

ПАЛЕОЛИМНОЛОГИЯ

УДК 551.8:556.55 (470.22)

ДИНАМИКА ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ И РАЗВИТИЯ ОЗЕРА ОКУНЬОЗЕРО В ЮЖНОЙ КАРЕЛИИ В ПОЗДНЕЛЕДНИКОВЬЕ И ГОЛОЦЕНЕ (ПО МИКРОПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ)

Т. С. Шелехова, Ю. С. Тихонова, О. В. Лазарева

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

Для уточнения условий деградации последнего оледенения в невскую (сямозерскую) стадию в Южной Карелии, выявления влияния климата на изменения окружающей среды проведены исследования донных отложений озера Окуньозеро, расположенного перед сямозерскими краевыми образованиями. Палеогеографические реконструкции основаны на изучении осадков озера с использованием комплексного подхода, включающего спорово-пыльцевой, диатомовый и радиоуглеродный (^{14}C) анализы. Получены новые данные об особенностях отложений позднеледниковья, экологических условиях и динамике развития прогляциального приледникового водоема, непосредственно контактирующего с краем ледника, а также окружающей его растительности. В позднеледниковых отложениях впервые выявлено более 30 видов и разновидностей переотложенных морских диатомовых водорослей. Такого количества ранее не отмечалось в изученных разрезах этого времени. Отделение озера от приледникового водоема произошло в конце позднего дриаса. Прослежена его эволюция после отделения от пра-Онеги, выделены этапы развития и палеогеографические условия окружающей территории. Выполнена реконструкция динамики растительности с аллереда до современности. В позднеледниковье территорию исследования занимали тундровые ерниково-зеленомошные, поlynно-маревые перигляциально-степные и лесотундровые палеосообщества. В пребореале появились березовые леса с примесью сосны и лугоподобные крупнотравные сообщества. В бореальное время распространились светлохвойные сосновые леса с меньшим количеством березы, которые в атлантическом периоде сменились сосново-еловыми лесами с участием широколиственных пород. С суббореала на территории исследования преобладающими становятся еловые и елово-сосновые леса. Отмечено отсутствие диатомовых водорослей в отдельных горизонтах почти в каждом палеоклиматическом периоде и указаны возможные причины, объясняющие данные перерывы.

Ключевые слова: позднеледниковье; голоцен; донные отложения; спорово-пыльцевой анализ; диатомовый анализ; Южная Карелия.

T. S. Shelekhova, Yu. S. Tikhonova, O. V. Lazareva. LATE GLACIAL AND HOLOCENE NATURAL ENVIRONMENT DYNAMICS AND EVOLUTION OF LAKE OKUNOZERO, SOUTH KARELIA: MICROPALAEONTOLOGICAL DATA

Bottom sediments from Lake Okunozero, located in front of Syamozero marginal formations, were analyzed to better understand the degradation conditions of the Last Glaciation in South Karelia at the Neva (Syamozero) stage and to assess the effect of climate on environmental changes. Paleogeographic reconstructions are based on the study of lake sediments using an integrated approach, which comprises spore-and-pollen, diatom and radiocarbon (^{14}C) analyses. More evidence was obtained for the Late Glacial deposition pattern, the environmental conditions and evolution dynamics of the proglacial ice lake directly contacting the ice margin and of vegetation in that period. For the first time, Late Glacial sediments were found to contain over 30 redeposited marine diatom alga species and varieties, not reported earlier from rock sequences of that period. The lake separated from the periglacial water body at the end of the Late Dryas. Its evolution after separation from the proto-Onega was traced, evolution stages were recognized, and more light on was shed the paleogeographic conditions in the surrounding area. The vegetation dynamics from the Alleröd to the present day was reconstructed. In the Late Glacial Period the study area was occupied by tundra dwarf birch-true moss, sagebrush-wormwood periglacial-steppe and forest-tundra paleocommunities. Meadow-like tall-herb communities and birch forests with an admixture of pine appeared in the Preboreal. In the Boreal time, light-coniferous pine forests with an admixture of birch occupied the area, to be replaced in the Atlantic period by pine-spruce forests with the participation of broad-leaved species. Since the Subboreal, spruce and pine-spruce forests have prevailed in the study area. We observed that diatoms were missing from some horizons in almost every paleoclimatic period and suggested possible explanations for these gaps.

Key words: Late Glacial; Holocene; bottom sediments; spore-pollen analysis; diatom analysis; South Karelia.

Введение

Процессы, происходившие в позднеледниковье в приледниковых водных бассейнах, изучались в Карелии по многочисленным разрезам донных осадков малых озер, входивших в состав Онежского приледникового озера (ОПО) [Шелехова и др., 2004, 2005; Демидов, 2005, 2006; Филимонова, Шелехова, 2005; Зобков и др., 2016; Шелехова, Субетто, 2016 и др.]. Однако до сих пор не было сведений о времени развития водоема в прогляциальную стадию, когда он непосредственно контактировал с ледниковым краем, где вместе с поступающими в него осадками происходило переотложение микрофоссилий из мореносодержащего льда. Исследуемое Окуньозеро расположено в пределах западной границы Онежского приледникового водоема. Развитие котловины Онежского озера в позднеледниковье известно по различным моделям: М. Н. Порывкина [1960], Г. С. Бискэ [Бискэ и др., 1971], Д. Д. Квасова [1976], М. Saarnisto [Saarnisto et al., 1995], И. Н. Демидова [2004, 2005, 2006]. В настоящее время получена модель развития ОПО с применением современных ГИС-технологий [Субетто и др., 2019].

Несмотря на многочисленность имеющихся разрезов донных отложений для всего побе-

режья Онежского озера [Субетто и др., 2017], в пределах границ невской (сямозерской) стадии методом спорово-пыльцевого анализа с применением радиоуглеродного датирования базальных органогенных слоев изучено всего два разреза. В оз. Суярлампи органогенные осадки начали формироваться $11\,200 \pm 200$ (^{14}C) л. н., ТА-1827; в оз. Гурвич – $10\,300 \pm 120$ (^{14}C) л. н., ТА-1582 [Заключительный..., 1996; Демидов, 2005; Лаврова, 2005]. В бассейне оз. Сямозеро и р. Шуи по ряду разрезов из болотных массивов выполнены реконструкции палеорастительности начиная с пребореального времени [Елина и др., 2005]. Новые данные, полученные в результате исследования, существенно дополняют знания о составе и особенностях отложений позднеледниковья, характере растительности, экологических условиях и динамике развития прогляциального приледникового водоема, непосредственно контактирующего с краем ледника. Они позволяют проследить эволюцию оз. Окуньозеро после его отделения от ОПО.

Основной целью представленной работы является восстановление истории формирования озерных отложений оз. Окуньозеро, динамики растительного покрова, гидрологических обстановок и климатических событий в Южной Карелии.

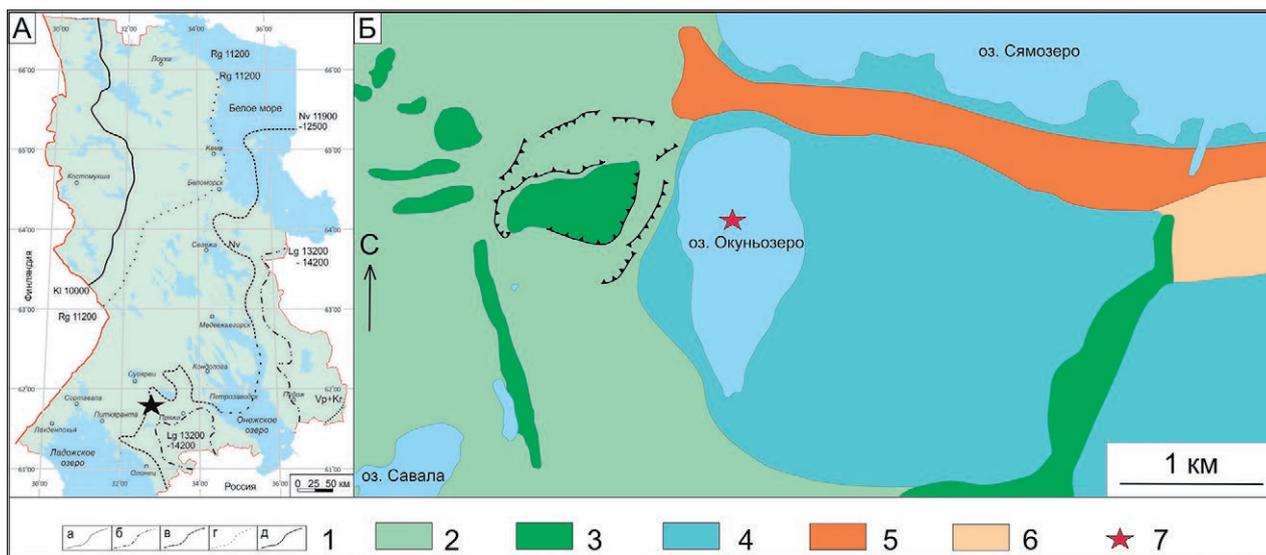


Рис. 1. Местоположение изученного разреза.

A: 1 – краевые образования [по: Ekman, Iljin, 1995]: а – вепсовско-крестецкой стадии; б – лужской стадии; в – невской (сямозерской) стадии; г – ругозерской стадии (сальпаусселькя I); д – калевальской стадии (сальпаусселькя II); Б: 2 – водно-ледниковые отложения «мертвого» льда; 3 – водно-ледниковые отложения озов, камов, дельт; 4 – ледниково-озерные отложения; 5 – отложения краевых морен; 6 – моренные отложения; 7 – местоположение разреза

Fig. 1. Location of the studied sequence.

A: 1 – marginal deposits [after: Ekman & Iljin, 1995]: а – Vepsuvian-Krestets; б – Luga; в – Neva (Syamozerian); г – Rugozerian (Salpausselkä I); д – Kalevala (Salpausselkä II); Б: 2 – glacio-fluvial deposits of 'dead' (stagnant) ice; 3 – glacio-fluvial deposits of eskers, kames, deltas; 4 – glacio-lacustrine deposits; 5 – end moraines deposits; 6 – moraine deposits; 7 – location of the studied sequence

Район исследований

Оз. Окуньозеро (61°50'40" с. ш. 33°08'27" в. д., абс. отм. 109,9 м) расположено в пределах юго-восточных границ Вешкельской ледораздельной возвышенности с дистальной стороны невских (сямозерских) краевых образований (рис. 1), датирующихся возрастом 12500–11800 (¹⁴C) л. н. [Заключительный..., 1996; Ekman, Iljin, 1995]. Озеро имеет вытянутую в направлении с севера на юг форму. Максимальная длина 1,62 км, ширина 0,72 км, площадь около 0,82 км². Котловина озера, скорее всего, остаточного происхождения, ранее входила в состав ОПО.

