тенденцию к уменьшению от 37 до 15 %, количество пыльцы *Pinus* увеличивается от 10 до 18 %, количество пыльцы *Picea* не превышает 1–2 %, *Alnus* – 1,5–1 %, *Salix* – 1–1,5 %. Доля *Ericales* уменьшается от 20 до 15 % к верхней границе зоны. Идентифицирована пыльца *Juniperus*. Доля *Artemisia* и *Chenopodiaceae* составляет 2 и 1 % соответственно. Среди пыльцы травянистых преобладает *Cyperaceae* (5–7 %), *Poaceae* (3–5 %), *Ranunculaceae* (7–8 %). Пыльца других травянистых встречается в незначительных количествах, но состав ее весьма разнообразен. В группе споровых преобладает *Bryales*, *Lycopodiaceae* (главным образом *Lycopodium pungens*, *Diphasiastrum complanatum*), *Polypodiaceae*, *Equisetum*, встречается пыльца *Selaginella selaginoides*. Состав пыльцы и спор весьма схож с СПС ПЗ I озера I, в полной мере это касается содержания и тенденций изменения основных компонентов спектров: *Betula* sect. *Albae*, *Pinus*, а также *Ericales*. Данные анализа и близкие результаты, полученные по разрезу озера I, дают основание предполагать, что время формирования этой палинозоны относится к пребореальному периоду.

ПЗ II (356–248 см). Нижняя граница проведена под резким повышением вклада пыльцы *Pinus* и практически совпадает с четким контактом между минеральными и органомными отложениями. СПС отличаются максимумом пыльцы *Pinus* (60–70 %), который обычно свойственен бореальному периоду. Но учитывая

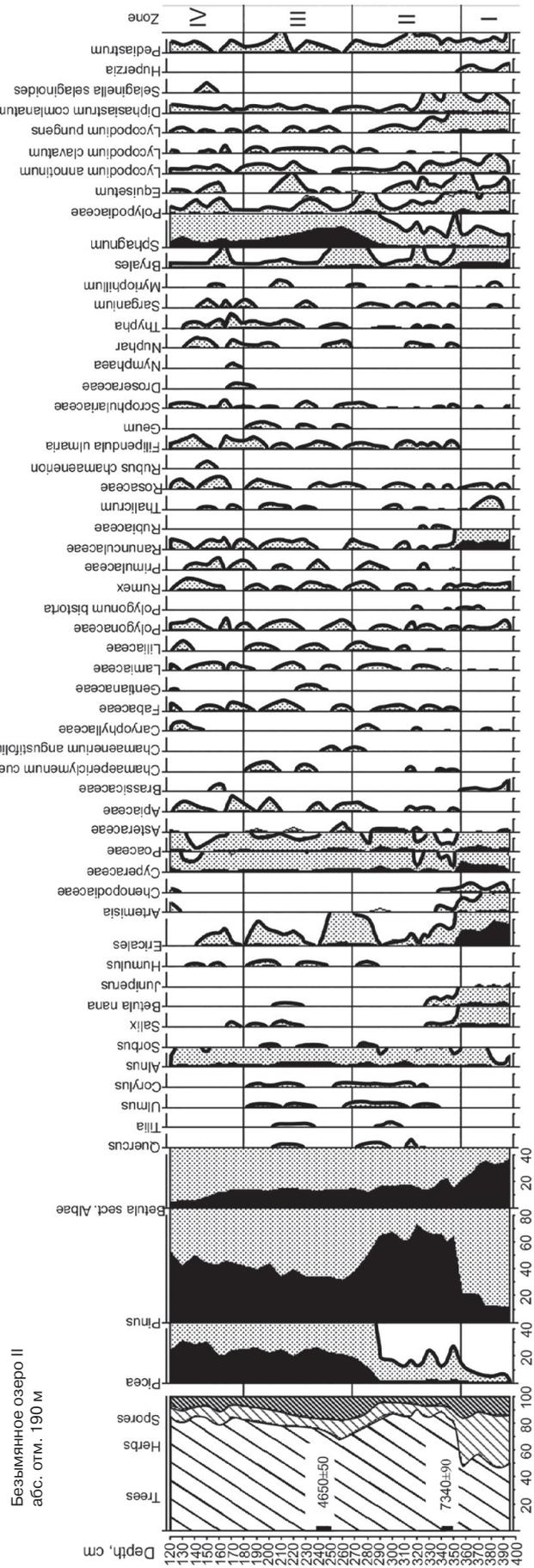


Рис. 4. Спорово-пыльцевая диаграмма донных отложений безымянного озера II (абс. отм. 190 м)
 Fig. 4. Spore-and-pollen diagram of bottom sediments from nameless lake II (190 m a. s. l.)

резкий четкий контакт между отложениями, в которых выделена I и II палинозоны, радиоуглеродную дату, а также присутствие в осадках пыльцы термофильных пород (*Quercus*, *Ulmus*, *Corylus*, *Alnus glutinosa*), мы предполагаем, что СПС были сформированы в атлантическое время (8000–4500 С¹⁴ л. н.), а отложения бореала отсутствуют. Это подтверждается двумя радиоуглеродными датировками с гл. 350–340 см – 7340 ± 90 л. н. и гл. 250–240 см – 4650 ± 50 л. н. (табл. 2). Возможно, во время сухого климатического режима в бореале, а также продолжавшегося гляциоизостатического подъема Фенноскандинавского щита уровень воды в водоеме понизился настолько, что формирование осадков прекратилось и возобновилось лишь в условиях влажного климата атлантического времени. Идентифицирована пыльца ели. Примечательно, что в палинозоне, соответствующей атлантическому времени озера I, также отмечена рациональная граница пыльцы *Picea*. Основным компонентом спектров пыльцы травянистых выступает пыльца Роасеае и Суреаеае (их доля колеблется в пределах 3–5 %). Увеличивается разнообразие водных и прибрежно-водных видов *Nuphar*, *Tupha*, *Sparganium*, *Myriophyllum*.

ПЗ III (248–180 см). СПС данной палинозоны характеризуются увеличением вклада пыльцы *Picea* (~30 %) на фоне доминирования пыльцы *Pinus* (40–43 %). Доля *Betula* sect. *Albae* составляет 15–20 %. У нижней границы отсутствует пыльца термофильных пород. Выше глубины 240 см пыльца термофильных пород появляется вновь, это было обусловлено климатическими колебаниями: резким похолоданием, а затем новым повышением температурного режима и влажности климата, что характерно для суббореального периода. Состав разнотравья и прибрежно-водных видов не меняется по сравнению с предыдущей палинозоной, в группе споровых значительно возрастает вклад спор *Sphagnum*. Данные анализа и радиоуглеродная датировка 4650 ± 50 л. н. позволяют предположить, что СПС данной палинозоны сформировались в суббореальное время (4500–2500 С¹⁴ л. н.).