С севера озеро окаймляют слабо выраженные в рельефе краевые гряды, относящиеся в настоящее время к невской (сямозерской) стадии деградации ледника. Климат территории умеренно-континентальный, средняя многолетняя температура: января –10 °С, июля +16 °С. Годовое количество осадков около 600 мм. Современная растительность представлена сосновыми, елово-сосновыми, еловыми кустарничково-зеленомошными лесами [Юрковская, 1993].

Материалы и методы

Весной 2018 года в середине озера со льда была пробурена скважина и получен керн донных осадков мощностью 530 см, послуживший материалом для данной работы. Глубина воды в месте отбора колонки 220 см. Снизу вверх вскрыты следующие осадки:

750–700 см – серо-голубые ленточноподобные алевриты с большим количеством растительных остатков. В тонких прослойках хорошо заметны черные примазки тонкопеллитового материала, иногда изменяющие цвет до коричневого;

700–650 см – серые гомогенные алевриты, переход в вышележащий слой резкий, отличается по цвету и составу отложений;

650–600 см – плотные коричневые сапропели с примесью алевритовой фракции. На гл. 635–630 см выделяется прослойка серого алеврита. Сапропели с примесью алеврита постепенно переходят в плотные гомогенные сапропели;

600–220 см – сапропели гомогенные коричневые с неразложившимися растительными остатками, верхняя часть разреза с гл. 250–220 см разжижена (образцы не отобраны).

Образцы на микропалеонтологические анализы отобраны послойно, каждые 10 см. На радиоуглеродное датирование взят образец сапропеля с глубины 630–620 см. При обработке проб для спорово-пыльцевого анализа применяли общепринятый щелочной метод Поста [Пыльцевой..., 1950] и стандартный сепарационный метод Гричука [Гричук, Заклинская, 1948]. Флотация пыли производилась с помощью тяжелой калиево-кадмиевой жидкости (удельный вес 2,25). С использованием спорово-пыльцевого анализа изучено 50 образцов, которые просматривали под световым микроскопом Axiolab и определяли не менее 500 пыльцевых зерен. При идентификации пыли и спор привлекали справочники и атласы-определители [Куприянова, Алешина, 1972, 1978], собственную картотеку рисунков и описаний, а также базу <http://botany-collection.bio.msu.ru> [Информационная...]. В результате палинологического анализа определено 69 таксонов растений, в том числе 21 вид. Обработка данных и построение спорово-пыльцевой диаграммы выполнены с помощью программ TILIA и TGView [Grimm, 1990]. За 100 % принята сумма пыли деревьев, кустарников, кустарничков и трав. От нее рассчитывали процентное соотношение пыли этих групп растений и представленных в них таксонов. В группу кустарников отнесены *Alnus incana*, *A. glutinosa*, *Hippophae rhamnoides*, *Betula nana*, *Salix*, в группу кустарничков – *Ericales*, *Calluna vulgaris*. Содержание (в %) идентифицированных таксонов водных растений, спор и *Pediastrum* определяли относительно этой суммы. Параллельно с палинологическим исследованием в образцах проводили видовое определение водорослей *Pediastrum* [Komarek, Jankovska, 1999], подсчитывали количество устьиц хвойных деревьев (*Pinus*, *Picea*) и переотложенные дочетвертичные микрофоссилии, которые дают дополнительную информацию о фациальной обстановке и условиях осадконакопления. Количество устьиц хвойных, яиц тихоходок [Биологические...,

2013], а также микрочастиц угля приведены на диаграмме в абсолютном значении.

Техническая обработка проб и приготовление постоянных препаратов на диатомовый анализ выполнялись по общепринятой методике [Диатомовый..., 1949; Давыдова, 1985], при идентификации флоры использовалась различная справочная литература [Определитель..., 1951; Molder, Tynni, 1967–1973; Tynni, 1975–1980; Krammer, Lange-Bertalot, 1991; Лосева, 1992; Барина и др., 2006; Генкал, Трифонова, 2009; Генкал, Чекрыжева, 2011; Генкал и др., 2013, 2015; Куликовский и др., 2016].

Результаты

Радиоуглеродное датирование

Из сапропелей с гл. 630–620 см взят образец на радиоуглеродное датирование (^{14}C), которое проводилось в лаборатории Санкт-Петербургского университета. Полученная датировка приведена в табл. 1.

Спорово-пыльцевой анализ

По результатам анализа построена спорово-пыльцевая диаграмма донных отложений оз. Окуньозеро (рис. 2), на которой выделено шесть пыльцевых зон (PZ), соответствующих модифицированной схеме Блитта – Сернандера [Хотинский, 1977].

PZ-1 (AL) *Betula* sect. *Albae* – *Pinus* – *Artemisia* – *Cyperaceae* – Pre-Quaternary (750–700 см) выделена в серо-голубых ленточноподобных алевритах с большим количеством растительных остатков. Для спорово-пыльцевых спектров (СПС) данной PZ характерно значительное содержание пыли трав *Cyperaceae*, *Artemisia* и *Chenopodiaceae* (15–20, 20 и 10 % соответственно), которое к верхней границе снижается до 1–2 %. При этом доля пыли древесных, которая в основном колебалась в пределах 40–60 %, возрастает до 80 %, доминирует пыльца *Betula* sect. *Albae*

Таблица 1. Радиоуглеродный и калиброванный возраст органогенных отложений

Table 1. Radiocarbon and calibrated age of organogenic sediments

Лаб. номер Lab. no.	Глубина отбора, см Sampling depth, cm	Тип отложений для датирования Deposits type for dating	Радиоуглеродный возраст, лет назад Radiocarbon age, years ago	Калиброванный возраст, лет назад Calibrated age, years ago
ЛУ-9016	630–620	Сапропель с алевритом Sapropel with aleurite	8760 ± 500	9940 ± 680

Примечание. Значения калиброванного возраста приведены на основании программы OxCal 4.2 (калибровочная кривая IntCal 13). Christopher Bronk Ramsey (<https://c14.arch.ox.ac.uk>).

Note. The calibrated ages are based on the OxCal 4.2 program (IntCal 13 calibration curve). Christopher Bronk Ramsey (<https://c14.arch.ox.ac.uk>).

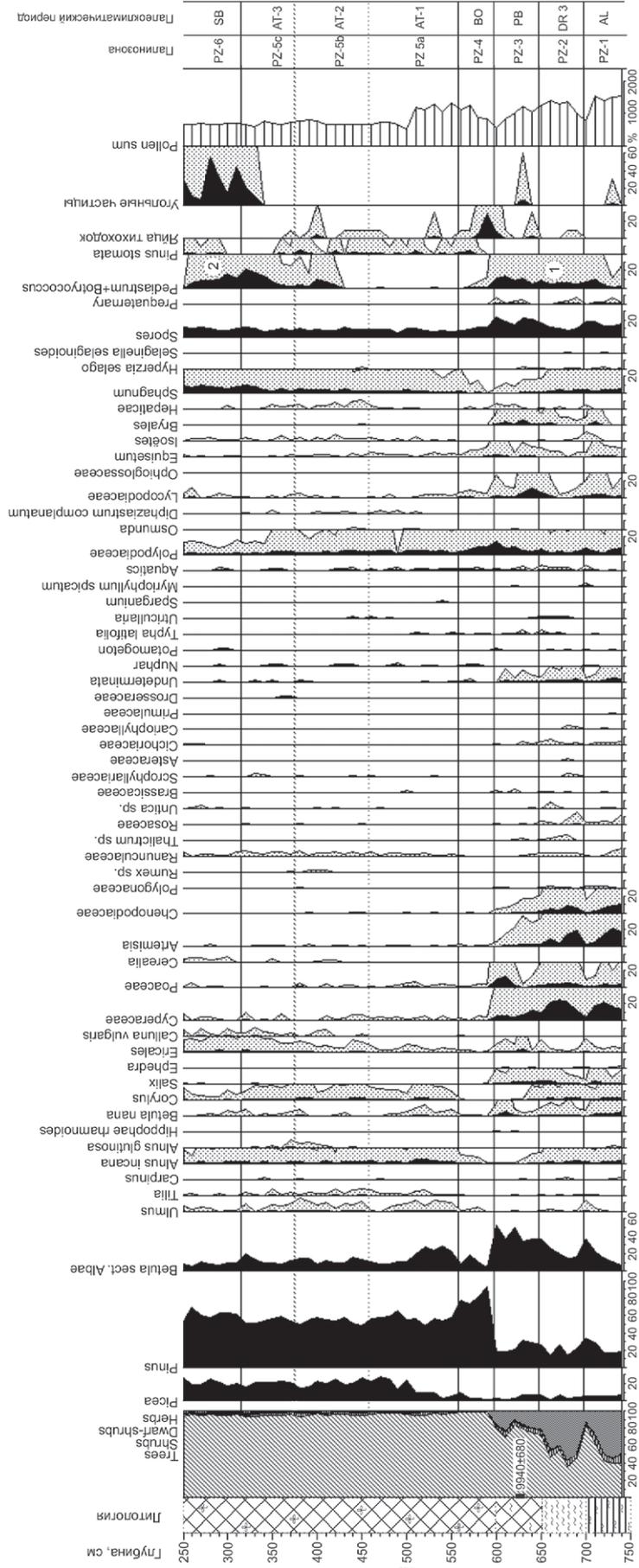


Рис. 2. Спорово-пыльцевая диаграмма донных отложений оз. Окунозеро (условные обозначения литологии — см. рис. 3)
 Fig. 2. Spore-and-pollen diagram of bottom sediments from Lake Okunozero (see Fig. 3 for the legend)

(30 %) и *Pinus* (25–30 %). Вклад пыльцы кустарников невелик (5 %): *Betula nana* – 3–5 %, *Alnus incana* – 3 %, *Corylus* – 2 %. В нижней части PZ-1 отмечены единичные пыльцевые зерна *Ephedra*. Из разнотравья идентифицирована пыльца сем. Polygonaceae, Ranunculaceae и Rosaceae и др. В группе споровых доминируют Polypodiaceae, Lycopodiaceae, род *Sphagnum*, выявлены единичные споры *Hyperzia selago*, *Selaginella selaginoides* и Hepaticae. Наличие пыльцы термофильных растений (*Ulmus*, *Tilia*, *Carpinus*, *Corylus*), скорее всего, связано с переотложением. То, что оно имело место, подтверждает наличие значительного количества разрушенной, мелкой, деформированной пыльцы, а также дочетвертичных спороморф. Кроме того, отмечена низкая насыщенность осадков пылью, что свидетельствует о слабом развитии растительного покрова и его несомкнутости. Встречаемость угольных частиц, вероятнее всего, связана с пожарами. Полученные палинологические данные свидетельствуют о накоплении отложений в позднеледниковье (предположительно в конце аллереда).

PZ-2 (DR) Cyperaceae – Artemisia – Betula sect. Albae – Ephedra (700–650 см) выделена в серых гомогенных алевритах по уменьшению содержания пыльцы древесных и увеличению количества пыльцы трав. Для отложений PZ-2 характерно максимальное содержание пыльцы Cyperaceae (20 %), *Artemisia* (20 %) и Chenopodiaceae (10 %). Полученные значения для двух последних таксонов свидетельствуют об их обильности в экотопах [Hoek, 1997]. Отмечены единичные пыльцевые зерна *Ephedra*. В группе древесных преобладает пыльца *Pinus* (15–20 %) и *Betula sect. Albae* (15–35 %). Как и в предыдущей палинозоне, встречается пыльца переотложенных термофильных древесных растений. Отмечено небольшое количество пыльцы *Alnus incana*, *Salix*, *Betula nana* и *Ericales*, единичное – *Ephedra*. В отложениях по-прежнему велико количество разрушенной, мелкой пыльцы плохой сохранности, присутствуют дочетвертичные спороморфы, споры аркто-бореальных и гипоарктических видов *Hyperzia selago*, *Selaginella selaginoides*, а также печеночника Hepaticae, предпочитающего влажные местообитания с нарушенным почвенным покровом. Идентифицирована пыльца разнотравья (Brassicaceae, Cariophyllaceae, Cichoriaceae, Polygonaceae, Ranunculaceae, Rosaceae), а также пыльца водных растений (*Typha latifolia*, *Urticularia*). Водоросли широко представлены колониями *Pediastrum*, в основном *Pediastrum boryanum* var. *boryanum*, космополитом с широкой экологической амплитудой.

Учитывая максимум содержания пыльцы травянистых растений, главным образом *Artemisia*, Chenopodiaceae и Cyperaceae, на фоне уменьшения количества пыльцы древесных, можно предположить, что формирование отложений PZ-2 происходило в условиях холодного сухого позднего дриаса. Это согласуется с имеющимися данными для позднего дриаса [Лаврова, 2005].

PZ-3 (PB) Betula sect. Albae – B. nana – Poaceae – Polypodiaceae – Hippophae rhamnoides (650–600 см) выделена в сапропелях с примесью алеврита. Она отличается от предыдущей палинозоны увеличением количества пыльцы деревьев (с 45 до 85 %). Характерно максимальное для разреза содержание пыльцевых зерен *Betula sect. Albae*, которое на протяжении палинозоны увеличивается с 20 до 60 %, и присутствие пыльцы *B. nana* (3–5 %). При этом доля в СПС *Pinus* снизилась с 30 до 20 %, *Picea* – с 5 до 1 %. Встречены пыльцевые зерна *Hippophae rhamnoides*. В нижней части PZ-3 отмечено значительное количество микрофосилий Cyperaceae (15–20 %) и Lycopodiaceae (до 10 %), в верхней – Poaceae (до 15 %), Polypodiaceae (до 15 %) и максимальное содержание колоний *Pediastrum* (до 15 %). Выше глубины 630–635 см, где слой сапропеля с примесью алеврита разделяет 5-см прослой опесчаненного алеврита, резко возрастает количество пыльцы злаков и спор папоротников, а также уменьшается доля пыльцы осок и спор плаунов, что указывает на развитие сомкнутого растительного покрова и распространение лугоподобных ценозов. Накопление органогенных осадков свидетельствует о снижении уровня воды и развитии самостоятельного водоема.

Согласно полученным данным, PZ-3 сформировалась в пребореале. На СПД (рис. 2) нижняя его граница проведена на уровне резкого подъема кривой пыльцы группы древесных, главным образом *Betula sect. Albae*, и снижения доли пыльцы трав *Artemisia*, Chenopodiaceae, Cyperaceae и Poaceae, верхняя – над пиком пыльцы *Betula sect. Albae*. О накоплении отложений в пребореальный период свидетельствуют также данные диатомового анализа и калиброванный возраст (9940 ± 680 кал. л. н.) отложений с глубины 630–620 см при условии их удревнения ($9940 + 680 = 10620$ кал. л. н.). Отметим, что некоторое омоложение радиоуглеродной датировки образца, включающего переходные осадки от алевритов к сапропелям, с невысоким содержанием органики, могло произойти из-за смешивания более древних и более молодых осадков в результате резкого падения уровня водоема.

PZ-4 (BO) *Pinus* – *Betula* sect. *Albae* (600–560 см) выделена в слое коричневых гомогенных сапропелей по максимальному для разреза содержанию пыльцы *Pinus* (80–90 %), резкому снижению доли *Betula* sect. *Albae* до 3 % в начале PZ и возрастанию до 20 % к верхней ее границе. Значительное увеличение в спектрах пыльцевых зерен *Pinus*, а также снижение *Betula* sect. *Albae* отражает возможный перерыв в осадконакоплении. При этом суммарное количество пыльцы деревьев увеличилось с 80 до 90 %, а трав (Сурегасеае и Роасеае) уменьшилось до 1–2 %. Характерно также появление в осадках устьиц хвойных пород деревьев, что указывает на произрастание их в радиусе 20 м от места сбора образцов [Parsall, 2011]. Встречена в небольшом количестве пыльца *Alnus incana* (1–2 %), *Ulmus* (0,5 %). Почти полностью исчезают в спектре пыльцевые зерна *Artemisia* и Chenopodiaceae. Доминантами группы споровых являются Polyropodiaceae: в начале палинозоны ее количество составляет 15 %, к концу падает до 2–3 %, количество спор Lycopodiaceae снижается до 1 %. Максимальное содержание пыльцы *Pinus* и отсутствие пыльцевых зерен перигляциальных растений позволяют предположить, что данные спектры сформировались в бореальное время. Обнаруженные в максимальном количестве яйца тихоходок (род *Macrobiotus*) свидетельствуют о существовании незагрязненных экотопов [Биологические..., 2013].

PZ-5 (AT) QM – *Picea* – *Pinus* (560–320 см) выделена в слое коричневых гомогенных сапропелей на гл. 400–300 см с неразложившимися растительными остатками. Характерна максимальная для разреза встречаемость пыльцевых зерен термофильных растений (*Ulmus*, *Tilia*, *Carpinus*, *Alnus glutinosa*, *Corylus*). Содержание в СПС *Picea* значительно увеличивается (с 10 до 25 %) на фоне доминирования *Pinus* (50–60 %) и снижения вклада *Betula* sect. *Albae* (до 10–20 %). Спорадически встречены пыльцевые зерна *Betula nana* (до 1 %). Постоянное присутствие в СПС *Ericales* свидетельствует о развитии кустарничкового яруса. Доля пыльцы трав (Ranunculaceae, Сурегасеае, Роасеае и др.) невелика (1–2 %). В группе споровых преобладают Polyropodiaceae. К верхней границе палинозоны их количество уменьшается, а доля *Sphagnum*, напротив, увеличивается. Некоторые особенности спектров PZ-5 позволяют разделить ее на три субпалинозоны, относящиеся соответственно к началу (а), середине (b) и концу (с) атлантического периода.

PZ-5a (AT-1) *Picea* – *Pinus* – *Ulmus* – *Tilia* (560–460 см) характерно увеличение содер-

жания пыльцы термофильных растений (*Ulmus*, *Tilia* и *Corylus*). По сравнению с PZ-4 содержание в СПС *Pinus* несколько снижается (до 50–65 %), но продолжает оставаться наибольшим и далее по разрезу. В СПС вклад *Betula* sect. *Albae* сначала увеличивается до 30 %, а во второй половине PZ-5a уменьшается до 10 %. Рациональная граница пыльцы термофильных растений и *Alnus incana* регистрируется на контакте BO/AT-1.

PZ-5b (AT-2) QM – *Picea* – *Pinus* – *Alnus glutinosa* (460–380 см) выделена по максимальному присутствию *Ulmus* (1 %), *Tilia* (0,5 %), *Corylus* (1–2 %), а также появлению в спектрах *Alnus glutinosa*, более требовательной к теплу и почвам [Катунова и др., 2016]. Характерно по-прежнему высокое содержание пыльцы *Pinus* (50–55 %) и *Picea* (15–25 %). Спорадически отмечена пыльца *Calluna vulgaris*. Впервые появляется пыльца культурных злаков и ее спутник *Rumex* sp. В спектрах регистрируются зеленые водоросли *Botryococcus* (1–10 %), представляющие интерес для восстановления условий осадконакопления в водоеме.

PZ-5c (AT-3) *Picea* – *Pinus* – *Betula* sect. *Albae* (380–320 см) характеризуется постепенным снижением пыльцы *Ulmus*, *Corylus* и более существенным уменьшением *Tilia*, *Alnus glutinosa* к верхней границе PZ-5c. Встречены единичные пыльцевые зерна *Carpinus*, которые, скорее всего, принесены из более южных районов. В СПС по-прежнему преобладают *Pinus* (до 55 %) и *Picea* (20 %), *Betula* sect. *Albae* составляет 10–15 %. Присутствие пыльцевых зерен *Betula nana*, спор *Sphagnum* и находка пыльцы Drosseraceae свидетельствуют о дальнейших процессах заболачивания территории. Отмечено увеличение пыльцы *Ericales* (с 1 до 2 %), что свидетельствует о расселении верескоцветных. Количество водорослей *Botryococcus* возрастает по сравнению с предыдущей PZ до 20 %. Весь изложенный материал подтверждает формирование PZ-5 в атлантическое время. Верхняя граница атлантического периода проводится на уровне падения кривой пыльцы QM.