ПЗ IV (180–120 см). Основная особенность СПС данной зоны – выпадение из СПС неморального комплекса пыльцы и увеличение доли *Picea* (35 %), появление спор гипоарктического вида *Selaginella selaginoides*, что может свидетельствовать о дальнейшем похолодании и увеличении влажности климата. В целом в СПС доминирует пыльца *Pinus* (до 50 %). Сохраняется преемственность в составе группы травянистых и водных, прибрежно-водных ви-

дов, появляется Droseraceae. Среди споровых доминирует *Sphagnum*. Исходя из данных анализа, можно предположить, что формирование СПС рассматриваемой палинозоны происходило в субатлантическом периоде (2500 л. н. – настоящее время).

Диатомовый анализ

По результатам диатомового анализа в разрезе выделено 7 диатомовых зон (рис. 5).

DZ-1 (405–395 см) – выделена по двум образцам алевритов, к верху интервала обогащенных органикой. Диатомовый комплекс в данных осадках отличается доминированием (около 80 %) эпифитов рода *Staurosira* sp. с разновидностями, заселяющих водоемы в начале развития. Из других эпифитов в незначительных количествах выделены виды рода *Gomphonema* sp., *Tabellaria flocculosa*, *Tetracyclus* sp. Участие планктонных форм не превышает 2 %, а среди донных, которых не более 20 %, представлены виды родов *Navicula* sp., *Nitzschia* sp., *Pinnularia* sp. Биогеография видов свидетельствует о преобладании космополитных форм, при достаточной доле арктоальпийских и бореальных, в сумме составляющих до 40 % от общего состава флоры. Необходимо отметить, что при полном господстве индифферентов по отношению к солености и незначительной доле (до 5 %) галофобов на данном этапе присутствуют, снижаясь с 20 до 10 %, галофилы – это связано с поступлением питательных веществ из свежееотложенных осадков. Реконструированные значения pH близки к нейтральным (немногим превышали 7). Таким образом, все характеристики свидетельствуют о развитии водоема в пребореальное время.

DZ-2 (390–357 см) характеризуется резкими изменениями как в литологии осадков, так и в составе диатомового комплекса. В это время в начале этапа накапливались горизонтально-слоистые алевриты с примесью органики серовато-коричневого цвета, с четким контактом сменяющиеся тонко-мелкозернистыми песками с примесью алеврита и волосовидными растительными остатками. Полное господство (от 60 до 96 % флоры) принадлежит прежним формам обрастаний рода *Staurosira* (и их вариациям). Содоминантами (с содержанием до 5 %) выступают обрастатели родов *Cymbella* sp., *Gomphonema* sp., *Tabellaria flocculosa*. Незначительную роль играют донные виды родов *Navicula*, *Nitzschia*. Очень примечательно единичное присутствие видов рода *Epithemia* sp. На данном этапе изменяется состав диатомовой флоры по географическому распростра-

нению – роль арктоальпийских и бореальных форм несколько снижается (в сумме до 20 %), указывая на потепление климата. По отношению к галобности доминируют индифференты. Возрастает pH среды, условия становятся слабощелочными, что свидетельствует о дальнейшем потеплении климата и усилении притока питательных веществ.

DZ-3 (357–340 см) выделена в сапропелях с большим количеством растительных остатков, резко сменивших подстилающие их пески. Численность господствующих на предыдущем этапе форм обрастаний заметно снизилась, их вытеснили донные *Amphora* sp., *Frustulia* sp., *Pinnularia* sp., *Stauroneis* sp., *Anomoeoneis* sp., достигающие около 60 %. Полностью исчезли пионерные виды рода *Staurosira*, из эпифитов присутствовали диатомовые родов *Eunotia* sp., *Cymbella* sp., *Tabellaria flocculosa* и др. Среди планктонных форм выявлены единичные створки видов рода *Cyclotella* sp., *Nitzschia kuetzingiana*. Эколого-географические характеристики данного отрезка указывают на преобладание в географическом распространении арктоальпийских и бореальных форм (от 60 до 90 %). В структуре видов по галобности господствуют индифференты, доля мезогалобов и галофилов заметно снижается и не превышает 2–5 %. Следовательно, минерализация воды была очень низкой, что подтверждается и реконструированным значением pH, составляющим не более 5. Все особенности диатомового комплекса данного отрезка формирования водоема свидетельствуют о развитии флоры в относительно холодной воде и кислой среде. Радиоуглеродная датировка с гл. 350–340 см (табл. 2) указывает на формирование осадков в атлантический период.

DZ-4 (340–320 см). В это время в водоеме продолжали накапливаться сапропели. Условия развития флоры были довольно нестабильны: доля планктонных форм с доминированием различных видов рода *Aulacoseira* sp. возросла с 2–5 до 70 %. Поэтому можно предположить, что уровень водоема в это время значительно повысился, возможно, за счет увлажнения климата. Также возросло участие типично болотных видов обрастаний рода *Eunotia* sp., донных форм рода *Pinnularia* sp., что явно указывает на обводнение прибрежной зоны и заболачивание берегов. Кроме них довольно большую роль играли донные формы родов *Anomoeoneis* sp., *Frustulia saxonica*, *Stauroneis* sp., большинство из которых развивается в кислой среде. Это доказывается низкими значениями pH (около 5), а также доминированием индифферентов и ацидофилов по отношению к галобности.

DZ-5 (320–250 см) выделена в слое сапропеля с меньшим содержанием неразложившихся растительных остатков по смене в составе диатомового комплекса. На данном этапе еще больше возросла роль видов рода *Eunotia* sp., достигших 70–80 % от общего состава, а также болотных форм донных видов рода *Pinnularia* sp. Доля планктонных родов *Aulacoseira* sp. резко снизилась, причем появились планктонно-литоральные формы *Tabellaria fenestrata*. Почти не изменилось присутствие прежних донных форм *Anomoeoneis* sp., *Frustulia saxonica*, *Stauroneis* sp. Господствовали арктоальпийские и бореальные формы, постепенно увеличиваясь от 20 до 80 % и более. По-прежнему индифференты и ацидофилы составляли примерно одинаковую долю (около 50 %), среда оставалась кислой (pH около 5). Анализируя изменения в структуре комплекса, можно предположить некоторое снижение уровня водоема, что стало возможным в результате уменьшения влажности в конце атлантического периода. Радиоуглеродная датировка с гл. 250–240 см (табл. 2) подтверждает это предположение.

DZ 6 (250–170 см). На данном этапе продолжают накапливаться сапропели, в конце интервала значительно обогащенные неразложившимися растительными остатками. Роль планктонного сообщества, составляя в начале этапа около 20 %, на всем протяжении его не превышает 5 %. Поэтому можно говорить о снижении уровня водоема. Однако господство болотных форм рода *Eunotia* sp. указывает на продолжающиеся процессы заболачивания территории вокруг озера. Присутствуют в практически неизменном количестве донные *Pinnularia* sp., *Frustulia saxonica*, *Stauroneis* sp. Доля галофилов и индифферентов также почти одинакова, значения pH – низкие. Поэтому можно утверждать, что условия среды были кислыми, вода – слабоминерализованной. Снижение уровня водоема произошло в результате сухости климата в суббореальное время.