PZ-6 (SB) *Pinus* – *Picea* – *Cerealia* type – *Sphagnum* (320–250 см) выделена в гомогенных коричневых сапропелях. Отличается увеличением содержания пыльцы *Picea* (20–25 %) на фоне доминирования *Pinus* (60–70 %) и снижения *Betula* sect. *Albae* (до 10 %). Пыльца *Alnus incana* внесла существенный вклад (2–3 %) в формирование спектров, *Alnus glutinosa* в отложениях PZ отсутствует. Пыльцевые зерна термофильных растений (*Ulmus*, *Tilia*, *Corylus*) встречаются в незначительном количестве.

В СПС отмечено максимальное содержание *Ericales* (2–2,5 %).

Идентифицированы пыльцевые зерна *Severalia* (1 %), а также отмечено большое количество угольных частиц, вероятнее всего, связанное с человеческой деятельностью, а именно с земледелием. В группе споровых преобладают сфагновые мхи. По данным анализа, спектры PZ-6 сформировались в суббореальное время. К сожалению, верхнюю часть разреза, представленную разжиженными сапропелями (250–220 см), отобрать и изучить не удалось. По-видимому, они накапливались в конце суббореала и в субатлантическое время.

Диатомовый анализ

Методом диатомового анализа исследовано 50 образцов послойно, каждые 10 см. В донных отложениях выявлено 186 видов и разновидностей диатомовой флоры из 42 родов. В результате исследования по составу полученных комплексов выделено 8 диатомовых зон (DZ), соответствующих различным этапам развития водоема и палеоклиматическим периодам позднеледниковья и голоцена. Результаты исследований представлены на диаграмме (рис. 3).

DZ-1 (750–700 см) выделена в серо-голубых ленточноподобных алевролитах с большим

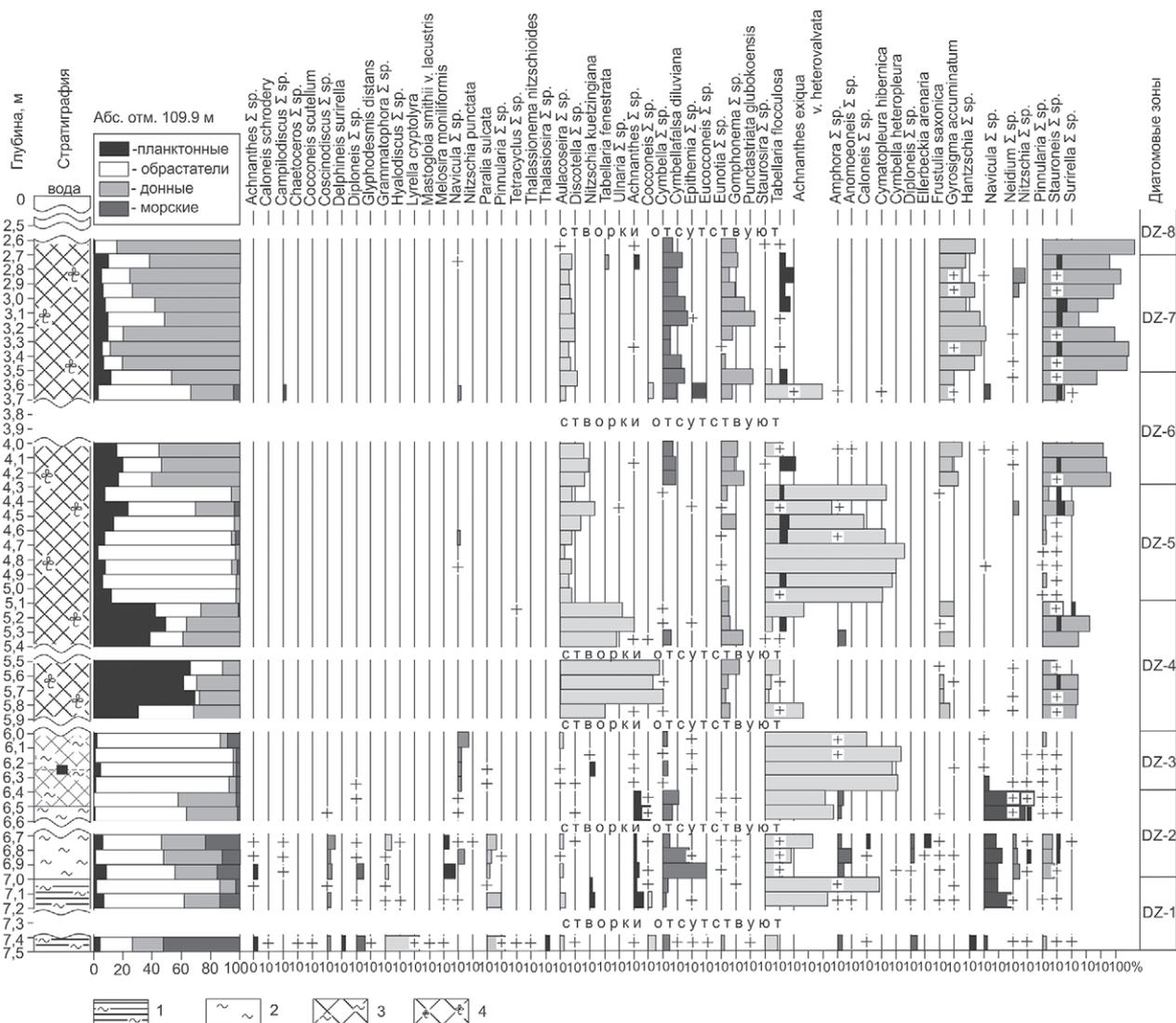


Рис. 3. Диатомовая диаграмма донных отложений оз. Окуньозеро:

1 – ленточноподобные алевролиты, 2 – серые гомогенные алевролиты, 3 – сапропель с алевролитом, 4 – сапропели с растительными остатками, 5 – разжиженные сапропели

Fig. 3. Diatom diagram of bottom sediments from Lake Okunozero:

1 – ribbon-like aleurites, 2 – gray homogeneous aleurites, 3 – sapropel with aleurite, 4 – sapropels with plant remains, 5 – liquefied sapropels

количеством растительных остатков. На протяжении данного слоя створки диатомовых обнаружены лишь в трех образцах, на гл. 740–720 см створки в осадках отсутствуют. В начале зоны абсолютное господство принадлежит переотложенным морским солоноватоводным формам: *Paralia sulcata*, *Grammatophora* sp., *Diploneis* sp., *Coscinodiscus* sp., *Hyalodiscus* sp., *Melosira moniliformis*, *Gyrosigma acuminatum*, *Cocconeis* sp., *Nitzschia* sp. и др. (табл. 2). Однако в составе комплекса присутствуют пресноводные виды родов *Aulacoseira* sp., *Achnanthes* sp., *Cymbella* sp., *Staurosira* sp., *Ellerbeckia arenaria*. Причем содержание пионерных видов *Staurosira* sp. в конце этапа достигает более 70 %, что может указывать на их развитие в мелководной зоне. Все это вместе с литологией осадков позволяет говорить о переотложении материала, возможно, микулинского возраста. Черные примазки, придающие полосчатость ленточновидным алевритам, явное тому подтверждение. Основываясь на полученных данных, можно предположить, что оз. Окуньозеро входило в состав Онежского приледникового водоема, когда 11 800 л. н., в невскую (сямозерскую) стадию деградации ледника, его край находился севернее нынешнего озера Сямозеро, а вся освободившаяся часть бассейна покрывалась плавучими айсбергами [Демидов, 2004, 2005]. Около 11 300–11 200 л. н. его уровень достигал отметок 120 м [Субетто и др., 2019]. В аллереде, по многочисленным данным, на дне Онежского озера отлагались ленточные глины, а в более мелководной зоне, где и расположено оз. Окуньозеро, – ленточноподобные алевриты [Шелехова и др., 2004, 2005; Демидов, 2006]. Следовательно, можно предположить, что отложения данной DZ сформировались в это время.

DZ-2 (700–640 см). Время накопления серых гомогенных алевритов с резким переходом в плотные коричневые сапропели с примесью алеврита. На данном этапе в осадках все еще присутствуют переотложенные морские формы, выявленные в DZ-1. Однако доля некоторых из них (*Paralia sulcata*, *Grammatophora* sp.) существенно снижается (с 22 до 2 %), а роль пресноводного комплекса, напротив, увеличивается. Повышается численность видов обрастаний из родов *Staurosira* sp. (с 5 до 40 %), *Cymbella* sp., *Achnanthes* sp., донных родов *Navicula* sp., *Pinnularia* sp., *Amphora* sp., *Neidium* sp. Кроме снижения к концу этапа численности переотложенных морских форм важно отметить также полное отсутствие створок на гл. 670–660 см. Данный факт может свидетельствовать о замедлении процессов переот-

ложения и прекращении к концу этапа выноса переотложенного материала. В осадках с гл. 660 см фиксируется достаточно резкое уменьшение участия планктонного сообщества и видов обрастаний, указывая на снижение уровня водоема, вероятно, в результате его отделения от крупного приледникового бассейна и похолодания климата в позднем дриасе.

DZ-3 (640–600 см) выделена на основании резкого изменения литологии осадков (гомогенные алевриты сменяются алевритистыми сапропелями) и доминирования в диатомовом комплексе форм обрастаний рода *Staurosira* sp., составляющих 80–90 % всей флоры. При этом снизилось до минимума 2–10 % количество донных форм, представленных в основном родом *Navicula* sp. Примерно в таком же количестве (до 2 %) присутствуют в составе комплекса и формы обрастаний *Cymbella* sp.

Несмотря на то что радиоуглеродная датировка (табл. 1) с гл. 620–630 см свидетельствует о накоплении осадков в бореальное время (8760 ± 500), мы считаем, что их седиментация происходила в пребореале ($8760 + 500 = 9260$). Это подтверждается и данными микропалеонтологических анализов.

В DZ-4 (590–510 см) значительная перестройка структуры диатомового комплекса, подтверждающая снижение уровня водоема, продолжается. На данном этапе в сапропелях с растительными остатками начинают развиваться планктонные формы из рода *Aulacoseira*, характерные для небольших неглубоких северных водоемов, такие как *Aulacoseira italica* var. *valida*, *A. distans*, *A. ambigua*, в сумме составляющие от 30 до 70 %. Кроме этого, в составе комплекса с 2 до 12 % возрастает доля типично болотных форм рода *Eunotia* sp., лишь в виде единичных экземпляров фиксируемых на предыдущих этапах. В качестве доминантов выступают также донные формы рода *Pinnularia* sp. Заметно участие *Frustulia saxonica*. Все эти формы являются обитателями мелководий северных слабоминерализованных водоемов с кислыми условиями среды. Их наличие служит наглядным показателем заболачивания прилегающих к озеру осушенных акваторий.

DZ-5 (510–430 см), на протяжении которой продолжали накапливаться сапропели с растительными остатками, отличается значительным снижением доли планктонного сообщества рода *Aulacoseira* с 50 до 2–25 % и возрастанием ранее развивавшихся форм обрастаний рода *Staurosira* sp. (40–85 %). Одновременно в составе комплекса отмечено меньшее участие видов *Eunotia* sp. и *Pinnularia* sp., что может свидетельствовать о снижении процессов за-

Таблица 2. Список переотложенных морских видов в донных осадках оз. Окуньозеро

Table 2. List of redeposited marine species in the bottom sediments of Lake Okunozero

№ No.	Названия видов Species	Экология Environment
1	<i>Achnanthes brevipes</i> C. Agardh	Солоноватоводно-морской вид, мезогалоб, космополит, литораль морей, солоноватоводные континентальные водоемы Brackish-water-marine species, mesohalob, cosmopolitan, littoral of seas, brackish continental water bodies
2	<i>A. longiceps</i> Ag.	Морской, в литорали морей, межледниковье Marine, in the littoral of seas, interglacial period
3	<i>Caloneis schrödery</i> Hust.	Опресненные воды Desalinated water
4	<i>Campilodiscus echeneis</i> Ehren.	Солоноватоводный, в послеледниковых отложениях Brackish-water, in postglacial sediments
5	<i>C. hibernicus</i> Ehren.	Солоноватоводный, в межледниковых отложениях Brackish-water, in interglacial sediments
6	<i>Campilodiscus</i> sp. Ehren.	Морские и солоноватоводные, прибрежные участки морей Marine and brackish-water, coastal areas of seas
7	<i>Chaetoceros</i> sp. Ehren.	Морские, планктонные Marine, planktonic
8	<i>Cocconeis scutellum</i> var. <i>parva</i>	Литораль морей, эугалоб Littoral of seas, eugalob
9	<i>Coscinodiscus</i> sp.	Морской, пелагический Marine, pelagic
10	<i>Delphineis surirella</i> (Ehrenberg) G. W. Andrews	Солоноватоводно-морской, литоральный, северные моря, полигалоб Brackish-water-marine, littoral, northern seas, polyhalob
11	<i>Diploneis interrupta</i> (Kützing) Cleve	В солоноватых водоемах, у берегов северных морей, ископаемые – межледниковье In brackish water bodies, the coast of the northern seas, fossils – interglacial period
12	<i>D. smithii</i> (Breb.) Cl.	Солоноватые водоемы и эстуарии рек, литораль морей, межледниковье Brackish water bodies and estuaries of rivers, littoral of seas, interglacial period
13	<i>D. smithii</i> var. <i>maior</i> (Breb.) Cl.	Солоноватые водоемы и эстуарии рек, литораль морей, межледниковье Brackish water bodies and estuaries of rivers, littoral of seas, interglacial period
14	<i>Diploneis</i> sp.	Солоноватые водоемы и эстуарии рек, литораль морей, межледниковье Brackish water bodies and estuaries of rivers, littoral of seas, interglacial period
15	<i>D. subcincta</i> (A. Schmidt) Cleve	Морской бентос, полигалоб Marine benthos, polyhalob
16	<i>Glyphodesmis distans</i> (Greg.) Grun.	Литораль морей Littoral of seas
17	<i>Grammatophora angulosa</i> var. <i>islandica</i> (Ehren.) Grun.	Морская сублитораль Marine sublittoral
18	<i>Grammatophora</i> sp.	Морская сублитораль Marine sublittoral
19	<i>Hyalodiscus scoticus</i> (Kutz.) Grun.	Литораль морей и солоноватые воды (литорина Балтики, межледниковье) Littoral of seas and brackish waters (littoral of the Baltic, interglacial period)
20	<i>Hyalodiscus</i> sp.	Литораль морей и солоноватые воды (литорина Балтики, межледниковье) Littoral of seas and brackish waters (littoral of the Baltic, interglacial period)
21	<i>Lyrella cryptolyra</i> (Brockmann) Stickle et D. G. Mann	Морской бентос, полигалоб Marine benthos, polyhalob
22	<i>Mastogloia smithii</i> var. <i>lacustris</i> (Grun.)	Солоноватоводно-пресноводный Brackish-freshwater

Окончание табл. 2

Table 2 (continued)

№ No.	Названия видов Species	Экология Environment
23	<i>Navicula digitoradiata</i> (W. Gregory) Ralfs	Солоноватоводно-морской, в северных морях Brackish-water-marine, in the northern seas
24	<i>N. peregrina</i> (Ehren.) Kützing	Солоноватоводный, в континентальных водоемах и морях Brackish-water, in continental waters and seas
25	<i>Navicula</i> sp.	Морской Marine
26	<i>Nitzschia punctata</i> (W. Sm.) Grun.	Солоноватоводный, в прибрежной части морей, устья рек, межледниковье Brackish-water, in the coastal part of seas, river estuaries, interglacial period
27	<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve	Прибрежный планктон и бентос морей Coastal plankton and benthos of seas
28	<i>Pinnularia globiceps</i> W. Gregory	Морской (слабосоленые воды) Marine (slightly salted waters)
29	<i>P. quadratarea</i> var. <i>subproducta</i> (Grunow) Cleve	Морской бентос, полигалоб Marine benthos, polyhalob
30	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky	Морской планктон, полигалоб Marine plankton, polyhalob
31	<i>Thalassiosira</i> sp.	Солоноватоводный, планктонный. Неритический, в опресненных участках морей, бореальный Brackish-water, planktonic. Neritic, in desalinated areas of seas, boreal

болачивания. Массовое развитие видов *Staurosira* sp. указывает на лучшее прогревание водоема, возможное лишь в теплых условиях атлантического времени.

DZ-6 (430–350 см) – дальнейшее накопление таких же сапропелей. На гл. 400–370 см створки диатомовых отсутствуют. Однако в данной DZ вновь отмечается вспышка в развитии типично болотных форм из родов *Eunotia* sp., *Pinnularia* sp., *Frustulia saxonica*, благодаря чему можно предположить дальнейшее заболачивание акватории водоема, повышение увлажненности климата. Кроме того, обращает на себя внимание заметное увеличение доли обрастателей из родов *Cymbella* sp., *Epithemia* sp. (до 10 %), появление единичных *Campilodiscus* sp., *Surirella* sp. Все эти изменения могли быть связаны с усилением поступления в водоем питательных веществ, необходимых для развития диатомовых водорослей за счет поверхностного стока, в результате потепления и увеличения влажности климата в атлантическое время.

DZ-7 (350–270 см) – продолжали накапливаться сапропели с растительными остатками. На гл. 350–320 см при достаточно стабильном содержании (до 10 %) прежних планктонных форм *Aulacoseira* sp. практически полностью исчезли виды *Staurosira* sp. В два раза возрастает роль донных *Pinnularia* sp., *Frustulia saxo-*

nica, а доля форм обрастаний родов *Cymbella* sp., *Eunotia* sp. снижается. Появляются створки видов родов *Epithemia* sp., *Neidium* sp. На втором этапе данной зоны (320–270 см) доля донных форм вновь увеличивается. Среди них повышается содержание *Pinnularia* sp. В большем количестве отмечены формы обрастаний *Tabellaria flocculosa*. Появляются единичные *Gyrosigma acumdatum*, *Stauroneis* sp., *Neidium* sp. (8 %). Господство донных форм – явный показатель небольшой глубины озера, уровень которого, вероятно, вновь снизился, что могло произойти в результате некоторой сухости и похолодания климата в суббореальное время. Это подтверждается и появлением новых галофильных видов *Epithemia* sp., развитие которых часто связано с усилением процессов подземного питания, характерных для данного времени.

DZ-8 (270–250 см) – в сапропелях с растительными остатками отмечается минимальное присутствие планктонных форм. Более 80 % составляют прежние донные *Pinnularia* sp., *Frustulia saxonica*. Отмечены единичные створки видов из обрастаний *Achnanthes* sp. Все факты свидетельствуют о дальнейшем снижении уровня водоема и повышении кислотности водной среды, т. к. вышеназванные виды предпочитают pH не более 5,5. Выше по разрезу на гл. 250–220 см сапропели не содержат

створок диатомовых водорослей, отсутствие которых можно объяснить рядом факторов: нехваткой кислорода, кремнекислоты, условиями среды и т. д. Предположительно, такие условия сложились на данной территории в субатлантическом периоде.

Обсуждение результатов

В невскую (сямозерскую) стадию деградации ледника его край находился севернее нынешнего озера Сямозеро, а освободившаяся часть бассейна Онего покрывалась плавучими айсбергами [Демидов, 2006]. **В аллереде (13 600–12 900 кал. л. н.)** край ледника в северной части нынешнего Сямозера непосредственно контактировал с ОПО, достигавшим максимальных размеров и включавшим Шуйскую низменность до современных отметок 120–130 м [Субетто и др., 2019]. В это время на дне ОПО отлагались ленточные глины [Шелехова и др., 2004, 2005], а в более мелководной зоне – ленточноподобные алевриты [Демидов, 2006]. Результаты анализа данных, полученных при исследовании отложений оз. Окуньозеро, свидетельствуют о том, что в аллереде (13 000 кал. л. н.) оно являлось заливом ОПО, в котором накапливались серо-голубые ленточноподобные алевриты с большим количеством растительных остатков. Аллеред – фаза позднеледникового глобального потепления и увлажнения климата, во время которого создались условия для жизни растений различных экологических группировок. На территории исследования в это время распространялись перигляциально-степные сообщества с участием *Ephedra*, *Chenopodiaceae*, *Artemisia* и тундровые ерниковые кустарничково-зеленомошные ценозы. Роль карликовой березы в ценозах велика, так как представленность ее в СПС в 10 раз меньше, чем в растительном покрове [Шешина, 1980]. Присутствие *Hepaticae* свидетельствует о сырых равнинных тундровых экотопах и незакрепленных или нарушенных грунтах. В условиях относительно теплого интерстадиала аллеред, когда происходило интенсивное таяние ледника, большое количество материала привносилось в приледниковый водоем вместе с тальми водами. Пыльца деревьев занесена ветром или переотложена, так же как и обнаруженные в алевритах угольные частицы. В конце аллереда на территории исследования были распространены ерnikово-зеленомошные тундровые, поlynно-маревые сообщества и разнообразные травяные, а в наиболее благоприятных защищенных от ветра местообитаниях – редкостойные бе-

резовые сообщества с примесью ольхи серой и небольшим участием сосны.