DZ-7 (170–120 см). Накапливались разжиженные сапропели с растительными остатками. В составе диатомового комплекса резко возросла доля планктонно-литоральных форм *Tabellaria fenestrata*, хотя по-прежнему развивались болотные формы *Eunotia* sp., *Pinnularia* sp. Вероятно, произошло обводнение водоема за счет увлажнения климата, характерного для субатлантического времени.

Обсуждение

Результаты исследования позволили выделить основные периоды голоцена и реконстру-

ировать этапы развития озер начиная с пребореала. В раннем голоцене после окончательного таяния льда здесь существовали обширные холодные остаточные водоемы, уровень которых снижался, от них отделялись более мелкие озера и продолжали самостоятельное развитие.

Пребореальный период. По полученным данным можно заметить, что в обоих водоемах накопление терригенных отложений происходило в **пребореальное время**. В озере II, расположенном на более высокой абсолютной отметке 190 м, накапливались гомогенные алевриты, сменившиеся алевритами с незначительной примесью органики, а затем тонко-мелкозернистыми песками и в конце периода более крупнозернистыми песками. Такая градиционная литологическая последовательность предполагает постепенное снижение уровня водоема. Это подтверждается составом диатомового комплекса с доминированием типичных для начальных этапов заселения водоемов пионерных форм рода *Staurosira*. В озере I, лежащем на более низкой абс. отм. 141,5 м, в это время накапливались тонко-мелкозернистые пески. Диатомовый комплекс озера очень сходен, и в нем также доминировали пионерные формы рода *Staurosira*. Можно предположить, что водоем начал формироваться раньше на более высокой абсолютной отметке, чем на низкой. В пользу этого предположения говорит наличие в озере II небольшого количества галофильных форм (20–10 %), связанных с поступлением в водоем питательных веществ из первично расконсервированной морены. В обоих озерах доминантным формам сопутствовал набор почти одинаковых видов, тем самым подтверждая идентичность условий развития флоры. Некоторые различия связаны с геоморфологическими условиями.

Как упоминалось выше, озера образовались не ранее 9800 л. н. Вслед за отступающим ледником на изучаемую территорию проникли растения, способные произрастать на недавно освободившихся ото льда субстратах. Достаточно быстро сюда мигрировали пионерные древесные породы (*Betula pubescens*, *B. czerepanovii*), что и получило отражение в диаграммах донных отложений.

Согласно результатам спорово-пыльцевого анализа, в пребореале растительный покров был еще не полностью сомкнут. Об этом свидетельствует низкая насыщенность осадков пыльцой, довольно высокое значение плаунов, находки пыльцы можжевельника, предпочитающего супесчаные, песчаные почвы, обычно произрастающего на открытых местообита-

ниях и в разреженных лесах. На существование открытых местообитаний также указывает терригенный состав осадков, накопление которых было возможным лишь в условиях несомкнутого растительного покрова и наличия участков с не закрепленными растительностью грунтами. На территории исследования доминировало березовое редколесье, но существовали тундровые кустарничковые палеосообщества с ерикоидными кустарничками, карликовой березкой и ивой. Впоследствии, к концу пребореального периода леса становятся более сомкнутыми, в них увеличивается роль сосны, которая занимала возвышенные сухие местообитания. Интересно отметить, что в СПС пребореальных отложений озера I количество пыльцы *Ericales* составляет 9 %, а в СПС разреза озера II – 15–20 %. Таким образом, в растительном покрове территории, окружающей озеро II, роль тундровых кустарничковых сообществ была более значимой. Вероятно, это обусловлено геоморфологическими факторами: большая расчлененность рельефа мелкохолмистой моренной равнины по сравнению с озерно-ледниковой равниной создает более разнообразные условия при распределении тепла, влаги и питательных веществ. Влияние мезорельефа может быть сопоставимо с влиянием материнских пород на режим элементов питания [Липкина, 1987]. Следует отметить, что согласно опубликованным данным ряда исследователей в лесной зоне в разных регионах Европы область поступления пыльцы в озеро или болото небольших размеров (примерно 1 га) определена как расстояние 1,5–2,5 км от края водоема [по: Новенко и др., 2016]. Это в значительной степени относится к изученным озерам, расположенным на расстоянии 42 км друг от друга. Таким образом, СПС, сформировавшиеся в небольшом озере, дают возможность получить информацию о локальной растительности, непосредственно окружавшей исследуемые водоемы на фоне изменения климата, геоморфологических условий и литологического состава подстилающих пород.

Бореальный период. Анализ донных отложений озера I позволил выявить полный спектр изменений растительности и диатомовых комплексов на протяжении голоцена, в то время как реконструировать состав диатомовой флоры и последовательную смену фаз развития растительного покрова в окрестностях озера II не удалось вследствие перерыва в осадконакоплении в бореальное время. Об этом свидетельствует отчетливое и резкое изменение кривых основных компонентов СПС, совпадающее с четким контактом в литологии осадков.

Кроме того, диатомовая флора вышележащих сапропелей значительно отличается от таковой на предыдущем этапе. Полное исчезновение из спектра диатомовых видов рода *Staurosira* и вытеснение их на следующем этапе болотными формами рода *Eunotia* sp., *Pinnularia* sp. – явное тому подтверждение. Следовательно, можно предположить, что в месте отбора проб озеро было осушено из-за значительного падения его уровня. Снижение уровня фиксируется и в озере I по литологии осадков, по составу диатомового комплекса и по изменениям в СПС. В бореальное время в нем вначале накапливались сапропели с большим количеством неразложившихся растительных остатков. Минимальное содержание планктонных (2%) и обрастателей *Cymbella* sp., *Gomphonema* sp., *Tabellaria flocculosa*, которые вытесняются доминирующими донными видами родов *Pinnularia* sp., *Anomoeoneis* sp., *Frustulia saxonica*, является доказательством снижения глубины водоема, чему способствовал дефицит влажности, а также продолжавшийся гляциоизостатический подъем Фенноскандинавского щита. Это привело к снижению уровня грунтовых вод, что благоприятствовало быстрому распространению и почти полному господству сосновых лесов и нашло отражение в СПС донных отложений исследованных озер и на многих СПД Карелии и северо-запада России [Филимонова, 1995, 2014; Елина и др., 2000; Savelieva et al., 2019 и др.]. Кроме этого, экспансии сосновых лесов способствовали легкие по механическому составу и хорошо дренируемые песчаные почвы, широко распространенные на изучаемой территории. Понижение уровня водоемов наряду с потеплением климата привело к появлению хорошо прогреваемых мелководий, зараставших прибрежно-водными видами (*Sparganium*, *Polygonum amphibium*, видами семейства *Syrageaceae*). Отметим, что понижение уровня озер в рассматриваемый период зафиксировано в Европе и на северо-западе России [Сапелко и др., 2009; Субетто, 2009; Борисова, 2014 и др.], а также выявлено для большинства озер Карелии [Шелехова, 1993, 1995, 1996, 1998; Шелехова и др., 2004; Vasari et al., 2007; Шелехова, Лаврова, 2011].