Результаты диатомового анализа также указывают на значительное переотложение материала, возможно микулинского возраста, что подтверждается достаточно высоким содержанием морских диатомей (табл. 2). В большинстве изученных водоемов [Шелехова и др., 2004, 2005] в это время отмечаются лишь единичные переотложенные створки морских видов и присутствие, в том числе в оз. Окуньозеро, характерного для позднеледниковья вида *Ellerbeckia arenaria*. Результаты изучения донных отложений исследованного водоема согласуются с имеющимися данными и дополняют знания о природных условиях этого времени. До конца аллереда Онежский приледниковый водоем на западных побережьях оставался прогляциальным и непосредственно контактировал с ледником Вешкельской возвышенности (около озера Сямозеро), на что указывает переотложенная флора. В конце аллереда произошла первая регрессия ОПО [Демидов, 2005; Онежское..., 2010; Субетто и др., 2019].

Поздний дриас (12 900–11 700 кал. л. н.). В позднем дриасе оз. Окуньозеро еще оставалось в составе ОПО. Однако, по нашим данным, его уровень в это время резко падает, идет накопление серых гомогенных алевритов. В конце периода прекращаются процессы переотложения материала. На исследованной территории сохраняются тундровые ерниково-зеленомошные ценозы, в связи с похолоданием и сухостью климата широко распространяются несомкнутые поlynно-маревые группировки как более адаптивные к этим условиям. Участие лесотундровых сообществ в растительном покрове сокращается. Присутствие *Ephedra*, светолюбивого ксерофита, обычного растения степей и полупустынь, характеризует сухие местообитания и бедные органикой каменистые почвы. Резкое снижение уровня водоема зафиксировано в составе диатомового комплекса с господством литоральных и донных видов, отвечающего условиям похолодания и ксерофитизации климата. Падение его обусловлено очередной регрессией ОПО (12 300 тыс. кал. л. н.) после возобновления стока через долину р. Свирь в Ладожское озеро [Демидов, 2006; Онежское..., 2010; Субетто и др., 2019]. Возможно, в это время заканчивается таяние мертвого льда Вешкельской ледораздельной возвышенности.

Пребореальный период (11 700–10 500 кал. л. н.). Гомогенные алевриты сменяются алевритистыми сапропелями. Состав диатомового комплекса с господством видов рода *Stau-*

rosira sp. свидетельствует об отделении его от крупного приледникового бассейна и дальнейшем самостоятельном развитии. Потепление и увеличение влажности климата способствует распространению лесной растительности и вытеснению, таким образом, тундровых сообществ. Свободные от льда и воды участки суши заселяются березой, являющейся пионерной породой. Присутствие псаммофита *Hippophae rhamnoides* характеризует ценозы на каменистых, щебнистых грунтах и субстраты с несформированным почвенным покровом, а *Hyperzia selago*, *Hepaticae* свидетельствуют о сырых равнинных тундровых экотопах и незакрепленных или нарушенных грунтах. Во второй половине пребореала уменьшается участие плаунов и увеличивается роль папоротникообразных в травяном ярусе, что свидетельствует о распространении сомкнутого растительного покрова. В связи с нарастающей тепло- и влагообеспеченностью в пребореальном периоде широкое развитие на исследованной территории получили березовые леса с примесью сосны и лугоподобные крупнотравные сообщества со злаками.

Бореальный период (10300–8800 кал. л. н.). Сухой прохладный климат бореального времени, а также песчаные грунты дают толчок к массовому развитию светлохвойных сосновых с примесью березы лесов. Полученные результаты показывают, что на рубеже пребореала-бореального времени произошел перерыв в осадконакоплении, о чем свидетельствует резкое увеличение в спектрах пыльцы сосны и снижение доли пыльцы берез, что характерно для второй половины бореала [Хотинский, 1977]. Встречающаяся в спектрах пыльца *Ulmus* и *Corylus* может указывать на их присутствие в благоприятных условиях, но, скорее всего, она является заносной из более южных районов. Отсутствие пыльцы полыней и маревых свидетельствует о деградации перигляциальной растительности. Значительное снижение количества спор плаунов характеризует развитие сомкнутого растительного покрова. К концу бореального периода леса приобретают среднетаежный облик. Диатомовый комплекс бореала отражает более сухие климатические условия, начало заболачивания окружающего водосбора, дальнейшее изменение уровня озера. Снижения уровней водоемов, причем часто довольно значительные, характерны для бореального времени всех изученных озер Карелии и связаны с сухостью климата этого времени, гляциоизостатическим поднятием территории, неотектоническими процессами [Шелехова, Лаврова, 2020].

Атлантический период (8800–5300 кал. л. н.). В начале теплого влажного атлантического времени получили распространение среднетаежные сосново-еловые леса с примесью широколиственных пород (*Ulmus*, *Tilia*). Необходимо отметить, что количество ели в древостое обычно в 2–4 раза больше, чем отмечается в спектрах [Елина, 1981]. Следовательно, можно предполагать, что в растительном покрове преобладающими были монодоминантные еловые леса. Затем они сменились на южнотаежные еловые, а также сосново-еловые и березово-сосновые с верескоцветными в наземном покрове. В кустарниковом ярусе кроме ольхи серой и лещины появляется более требовательная к почвам и теплу ольха черная. Отмеченные единичные зерна культурных злаков, скорее всего, имеют заносный характер. Поэтому связывать их наличие с началом земледелия невозможно. Встречаемость *Betula nana* наряду с увеличением доли *Sphagnum* свидетельствует о процессах заболачивания территории вокруг водоема после снижения его уровня. Большое количество широко распространенных зеленых водорослей *Botriococcus*, предпочитающих пресноводные мелкие, в том числе временные, слегка заболоченные водоемы [Van Geel, 2001], характеризуют неглубокий, хорошо прогреваемый водоем. В теплое атлантическое время возрастает видовое разнообразие диатомового комплекса, увлажнение выражается в увеличении содержания типично болотных форм.

Суббореальный период (5300–2600 кал. л. н.). Климат суббореала был холоднее и суше, чем в атлантическом периоде, но гораздо теплее, чем в настоящее время. Резкое похолодание и уменьшение влажности климата привело к сокращению участия термофильных растений *Ulmus*, *Tilia*, *Alnus glutinosa*, *Corylus*. Для отложений этого времени характерен первый верхний максимум пыльцы ели [Хотинский, 1977], который не отмечается в спектре данного разреза. Напротив, количество пыльцы ели (18–20 %) неизменно начиная со второй трети атлантического периода. Значительное участие в составе спектров атлантикума пыльцы ели (23 %) отмечено и в разрезе Льежесу [Елина, 1981], расположенном в 12 км от района исследований, что, несомненно, отражает локальные благоприятные для нее эдафические условия. Возможно, на расселение ели в данном районе оказали влияние четвертичные отложения, представленные супесчано-суглинистыми моренами краевых гряд сязозерской стадии деградации ледника и сформированные на них почвы. На увлажненных понижениях доминиру-

ющими становятся еловые и сосново-еловые леса. Сосновые леса с березой и ольхой серой произрастали на прилегающей к озеру флювиогляциальной дельте, сложенной песками, и на склонах камовых холмов. Пыльца культурных злаков и огромное количество частиц угля, по-видимому, свидетельствуют о начале земледелия. Диатомовый комплекс обновляется некоторыми видами, требующими повышения минерализации воды, например *Epithemia* sp., *Neidium* sp., *Gyrosigma accuminatum*, *Stauroneis* sp., что, вероятно, обусловлено усилением подземного питания, характерного для данного времени.

Следует обратить внимание на отсутствие диатомовой флоры в нескольких горизонтах, практически в каждом палеоклиматическом периоде на гл. 740–720, 670–660, 550–540, 400–370, 260–220 см (рис. 3). Отсутствие створок диатомовых водорослей в отложениях позднеледниковья, представленных ленточноподобными алевритами, в водоемах Карелии наблюдается довольно часто и связано с пульсирующим характером поступающих в водоем талых холодных и мутных вод, в которых не создается условий для развития флоры. Такое фиксировалось в ранее изученных разрезах (Пертозеро, Шавнилампи, Лайнозеро, Сяргозеро, Полевское) [Шелехова и др., 2004, 2005; Shelekhova et al., 2016; Шелехова, Лаврова, 2019]. А вот отсутствие диатомовой флоры в голоценовых осадках, представленных сапропелями, объяснить труднее. Можно высказать лишь предположение, что как в сухие периоды бореального и суббореального времени, так и на отдельных этапах влажных атлантического и субатлантического периодов из-за мелководности водоема и заболачивания окружающих территорий цветность воды возрастала, а прозрачность – заметно снижалась. Свет, необходимый для фотосинтеза, является одним из главных факторов, влияющих на развитие диатомей. После отделения Окуньозера от ОПО на протяжении всего голоцена это был мелководный водоем, глубиной 3–5 м. Более того, примыкающая к озеру с востока ледниково-озерная равнина постепенно заболачивалась на протяжении голоцена.

Заключение

Результаты анализа данных, полученных при исследовании отложений, свидетельствуют о том, что в конце аллереда оз. Окуньозеро являлось довольно глубоководным заливом прогляциального ОПО. Отложения аллереда характеризуются значительным количеством

переотложенных морских форм диатомовых водорослей. В них впервые выявлено более 30 видов и разновидностей переотложенной морской флоры, чего не наблюдалось в ранее изученных разрезах этого времени. СПС также включают переотложенные и дальнезаносные пыльцевые зерна, пыльцу и споры растений из окружающих местообитаний. Растительный покров позднеледниковья не имел аналогов в современности. Он был несомкнутым, с мозаичной структурой, включал виды, разнообразные как по экологии, так и по географическому происхождению. Полученные данные подтверждают распространение перигляциально-степных и тундровых ценозов, а в благоприятных местообитаниях, возможно, и березовых и ольховых лесотундровых сообществ. Изменения климата в позднеледниковье приводили к перераспределению площадей, занимаемых вышеназванными сообществами, причем их состав оставался прежним.

Отделение озера от приледникового водоема произошло в конце позднего дриаса. В это время накапливались гомогенные алевриты, практически прекратились процессы переотложения. В позднем дриасе широкое распространение имели тундровые ерниково-зеленомошные и несомкнутые полынно-маревые группировки, сменившиеся в пребореале на березовые леса с примесью сосны и лугоподобные крупнотравные сообщества. Уровень водоема постоянно снижался, он оставался слабоминерализованным с кислыми условиями среды. В пребореальное время водоем развивался самостоятельно. В бореальное время получили распространение средне-таежные светлохвойные сосновые с примесью березы леса. В атлантический оптимум они сменились южнотаежными еловыми, с широколиственными породами, сосново-еловыми и березово-сосновыми лесами. С суббореала на территории исследования преобладающими становятся еловые и елово-сосновые леса. Указаны возможные причины отсутствия диатомовых водорослей в отдельных горизонтах почти в каждом палеоклиматическом периоде: это мутность талых холодных вод, цветность, недостаток света, кислорода и кремнекислоты.

Авторы выражают благодарность 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.
- Биологические индикаторы в палеоэкологических исследованиях: Атлас / Отв. ред. Л. Б. Назарова. Казань: Казанский ун-т, 2013. 147 с.
- Бискэ Г. С., Лак Г. Ц., Лукашов А. Д., Горюнова Н. Н., Ильин В. А. Строение и история котловины Онежского озера // Труды Ин-та геологии КФ АН СССР. 1971. Вып. 7. 74 с.
- 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., 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., Чекрыжева Т. А., Комулайнен С. Ф. Диатомовые водоросли водоемов и водотоков Карелии / Отв. ред. В. Г. Девяткин. М.: Научный мир, 2015. 202 с.
- Гричук В. П., Заклинская Е. Д. Анализ ископаемой пыльцы и спор и его применение в палеогеографии. М.: Географгиз, 1948. 223 с.
- Давыдова Н. Н. Диатомовые водоросли – индикаторы природных условий водоемов в голоцене. Л.: Наука, 1985. 244 с.
- Демидов И. Н. Донные отложения и колебания уровня Онежского озера в позднеледниковье // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 7. Петрозаводск: Карел. науч. центр РАН, 2004. С. 207–218.
- Демидов И. Н. Деградация поздневалдайского оледенения в бассейне Онежского озера // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 8. Петрозаводск: Карел. науч. центр РАН, 2005. С. 134–142.
- Демидов И. Н. О максимальной стадии развития Онежского приледникового озера, изменении его уровня и гляциоизостатическом поднятии побережий в позднеледниковье // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 9. Петрозаводск: Карел. науч. центр РАН, 2006. С. 171–182.
- Диатомовый анализ. Определитель ископаемых и современных диатомовых водорослей. Л.: Географгиз, 1949–1950. Кн. 1. 240 с.; кн. 2. 288 с.; кн. 3. 399 с.
- Елина Г. А. Принципы и методы реконструкции и картирования растительности голоцена. Л.: Наука, 1981. 57 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.
- Заключительный информационный отчет по теме № 139 «Дегляциация Восточной части Скандинавского материкового ледника». Подпроект МПГК № 253 «Завершающий этап плейстоцена (1991–1995). Петрозаводск: Карел. науч. центр РАН, 1996. 25 с.
- Зобков М. Б., Субетто Д. А., Тарасов А. Ю., Потахин М. С. Применение ГИС для реконструкции береговой линии Онежского озера в различные климатические периоды // Водные ресурсы: изучение и управление. Т. 1. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2016. С. 190–198.
- Информационная система идентификации растительных объектов на основе карпологических, палинологических и анатомических данных. URL: <http://botany-collection.bio.msu.ru> (дата обращения: 01.10.2020).
- Катунова В. В., Воротников В. П., Чкалов А. В. Сравнительный анализ ценофлоры черноольховых лесов Нижегородского Поволжья // Труды Гос. природного биосферного заповедника «Керженский». Т. 8. Нижний Новгород, 2016. 182 с.
- Квасов Д. Д. Происхождение котловины Онежского озера // Палеолимнология Онежского озера. Л.: Наука, 1976. С. 7–40.
- 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 двудольных растений флоры европейской части СССР. Т. 1. Л.: Наука, 1978. 174 с.
- Куприянова Л. А., Алешина Л. А. Пыльца и споры растений флоры европейской части СССР. Т. 1. Л.: Наука, 1972. 172 с.
- Лаврова Н. Б. Развитие растительности бассейна Онежского озера в ходе деградации последнего оледенения // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 8. Петрозаводск: Карел. науч. центр РАН, 2005. С. 143–148.
- Лосева Э. И. Атлас морских плейстоценовых диатомей европейского Северо-Востока СССР. СПб.: Наука, 1992. 272 с.
- Онежское озеро. Атлас / Отв. ред. Н. Н. Филатов. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2010. 151 с.
- Определитель пресноводных водорослей СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1951. Вып. 4. 619 с.
- Порывкин М. Н. Образование поперечных террас реки Вытегра и история развития Онежского озера // Тр. Гидропроекта. 1960. Сб. 3. С. 221–233.
- Пыльцевой анализ / Ред. И. М. Покровская. М.: Госгеолиздат, 1950. 571 с.
- Субетто Д. А., Потахин М. С., Гурбич В. А., Шелехова Т. С. База данных «Палеогеография Онежского озера и его водосбора «PaleoOnego». Свидетельство о гос. регистрации № RU 2017620010. Зарег. в Реестре баз данных 09 января 2017 г.
- Субетто Д. А., Потахин М. С., Зобков М. Б., Тарасов А. Ю., Шелехова Т. С., Гурбич В. А. Применение геоинформационных технологий в палеорекострукции истории развития Онежского озера в позднеледниковье // Геоморфология. № 3. 2019. С. 83–90.
- Филимонова Л. В., Шелехова Т. С. Динамика уровня режима, зарастания и заторфовывания

озера Руоколампи (заповедник «Кивач») в голоцене // Биоразнообразие, динамика и ресурсы болотных экосистем Восточной Фенноскандии. Труды КарНЦ РАН. 2005. Вып. 8. С. 121–132.

Шелехова Т. С., Васько 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., Васько О. В., Демидов И. Н. Палеоэкологические условия развития Северо-Западного Прионежья в позднеледниковье и голоцене // Геология и полезные ископаемые. Вып. 8. Петрозаводск: Карел. науч. центр РАН, 2005. С. 149–157.

Шелехова Т. С., Лаврова Н. Б. Палеогеографические реконструкции развития территории Северо-Западной Карелии в голоцене (по данным изучения донных отложений малых озер) // Труды КарНЦ РАН. 2020. № 9. С. 101–122. doi: 10.17076/lim1268

Шелехова Т. С., Субетто Д. А. Диатомовые водоросли донных отложений озер Заонежья: оценка современного состояния озер, реконструкция изменения уровня Онежского озера // Труды КарНЦ РАН. 2016. № 5. С. 88–105. doi: 10.17076/lim283

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

Хотинский Н. А. Голоцен Северной Евразии. М.: Наука, 1977. С. 41–42.

Юрковская Т. К. Растительный покров Карелии // Растительный мир Карелии и проблемы его охраны. Петрозаводск: Карел. науч. центр РАН, 1993. С. 8–36.

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

Grimm E. C. TILIA and TILIA GRAPH: Pollen spreadsheet and graphics software for pollen data // INQUA. Working Group on Data-Handling Methods. Newsletter. 1990. No. 4. P. 5–7.

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.

Biologicheskie indikatory v paleoekologicheskikh issledovaniyakh: Atlas [Biological indicators in paleoecological studies. An atlas]. Ed. L. B. Nazarova. Kazan': Kazanskii un-t, 2013. 147 p.

Biske G. S., Lak G. Ts., Lukashov A. D., Goryunova N. N., Il'in V. A. Stroenie i istoriya kotloviny Onezhskogo ozera [Building and history of the Onega Lake basin]. *Trudy In-ta geol. KF AN SSSR* [Proceed. Inst. Geol. Karelian Br. Acad. Sci. USSR]. 1971. Iss. 7. 74 p.

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

Hoek W. Z. Atlas to Palaeogeography of Lateglacial Vegetations. Utrecht; Amsterdam, 1997. 165 p.

Komarek J., Jankovska V. Review of the Green Algal Genus *Pediastrum*: implication for pollenanalytical research. *Bibliotheca Phycologica*, Band XX. Berlin; Stuttgart: Cramer, 1999. 127 p.

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

Mölder 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.

Parshall T. Documenting forest stand invasion: Fossil stomata and pollen in forest hollows // *Articlein Can. J. Bot.* 2011. Vol. 77(10). P. 1529–1538.

Saarnisto M., Grönlund T., Ekman I. Lateglacial of Lake Onega – contribution to the history of the eastern Baltic basin // *Quat. Intern.* 1995. Vol. 27. P. 111–120.

Shelekhova T. S., Lavrova N. B., Subetto D. A. Late Glacial and Holocene evolution of lake Syarogzero based on micropaleontological evidence (Onega Lake basin, Karelia, Russia) // *Paleolimnology of Northern Eurasia. Experience, Methodology, Current Status: Proceedings of the International Conference. Yakutsk, 22–27 August, 2016* / Eds. S. Levina, R. Gorodnichev, I. Yadrikhinski, P. Davydova. Yakutsk: North-Eastern Federal University, 2016. P. 103–105.

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.

Van Geel B. Non-pollen palynomorphs // *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments* / Eds. Smol J. P., Birks H. J. B., Last W. M. Dordrecht: Kluwer, 2001. Vol. 3. P. 99–119.

Поступила в редакцию 12.10.2020

Demidov I. N. Donnye otlozheniya i kolebaniya urovnya Onezhskogo ozera v pozdnelednikov'e [Bottom sediments and fluctuations in the level of Lake Onega in the Late glacial]. *Geol. i poleznye iskopaemye Karelii* [Geol. and Mineral Resources of Karelia]. Iss. 7. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2004. P. 207–218.

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

Demidov I. N. O maksimal'noi stadii razvitiya Onezhskogo prilednikovogo ozera, izmenenii ego urovnya i glyatsioizostaticheskogo podnyatii poberezhii v pozdnelednikov'e [On the maximum stage of development of Onega glacial lake, changing its level and glacioisstatic rise of coasts in the late glacial]. *Geol. i poleznye isko-*

paemye Karelii [Geol. and Mineral Resources of Karelia]. Iss. 9. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2006. P. 171–182.