Атлантический период. В это время в обоих водоемах накапливались сапропели с растительными остатками. Согласно данным спорово-пыльцевого анализа, состав пыльцы и спор в ПЗ, соответствующих атлантическому периоду, свидетельствует об изменении климата в сторону потепления и увеличения влажности. В СПС присутствует небольшое количество пыльцы термофильных пород. По-

явление такой пыльцы может быть объяснено продвижением к северу границ распространения этих видов. Отметим, что перенос пыльцы липы и дуба по воздуху происходит в пределах нескольких десятков километров [Мазей и др., 2018]. Интересно также, что в настоящее время в подзоне средней тайги встречаются куртины вяза и липняка ландышевые [Кузнецов, 1993]. Кроме этого, в водоемах, расположенных к северу от района исследований (например, Мянтулампи) [Экман и др., 1995], также идентифицирована пыльца термофильных пород. Вполне допустимо, что в благоприятных условиях оптимума голоцена отдельные термофильные породы могли проникать на исследуемую территорию и произрастать в подлеске ельников в депрессиях рельефа с проточным увлажнением, вдоль берегов водоемов. Скорее всего, первыми мигрантами могли быть вязы (*Ulmus laevis*, *U. scabra*), как более неприхотливые и морозоустойчивые, чем другие термофильные породы. Согласно полученным данным, растительный покров представлял собой сочетание сосновых и березово-сосновых лесов, к концу периода на территорию исследования началось вторжение темнохвойных пород. Необходимо подчеркнуть, что вследствие различной пыльцевой продуктивности и транспортабельности пыльцы доля пыльцы сосны и березы в спектрах завышена по отношению к участию этих пород в составе древостоя, а ели и широколиственных пород, напротив, занижена [Елина, 1981; Лийвранд, 1990 и др.]. На песчаных равнинах, вершинах холмов произрастали сосновые и сосново-березовые кустарничково-зеленомошные леса. Ель расселялась на благоприятных для нее местообитаниях на нижних частях склонов и у подножий возвышенностей. Возросшая теплообеспеченность привела к активному зарастанию хорошо прогреваемых мелководий прибрежно-водными и водными растениями, пыльца которых отмечается в спектрах обоих озер. Явным признаком потепления атлантического времени по диатомовому комплексу озера II является появление и повышение роли планктонных форм родов *Aulacoseira* sp., *Cyclotella* sp., *Nitzschia kuetzingiana*, увеличение разнообразия видов за счет новых форм родов *Amphora* sp., *Frustulia* sp., *Pinnularia* sp., *Stauroneis* sp., *Anomoeoneis* sp. В озере I признаки потепления и увлажнения атлантического периода отмечаются по повышению роли типичных болотных форм рода *Eunotia* sp., а также форм обрастаний *Staurosira* sp., усиленное развитие которых могло произойти во вновь затопленной прибрежной зоне, на хорошо прогреваемом мелководье. Полученные

радиоуглеродные датировки (табл. 2) подтверждают результаты микропалеонтологических исследований.

В суббореальное время в водоемах накапливались сапропели, содержащие неразложившиеся растительные остатки. В СПС палинозон наблюдается тенденция увеличения содержания пыльцы *Picea*, что, вероятно, является отражением экспансии ели, характерной для территории северо-запада [Елина и др., 2000; Savelieva et al., 2019 и др.]. Она формировала еловые и сосново-еловые леса, по берегам озер, ручьев встречались еловые сообщества, в подлеске которых могли принимать участие вяз, лещина, ольха черная. Травяной покров таких лесов был представлен влаголюбивым разнотравьем (*Filipendula ulmaria*, *Geum rivale*, растения семейства Cyperaceae, Poaceae, Polypodiaceae). Сосняки лишайниковые, зеленомошно-лишайниковые были распространены на озерно-ледниковой равнине, на верхних частях холмов и гряд. Увеличение вклада *Sphagnum* может указывать на активизацию процессов болотообразования в пределах изучаемой территории, в то же время синхронное возрастание количества пыльцы *Picea* и спор *Sphagnum* позволяет говорить о распространении ельников сфагновых. Согласно полученным данным, на территории, окружающей озеро II, еловые леса (скорее всего, сфагновые) занимали большие площади и имели более прочные позиции, чем в окрестностях озера I. По всей вероятности, это обусловлено геоморфологическими особенностями территории: еловые леса были приурочены в основном к более влажным нижним частям склонов холмов, межхолмовым понижениям с влажными почвами мелкохолмистой моренной равнины, а также к берегам водоемов, ручьев. Отсюда ель успешно проникала под полог сосняков, произрастающих на полого-волнистой ледниково-озерной равнине. Мелководья палеоводоемов продолжали зарастать водными и прибрежно-водными растениями (*Nuphar*, *Sparganium*, *Typha angustifolia*, *T. latifolia*, *Polygonum amphibium*, *Phragmites australis*, виды семейства Cyperaceae). Зафиксированы космополиты *Pediastrum boryanum* var. *boryanum*, *P. boryanum* var. *cornutum*. Диатомовый комплекс осадков суббореального времени в озере II отличается господством форм обрастаний *Eunotia* sp. и донных рода *Pinnularia* sp., указывая на дальнейшее заболачивание и низкий уровень. В сапропелях, соответствующих суббореальному времени и подтвержденных радиоуглеродной датировкой (3860 ± 60 С¹⁴ ЛУ-9251, 4280 ± 90 кал. л. н.), в озере I (рис. 3) створки

диатомовых отсутствуют. Это могло быть связано с его мелководностью из-за сухости климата, недостаточного поступления необходимой для вегетации диатомей кремнекислоты, кислорода и других питательных элементов.

Субатлантический период характеризовался дальнейшим похолоданием климата по отношению к предыдущим двум периодам. Это привело к смещению границы термофильных пород к югу и к гибели тех из них, которые, возможно, произрастали в подлеске еловых и сосновых лесов. Согласно выполненным реконструкциям на территории, окружающей озеро I, роль сосновых лесов более значима, чем в окрестностях озера II, где ель занимала большие площади, создавая монодоминантные ельники или сосново-еловые леса. Судя по некоторому увеличению вклада спор плаунов, леса становятся разреженнее, все более приближаясь по облику к северотаежным. Идентифицированная в отложениях пыльца *Droseraceae* указывает на заболачивание мелководий озер.

Об увеличении увлажненности климата в субатлантическое время и обводнении водоемов свидетельствуют доминирование в озере I форм обрастаний рода *Staurosira* sp., а также типичных болотных видов родов *Eunotia* sp., *Pinnularia* sp.; в озере II – существенное возрастание роли условно-планктонных форм *Tabelaria fenestrata* и вновь появление *Staurosira* sp.

Выводы

1. Настоящими исследованиями установлены региональные и локальные особенности развития природной среды к западу от краевых образований стадии сальпаусселькя II. Согласно полученным данным, накопление вскрытых скважинами минеральных отложений (алевроитов, тонко-мелкозернистых песков) началось в пребореальное время, причем в озере II, скорее всего, эти процессы произошли несколько раньше – возможно, в начале пребореала, а в озере I – позднее, во второй его половине, когда уровень воды в водоемах снизился. В конце пребореала – начале бореала отмечается резкое падение уровней водоемов, характерное для всей Карелии и северо-запада европейской части России.
2. Установлены локальные особенности развития растительности вокруг водоемов, расположенных на разных абсолютных отметках и приуроченных к разным геолого-геоморфологическим условиям, которые зависели от характера рельефа, состава

подстилающих четвертичных отложений, то-поэдафических факторов. Растительность озерно-ледниковой равнины, сложенной тонко-мелкозернистыми песками, была представлена главным образом сосновыми лесами и не претерпевала существенных изменений начиная с бореального времени. В условиях мелкохолмистой моренной равнины создавались более разнообразные топоэдафические условия, которые были благоприятны для расселения ели. Активное распространение темнохвойных лесов началось с суббореального времени.

3. Установлено, что резкое снижение уровней водоемов в бореальное время связано не только с сухим климатом, но и с гляциоизостатическими процессами этого времени.
4. Подтверждается, что на начальных этапах развития водоемов их заселяли в основном мелкие диатомовые водоросли *Fragilaria sensu lato* (*Staurosira* spp., *Staurosirella* spp., *Pseudostaurosira* spp. и др.).
5. В «сухие» периоды (бореальный, суббореальный) при снижении уровней водоемов на освободившихся прибрежных территориях происходили процессы заболачивания, которые в диатомовых спектрах отражаются повышением содержания видов рода *Pinnularia* (в меньшей степени *Eunotia* sp.). Во «влажные» периоды (атлантический, субатлантический) при повышении уровней водоемов в более глубоких озерах доминируют планктонные формы, характерные для малых северных водоемов (*Aulacoseira* sp.) с незначительным присутствием *Cyclotella* sp., реже *Nitzschia kuetzingiana*. В мелководных водоемах увлажненность климата отражается в повышении роли эпифитов *Staurosira* и форм обрастаний *Eunotia* sp. (с достаточным участием донных *Pinnularia*). В субатлантическое время единично или в небольшом количестве появляются планктонно-литоральные *Tabellaria fenestrata*. Все эти признаки отмечались ранее для многих исследованных водоемов Карелии [Шелехова, 1998].
6. Начальные этапы развития водоемов характеризуются относительно более высокой минерализацией вод (пребореальный период) за счет поступления микроэлементов из свежерасконсервированных отложений. В дальнейшем на протяжении всего голоцена исследованные озера характеризуются низкой минерализацией вод и кислой средой.
7. Полученные результаты показывают, что накопление органических отложений на дан-

ной территории началось в бореальное время, но как минимум лет на 200–400 позже, чем в юго-западной Карелии.

Авторы благодарят коллег из ГГУП «СФ Минерал» за помощь в проведении полевых работ, а также Ю. С. Тихонову и Г. Н. Родионову за подготовку графических материалов.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (Институт геологии КарНЦ РАН, АААА-А18-118020690231-1).

Литература

Барина С. С., Медведева Л. А., Анисимова О. В. Биоразнообразие водорослей – индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: PilliesStudio, 2006. 498 с.

Бобров А. Е., Куприянова Л. А., Литвинцева М. В., Тарасевич В. Ф. Споры папоротникообразных и пыльца голосеменных и однодольных растений флоры европейской части СССР. Л.: Наука, 1983. 208 с.

Борисова О. К. Ландшафтно-климатические изменения в голоцене // Изв. РАН. Сер. геогр. 2014. № 2. С. 5–20. doi: 10.15356/0373-2444-2014-2-5-20

Генкал С. И., Трифонова И. С. Диатомовые водоросли планктона Ладожского озера и водоемов его бассейна. Рыбинск: Рыбинский дом печати, 2009. 72 с.

Генкал С. И., Чекрыжева Т. А. Центрические диатомовые водоросли (Bacillariophyta, Centrophyceae) водоемов Карелии // Биол. внутр. вод. 2011. № 1. С. 5–16.

Генкал С. И., Куликовский М. С., Михеева Т. М., Кузнецова И. В., Лукьянова Е. В. Диатомовые водоросли планктона реки Свислочь и ее водохранилищ. М.: Научный мир, 2013. 236 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. Деградация поздневалдайского оледенения в бассейне Онежского озера // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 8. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2005. С. 134–142.

Демидов И. Н., Лукашов А. Д. Геоморфологические особенности территории // Инвентаризация и изучение биологического разнообразия в приграничных с Финляндией районах Республики Карелия: опер.-информ. материалы / Ред. В. И. Крутов, А. Н. Громцев. Петрозаводск: Карел. науч. центр РАН, 1998. С. 18–26.

Диатомовый анализ. Определитель ископаемых и современных диатомовых водорослей. Л.: Географгиз, 1949. Кн. 1 – 240 с., кн. 2. – 288 с.

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.

Елина Г. А., Лукашов А. Д., Юрковская Т. К. Позднеледниковье и голоцен Восточной Фенноскандии (палеорастительность и палеогеография). Петрозаводск: Карел. науч. центр РАН, 2000. 242 с.

Елина Г. А., Лукашов А. Д., Токарев П. Н. Картографирование растительности и ландшафтов на временных срезах голоцена таежной зоны Восточной Фенноскандии. СПб.: Наука, 2005. 53 с.

Кузнецов О. Л. Дополнения к флоре зоологического заказника «Кижский» // Флора и фауна охраняемых природных территорий Карелии. Петрозаводск: Карел. науч. центр РАН, 1993. Вып. 1. С. 143–150.

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. Т. 1. Л.: Наука, 1972. 171 с.

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

Липкина Г. С. Почвообразование под лесом и на пашне в различных условиях рельефа // Почвоведение. 1987. № 3. С. 82–93.

Лийвранд Э. Методические проблемы палинostrатиграфии плейстоцена. Таллинн: Валгус, 1990. 176 с.

Лукашов А. Д. Рельеф и геоморфология // Интегрированный экологический мониторинг в Карелии (концепция, программа, методы, результаты 1992–1996). Петрозаводск: Карел. науч. центр РАН, 1998. С. 21–24.

Лукашов А. Д. Геоморфологические условия. Разнообразие биоты Карелии: условия формирования, сообщества, виды / Ред. А. Н. Громцев, С. П. Китаев, В. И. Крутов, О. Л. Кузнецов и др. Петрозаводск: Карел. науч. центр РАН, 2003. С. 13–19.

Новенко Е. Ю., Мироненко И. В., Волкова Е. М., Куприянов Д. А., Батанова А. К. Динамика ландшафтов юго-восточной Мещеры в голоцене // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2016. № 2. С. 91–101.

Мазей Н. Г., Кусильман М. В., Новенко Е. Ю. Встречаемость пыльцы *Carpinus*, *Fagus*, *Tilia* и *Quercus* в субрецентных спорово-пыльцевых спектрах Восточно-Европейской равнины: к вопросу о возможности дальнего заноса пыльцы // Экология. 2018. № 6. С. 431–439.

Определитель пресноводных водорослей СССР. М.; Л.: АН СССР, 1951. Вып. 4. 619 с.

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

Сапелко Т. В., Лудикова А. В., Шумкин В. Я., Кузнецов Д. Д., Субетто Д. А. Изменение природных обстановок южной части Кольского полуострова в поздне-последнеледниковье // Фундаментальные проблемы кватерна: итоги изучения и основные направления дальнейших исследований: Матер. IV Всерос. совещания по изучению четвертичного периода. Новосибирск, 2009. С. 534–537.

Субетто Д. А. Донные отложения озер: палеолимнологические реконструкции. СПб.: Изд-во РПГУ им. А. И. Герцена, 2009. 339 с.

Филимонова Л. В. Стандартные спорово-пыльцевые диаграммы позднеледниковья и голоцена средней Карелии // Палинология в России. Статьи российских палинологов к IX Междунар. палинологическому конгрессу. М., 1995. С. 86–103.

Филимонова Л. В. История растительности в позднеледниковье и голоцене на территории заказника «Толвоярви» (Карелия) // Труды КарНЦ РАН. 2014. № 2. С. 3–13.

Хотинский Н. А. Голоцен Северной Евразии. М.: Наука, 1977. 200 с.

Шелехова Т. С. Диатомовая флора озера Паанаярви в голоцене и ее современное состояние // Природа и экосистемы Паанаярвского национального парка. Петрозаводск: Карел. науч. центр РАН, 1995. С. 44–54.

Шелехова Т. С. Эволюция малых озер охраняемых территорий Карелии (по данным диатомового анализа донных отложений): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. СПб., 1998. 26 с.

Шелехова Т. С. Этапы развития малых озер северо-западной Карелии в голоцене по данным диатомового анализа (на примере озер горы Нуорунен) // Вопросы геологии докембрия Карелии. Петрозаводск: Карел. науч. центр РАН, 1993. С. 160–181.

Шелехова Т. С. История развития малого озера массива Луккулайсваара по данным диатомового анализа // Вопросы геологии Карело-Кольского региона. Петрозаводск: Карел. науч. центр РАН, 1996. С. 128–140.

Шелехова Т. С. Четвертичные отложения и геоморфология Зеленого пояса Фенноскандии // Труды КарНЦ РАН. 2019. № 4. С. 41–50. doi: 10.17076/them1007

Шелехова Т. С., Васьюк О. В., Демидов И. Н. Развитие природной среды юго-западного Прионежья в голоцене // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 7. Петрозаводск: Карел. науч. центр РАН, 2004. С. 226–232.

Шелехова Т. С., Лаврова Н. Б. Донные отложения озер Карелии: палеоэкологические и палеоклиматические реконструкции // Геология Карелии от архея до наших дней: Матер. докладов Всерос. конференции, посвящ. 50-летию ИГ КарНЦ РАН. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2011. С. 204–212.

Экман И. М., Шелехова Т. С., Лаврова Н. Б. История озера Мянтюлампя в голоцене // Природа и экосистемы Паанаярвского национального парка. Петрозаводск: Карел. науч. центр РАН, 1995. С. 54–70.

Экман И. М., Лукашов А. Д., Колканен А. М., Лийва А. А. Динамика развития озер и озерности Карельской АССР по данным радиохронологии (за последние 13 000–14 000 лет) // Изотопно-геохронологические исследования в Прибалтике и Белоруссии. Таллинн, 1988. 237 с.

Ekman I., Ijij V. Deglaciation, the Younger Dryas end moraines and their correlation in Russian Karelia and adjacent areas // Glacial deposits in North-East Europe / J. Ehlers, S. Kozarski and P. Gibbard (eds.). Rotterdam-Brookfield: A. A. Balkema, 1995. P. 195–209.

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

Heikkilä M., Fontana S. L., Seppä H. Rapid Lateglacial tree population dynamics and ecosystem changes in the eastern Baltic region // J. Quat. Sci. 2009. Vol. 24. P. 802–815.

Komárek J., Jankovská V. Review of green algal genus *Pediastrum*: implication for pollenanalytical research. Berlin, Stuttgart: Cramer J., 2001. 127 p.

Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae // Süswasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart; Jena: Gustav Fischer Verlag, 1991. 576 p.

Lunkka J. P., Johansson P., Saarnisto M., Sallasmaa O. Glaciation of Finland // Quaternary Glaciations – Extent and Chronology / J. Ehlers, P. L. Gibbard (eds.). Elsevier, 2004. P. 93–100.

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

References

Barinova S. S., Medvedeva L. A., Anisimova O. V. Bioraznoobrazie vodoroslei – indikatorov okruzhayushchei sredy [Diversity of algal indicators in the environmental assessment]. Tel-Aviv: PilliesStudio, 2006. 498 p.

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 [Fern-shaped spores and pollen of gymnosperms and monocotyledonous plants of the flora of the European part of the USSR]. Leningrad: Nauka, 1983. 208 p.

Borisova O. K. Landshaftno-klimaticheskie izmeneniya v golotsene [Landscape and climate changes in the Holocene]. *Izv. RAN. Ser. geogr.* [Proceed. RAS. Geographical Ser.]. 2014. No. 2. P. 5–20.

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

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

Demidov I. N., Lukashov A. D. Geomorfologicheskie osobennosti territorii [Geomorphological features of the territory]. *Inventarizatsiya i izuch. biol. raznoobraziya v prigranichnykh s Finlyandiei raionakh Respubliki Kareliya: oper.-inform. mat.* [Inventory and study of biol. diversity in the regions of the Republic of Karelia bordering upon Finland: oper.-inform. mat.]. Eds. V. I. Krutov, A. N. Gromtsev. Petrozavodsk: KarRC RAS, 1998. P. 18–26.

Diatomovyi analiz. Opredelitel' iskopaemykh i sovremennykh diatomovykh vodoroslei [Diatom ana-

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

Niemelä J., Ekman I., Lukashov A. (eds.) Quaternary deposits of Finland and Northwestern part of Russian Federation and their resources. Scale 1:1 000 000. Espoo: Geol. Surv. Finland, 1993.

Savelieva L. A., Andreev A. A., Gromig R., Subetto D. A., Fedorov G. B., Wennrich V., Wagner B., Melles M. Vegetation and climate changes in northwestern Russia during the Lateglacial and Holocene inferred from the Lake Ladoga pollen record // *Boreas*. 2019. doi: 10.1111/bor.12376.

Tynni R. Über Finnlands rezente und subfossile Diatomeen VIII–XI // *Geol. Surv. Finland Bull.* 1975. Vol. 274. P. 1–55; 1976. Vol. 284. P. 1–37; 1978. Vol. 296. P. 1–55; 1980. Vol. 312. P. 1–93.

Vasari Y., Kuznetsov O. L., Lavrova N. B., Shelekhova T. S., Vasari A. Alinlampi, a Late – Glacial site in the northern Karelian Republic // *Annales botanici Fennici*. 2007. Vol. 44. P. 42–55.

Поступила в редакцию 09.06.2020

lysis. A key to fossils and modern diatoms]. Leningrad: Geografiz, 1949. B. 1. 240 p.; B. 2. 288 p.

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

Ekman I. M., Lukashov A. D., Kolkanen A. M., Liiva A. A. Dinamika razvitiya ozer i ozernosti Karel'skoi ASSR po dannym radiokhronologii (za poslednie 13000–14000 let) [The dynamics of the development of lakes and lake percentage of the KASSR according to radio-chronology data (for the last 13000–14000 years)]. *Izotopno-geokhronol. issled. v Pribaltike i Belorussii* [Isotope-geochronol. studies in the Baltics and Belarus]. Tallinn, 1988. 237 p.

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

Elina G. A., Lukashov A. D., Yurkovskaya T. K. Pozdnelednikov'e i golotsen Vostochnoi Fennoskandii (paleorastitel'nost' i paleogeografiya) [Glacial and Holocene of East Fennoscandia (paleovegetation and paleogeography)]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2000. 242 p.

Elina G. A., Lukashov A. D., Tokarev P. N. Kartografirovaniye rastitel'nosti i landshaftov na vremennykh srezakh golotsena taezhnoi zony Vostochnoi Fennoskandii [Mapping of vegetation and landscapes on temporary sections of the Holocene of the taiga zone in Eastern Fennoscandia]. St. Petersburg: Nauka, 2005. 53 p.

Filimonova L. V. Standartnye sporovo-pyl'tsevye diagrammy pozdnelednikov'ya i golotsena srednei Karelii [Standard spore-pollen diagrams of Late Glacial and Holocene of middle Karelia]. *Palinologiya v Rossii. Stat'i ross. palinologov k IX Mezhdunar. palinologicheskomu kongressu* [Palynology in Russia. Proceed. Russ. pa-

lynologists, IX int. palynological congress]. Moscow, 1995. P. 86–103.

Filimonova L. V. Istoriya rastitel'nosti v pozdnelednikov'e i golotsene na territorii zakaznika "Tolvojarvi" (Kareliya) [History of vegetation in the Late Glacial and Holocene on the territory of the Tolvojarvi Nature Reserve (Karelia)]. *Trudy KarRC RAS* [Trans. KarRC RAS]. 2014. No. 2. P. 3–13.

Genkal S. I., Trifonova I. S. Diatomovye vodorosli planktona Ladozhskogo ozera i vodoemov ego basseina [Diatoms of plankton of Lake Ladoga and water bodies of its basin]. Rybinsk: Rybinskii Dom pečati, 2009. 72 p.

Genkal S. I., Chekryzheva T. A. Tsentricheskie diatomovye vodorosli (Bacillariophyta, Centrophyceae) vodoemov Karelii [Centric diatoms (Bacillariophyta, Centrophyceae) of water bodies of Karelia]. *Biol. vnutr. vod* [Inland Water Biol.]. 2011. No. 1. P. 5–16.

Genkal S. I., Kulikovskii M. S., Mikheeva T. M., Kuznetsova I. V., Luk'yanova E. V. Diatomovye vodorosli planktona reki Svisloch' i ee vodokhranilishch [Diatoms in plankton of the Svisloch River and its reservoirs]. Moscow: Nauchnyi mir, 2013. 236 p.

Genkal S. I., Kulikovskii M. S., Mikheeva T. M., Kuznetsova I. V., Luk'yanova E. V. Diatomovye vodorosli planktona reki Svisloch' i ee vodokhranilishch [Diatoms of plankton of the Svisloch River and its reservoirs]. Moscow: Nauchnyi mir, 2013. 236 p.

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

Khotinskii N. A. Golotsen Severnoi Evrazii [Holocene of Northern Eurasia]. Moscow: Nauka, 1977. 200 p.

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 plant spores of the flora of 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. Lamiaceae – Zygophyllaceae [Pollen of dicotyledonous plants of the flora of the European part of the USSR. Lamiaceae – Zygophyllaceae]. Leningrad: Nauka, 1978. 184 p.

Kuznetsov O. L. Dopolneniya k flore zoologicheskogo zakaznika "Kizhskii" [Supplements to the flora of the Kizhi zoological reserve]. *Flora i fauna okhranyemykh prirod. territorii Karelii* [Flora and fauna of the protected nat. territories of Karelia]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 1993. Iss. 1. P. 143–150.

Lipkina G. S. Pochvoobrazovanie pod lesom i na pashne v razlichnykh usloviyakh rel'efa [Soil formation under the forest and on arable land in various terrain conditions]. *Pochvovedenie* [Soil Sci.]. 1987. No. 3. P. 82–93.

Liivrand E. Metodicheskie problemy palinostratigrafii pleistotsena [Methodological problems of the Pleistocene palynostratigraphy]. Tallinn: Valgus, 1990. 176 p.

Lukashov A. D. Rel'ef i geomorfologiya [Relief and geomorphology]. *Integrirrovannyi ekol. monitoring v Karelii (kontseptsiya, programma, metody, rezul'taty 1992–1996)* [Integrated environ. monitoring in Kare-

lia (concept, program, methods, results 1992–1996)]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 1998. P. 21–24.

Lukashov A. D. Geomorfologicheskie usloviya. Raznoobrazie bioty Karelii: usloviya formirovaniya, soobshchestva, vidy [Geomorphological conditions. Variety of biota of Karelia: formation conditions, communities, and species]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2003. P. 13–19.

Mazei N. G., Kupil'man M. V., Novenko E. Yu. Vstrechaemost' pyl'tsy *Carpinus*, *Fagus*, *Tilia* i *Quercus* v subretsentykh sporovo-pyl'tsevykh spektrakh Vostochno-Evropeiskoi ravniny: k voprosu o vozmozhnosti dal'nego zanosa pyl'tsy [Pollen occurrence of *Carpinus*, *Fagus*, *Tilia* and *Quercus* in the sub-percent-age spore-pollen spectra of the East European Plain: on the question of the possibility of long-distance introduction of pollen]. *Ekol.* [Ecol.]. 2018. No. 6. P. 431–439.

Niemelä J., Ekman I., Lukashov A. (eds.) Quaternary deposits of Finland and Northwestern part of Russian Federation and their resources. Scale 1:1 000 000. Espoo: Geol. Surv. of Finland, 1993.

Novenko E. Yu., Mironenko I. V., Volkova E. M., Kupriyanov D. A., Batanova A. K. Dinamika landshaftov yugo-vostochnoi Meshchery v golotsene [The dynamics of the landscapes of the southeastern Meshchera in the Holocene]. *Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 5. Geografiya* [Bull. MSU Ser. 5. Geography]. 2016. No. 2. P. 91–101.

Opredelitel' presnovodnykh vodoroslei SSSR [Key to freshwater algae of the USSR]. Moscow; Leningrad: AN SSSR, 1951. Iss. 4. 619 p.

Pyl'tsevoi analiz [Pollen analysis]. Ed. I. M. Pokrovskaya. Moscow: Gosgeolizdat, 1950. 571 p.

Sapelko T. V., Ludikova A. V., Shumkin V. Ya., Kuznetsov D. D., Subetto D. A. Izmenenie prirodnykh obstanovok yuzhnoi chasti Kol'skogo poluoostrova v pozdne-poslelednikov'e [Changes in the natural conditions of the southern Kola Peninsula in the Late Postglacial]. *Fund. probl. kvatera: itogi izuch. i osnovnye napravleniya dal'neishikh issled.: Mat. IV Vseros. soveshch. po izuch. chetvertichnogo perioda* [Fund. probl. of the Quaternary, results and main trends of further studies: Proceed. IV All-Russ. conf. on Quaternary res.]. Novosibirsk, 2009. P. 534–537.

Shelekhova T. S. Diatomovaya flora ozera Paanajarvi v golotsene i ee sovremennoe sostoyanie [The diatom flora of Lake Paanajarvi in the Holocene and its current state]. *Priroda i ekosistemy Paanajarvskogo nats. parka* [Nat. and ecosystems of the Paanajarvi National Park]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 1995. P. 44–54.

Shelekhova T. S. Evolyutsiya mal'nykh ozer okhranyaemykh territorii Karelii (po dannym diatomovogo analiza donnykh otlozhenii) [The evolution of small lakes in the protected areas of Karelia (according to the diatom analysis of bottom sediments)]: Summary of PhD (Cand. of Geogr.) thesis. St. Peterburg, 1998. 26 p.

Shelekhova T. S. Etapy razvitiya mal'nykh ozer severo-zapadnoi Karelii v golotsene po dannym diatomovogo analiza (na primere ozer gory Nuorunen) [Stages of development of small lakes in northwestern Karelia in the Holocene according to diatom analysis (case of the lakes of Mount Nuorunen)]. *Vopr. geol. dokembriya Karelii* [Iss. of the Precambrian geol. in Karelia]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 1993. P. 160–181.

Shelekhova T. S. Istoriya razvitiya malogo ozera massiva Lukkulaysvaara po dannym diatomovogo analiza [The history of the development of a small lake

in the Lukkulaysvaara massif according to diatom analysis]. *Vopr. geol. Karelo-Kol'skogo regiona* [Geological iss. of the Karelia-Kola region]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 1996. P. 128–140.

Shelekhova T. S., Vas'ko O. V., Demidov I. N. Razvitiye prirodnoi sredy yugo-zapadnogo Prionezh'ya v golotsene [The development of the natural environment of the south-western Onega in the Holocene]. *Geol. i poleznye iskopayemye Karelii* [Geol. and Useful Minerals of Karelia]. Iss. 7. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2004. P. 226–232.

Shelekhova T. S., Lavrova N. B. Donnye otlozheniya ozer Karelii: paleoekologicheskie i paleoklimaticheskie rekonstruktsii [Lake sediments in Karelia: palaeoecological and palaeoclimatic reconstructions]. *Geol. Karelii ot arkheya do nashikh dnei: Mat. dokl. Vseros. konf., posvyashch. 50-letiyu IG KarNTS RAN* [Geol. of Karelia from the Archean to the present day: Proceed. All-Russ. conf. dedicated. 50th anniv. IG KarRC RAS]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2011. P. 204–212.

Shelekhova T. S. Chetvertichnye otlozheniya i geomorfologiya Zelenogo poyasa Fennoskandii [Quaternary sediments and geomorphology of the Green Belt of Fennoscandia]. *Trudy KarRC RAN* [Trans. KarRC RAS]. 2019. No. 4. P. 41–50. doi: 10.17076/them1007

Shelekhova T. S., Ekman I. M., Lavrova N. B. Istoriya ozera Myantylampi v golotsene [History of the Mäntylampi Lake in the Holocene]. *Priroda i ekosistemy Paanajarvskogo nats. parka* [Nat. and ecosystems of the Paanajarvi National Park]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 1995. P. 54–70.

Subetto D. A. Donnye otlozheniya ozer: paleolimnologicheskie rekonstruktsii [Bottom sediments of lakes: paleolimnological reconstruction]. St. Petersburg: RGPU im. A. I. Gertsena, 2009. 339 p.

Ekman I., Iljin V. Deglaciatiya, the Younger Dryas end moraines and their correlation in Russian Karelia and adjacent areas. *J. Ehlers, S. Kozarski and P. Gibbard (eds.)*. Glacial deposits in North-East Europe Rotterdam-Brookfield: A. A. Balkema, 1995. P. 195–209.

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

Heikkilä M., Fontana S. L., Seppä H. Rapid Lateglacial tree population dynamics and ecosystem changes in the eastern Baltic region. *J. Quat. Sci.* 2009. Vol. 24. P. 802–815.

Komárek J., Jankovská V. Review of green algal genus *Pediastrum*: implication for pollenanalytical research. Berlin, Stuttgart: Cramer J., 2001. 127 p.

Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Stuttgart; Jena: Gustav Fischer Verlag, 1991. 576 p.

Lunkka J. P., Johansson P., Saarnisto M., Sallasmaa O. Glaciation of Finland. *Ehlers J., Gibbard P. L.* (eds.). Quaternary Glaciations – Extent and Chronology. Elsevier, 2004. P. 93–100.

Molder 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; Maiden; Carlton: Blackwell Science, 1991. 216 p.

Niemelä J., Ekman I., Lukashov A. (eds.) Quaternary deposits of Finland and Northwestern part of Russian Federation and their resources. Scale 1:1 000 000. Espoo: Geol. Surv. of Finland, 1993.

Savelieva L. A., Andreev A. A., Gromig R., Subetto D. A., Fedorov G. B., Wennrich V., Wagner B., Melles M. Vegetation and climate changes in northwestern Russia during the Lateglacial and Holocene inferred from the Lake Ladoga pollen record. *Boreas*. 2019. doi: 10.1111/bor.12376

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).

Vasari Y., Kuznetsov O. L., Lavrova N. B., Shelekhova T. S., Vasari A. Alinlampi, a Late – Glacial site in the northern Karelian Republic. *Annales botanici Fennici*. 2007. Vol. 44. P. 42–55.

Received June 09, 2020

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Шелехова Татьяна Станиславовна

старший научный сотрудник лаб. 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.: +79214545451