Diatomovyi analiz. Opredelitel' iskopaemykh i sovremennykh diatomovykh vodoroslei [Diatom analysis. A key to fossils and modern diatoms]. Leningrad: Geografiz, 1949–1950. B. 1. 240 p.; B. 2. 288 p.; B. 3. 399 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. 57 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 (paleo-vegetation 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 of Eastern Fennoscandia]. St. Petersburg: Nauka, 2005. 53 p.

Filimonova L. V., Shelekhova T. S. Dinamika urovennogo rezhima, zarastaniya i zatorfovyvaniya ozera Ruokolampi (zapovednik "Kivach") v golotsene [Dynamics of the level regime, overgrowing, and peat formation of Lake Ruokolampi (Kivach Nature Reserve) in the Holocene]. *Bioraznoobrazie, dinamika i resursy bolotnykh ekosistem Vostochnoi Fennoskandii. Trudy KarNTs RAN* [Biodiversity, dynamics, and resources of bog ecosystems of Eastern Fennoscandia. Trans. KarRC RAS]. 2005. Iss. 8. P. 121–132.

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

Grichuk V. P., Zaklinskaya E. D. Analiz iskopaemoi pyl'tsy i spor i ego primenenie v paleogeografii [Fossil pollen and spores analysis and its use in paleogeography]. Moscow: Geografiz, 1948. 223 p.

Informatsionnaya sistema identifikatsii rastitel'nykh ob'ektov na osnove karpologicheskikh, palinologicheskikh i anatomicheskikh dannyykh [Information system for identification of plant objects based on carpological, palynological, and anatomical data]. URL: <http://botany-collection.bio.msu.ru> (accessed: 01.10.2020).

Katunova V. V., Vorochnikov V. P., Chkalov A. V. Sravnitel'nyi analiz tsenoflory chernool'khovykh lesov

Nizhegorodskogo Povolzh'ya [Comparative analysis of the cenoflora of black alder forests of the Nizhny Novgorod Volga region]. *Trudy Gos. prirod. biosferenogo zapoved. "Kerzhenskii"* [Proceed. Kerzhensky State Nature Reserve]. Vol. 8. Nizhnii Novgorod, 2016. 182 p.

Khotinskii N. A. Golotsen Severnoi Evrazii [Holocene of Northern Eurasia]. Moscow: Nauka, 1977. P. 41–42.

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

Kupriyanova L. A., Aleshina L. A. Pyl'tsa i spory dvudol'nykh rastenii flory evropeiskoi chasti SSSR [Pollen and spores of bilobular plants of the flora in the European part of the USSR]. Vol. 1. Leningrad: Nauka, 1978. 174 p.

Kupriyanova L. A., Aleshina L. A. Pyl'tsa i spory rastenii flory evropeiskoi chasti SSSR [Pollen and spores of plants in the European part of the USSR]. Vol. 1. Leningrad: Nauka, 1972. 172 p.

Kvasov D. D. Proiskhozhdenie kotloviny Onezhskogo ozera [Origin of the Lake Onego Basin]. *Paleolimnologiya Onezhskogo ozera* [Paleolimnology of Lake Onego]. Leningrad: Nauka, 1976. P. 7–40.

Lavrova N. B. Razvitie rastitel'nosti basseina Onezhskogo ozera v khode degradatsii poslednego oledeniya [Development of vegetation of the Onega Lake basin during the degradation of the last glaciations]. *Geol. i poleznye iskopaemye Karelii* [Geol. and Mineral Resources of Karelia]. Iss. 8. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2005. P. 143–148.

Loseva E. I. Atlas morskikh pleistotsenovykh diatomei evropeiskogo Severo-Vostoka SSSR [Atlas of Pleistocene marine diatoms of European North-East of the USSR]. St. Petersburg: Nauka, 1992. 272 p.

Onezhskoe ozero. Atlas [Lake Onego. An atlas]. Ed. N. N. Filatov. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2010. 151 p.

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

Poryukin M. N. Obrazovanie poperechnykh terras reki Vytegra i istoriya razvitiya Onezhskogo ozera [Formation of the cross-sectional terraces of the Vytegra River and the history of the development of Lake Onego]. *Tr. Hidroproekta* [Proceed. Hydroproject]. 1960. Vol. 3. P. 221–233.

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

Shelekhova T. S., Vas'ko O. V., Demidov I. N. Razvitie prirodnoi sredy yugo-zapadnogo Prionezh'ya v golotsene [Paleoecological conditions of development of the Northwest Prionezhye in the Late glacial and Holocene]. *Geol. i poleznye iskopaemye Karelii* [Geol. and Mineral Resources of Karelia]. Iss. 7. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2004. P. 226–232.

Shelekhova T. S., Vas'ko O. V., Demidov I. N. Paleoekologicheskie usloviya razvitiya Severo-Zapadnogo Prionezh'ya v pozdnelednikov'e i golotsene [Paleoecological conditions for the development of the Northwestern Onega region in the Late Glacial and Holocene]. *Geol. i poleznye iskopaemye Karelii* [Geol. and Mineral Resources of Karelia]. Iss. 8. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2005. P. 149–157.

Shelekhova T. S., Lavrova N. B. Paleogeograficheskie rekonstruktsii razvitiya territorii severo-zapadnoi Karelii v golotsene po dannym izucheniya donnykh otlozhenii malykh ozer [Paleogeographic reconstruction of the development of the territory of northwestern Karelia in the Holocene according to the study of the sediments of small lakes]. *Trudy KarNTs RAN* [Trans. KarRC RAS]. 2020. No. 9. P. 101–122. doi: 10.17076/lim1268

Shelekhova T. S., Subetto D. A. Diatomovye vodorosli donnykh otlozhenii ozer Zaonezh'ya: otsenka sovremennogo sostoyaniya ozer, rekonstruktsiya izmeneniya urovnya Onezhskogo ozera [Diatoms in the bottom sediments of Zaonezhye lakes: assessment of the present state of the lakes and reconstruction of Lake Onego level variations]. *Trudy KarNTs RAN* [Trans. KarRC RAS]. 2016. No. 5. P. 88–105. doi: 10.17076/lim283

Sheshina O. N. O stepeni skhodstva palino- i fitotsenozov i restavratsii paleofitotsenozov [About the degree of similarity of palino- and phytocenoses and restoration of paleophytosenosis]. *Vestnik MGU. Ser. geol.* [Moscow Univ. Bull. Ser. Geol.]. 1980. No. 4. P. 85–89.

Subetto D. A., Potakhin M. S., Gurbich V. A., Shelekhova T. S. Baza dannykh "Paleogeografiya Onezhskogo ozera i ego vodosbora "PaleoOnego". Svidetel'stvo o gos. registratsii bazy dannykh № RU 2017620010. Zareg. v Reestre baz dannykh 09 yanvarya 2017 g. [Database 'Paleogeography of Lake Onega and its catchment area *PaleoOnego*'. Certificate of state registration No. RU 2017620010. Reg. in the Registry of databases on January 09, 2017].

Subetto D. A., Potakhin M. S., Zobkov M. B., Tarasov A. Yu., Shelekhova T. S., Gurbich V. A. Primenenie geoinformatsionnykh tekhnologii v paleorekonstruktsii istorii razvitiya Onezhskogo ozera v pozdnelednikov'e [Application of geo-information technologies in the paleoreconstruction of the history of the development of Onega Lake in the late glacial]. *Geomorfologiya* [Geomorphology]. No. 3. 2019. P. 83–90.

Yurkovskaya T. K. Rastitel'nyi pokrov Karelii [Vegetation cover of Karelia]. *Rastitel'nyi mir Karelii i probl. ego okhrany* [The flora of Karelia and probl. of its protection]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 1993. P. 8–36.

Zaklyuchitel'nyi informatsionnyi otchet po teme № 139 "Deglyatsiatsiya Vostochnoi chasti Skandinavskogo materikovogo lednika". Podproekt MPGK № 253 "Zavershayushchii etap pleistotsena (1991–1995)" [The final information report on the topic No. 139 'Deglaciation of the Eastern part of the Scandinavian mainland glacier'. Underproject MPGK No. 253 'The Final Stage of the Pleistocene (1991–1995)']. Petrozavodsk: KarRC RAS, 1996. 25 p.

Zobkov M. B., Subetto D. A., Tarasov A. Yu., Potakhin M. S. Primenenie GIS dlya rekonstruktsii beregovoi linii Onezhskogo ozera v razlichnye klimaticheskie periody [Application of GIS for the reconstruction

of the shoreline of Lake Onega in different climatic periods]. *Vodnye resursy: izuchenie i upravlenie* [Water resources: study and management]. Vol. 1. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2016. P. 190–198.

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

Grimm E. C. TILIA and TILIA GRAPH: Pollen spreadsheet and graphics software for pollen data. *INQUA. Working Group on Data-Handling Methods. Newsletter*. 1990. No. 4. P. 5–7.

Hoek W. Z. Atlas to palaeogeography of Lateglacial vegetations. Utrecht; Amsterdam, 1997. 165 p.

Komarek J., Jankovska V. Review of the Green Algal Genus *Pediastrum*: implication for pollenanalytical research. *Bibliotheca Phycologica*, Band XX. Berlin; Stuttgart: Cramer, 1999. 127 p.

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

Mölder 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.

Parshall T. Documenting forest stand invasion: Fossil stomata and pollen in forest hollows. *Article Can. J. Bot.* 2011. Vol. 77(10). P. 1529–1538.

Saarnisto M., Grönlund T., Ekman I. Lateglacial of Lake Onega – contribution to the history of the eastern Baltic basin. *Quat. Intern.* 1995. Vol. 27. P. 111–120.

Shelekhova T. S., Lavrova N. B., Subetto D. A. Late Glacial and Holocene evolution of lake Syrgozero based on micropaleontological evidence (Onega Lake basin, Karelia, Russia). *Paleolimnology of Northern Eurasia. Experience, Methodology, Current Status: Proceedings of the International Conference. Yakutsk, 22–27 August, 2016*. Eds. S. Levina, R. Gorodnichev, I. Yadrikhinski, P. Davydova. Yakutsk: North-Eastern Federal University, 2016. P. 103–105.

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.

Van Geel B. Non-pollen palynomorphs. *Tracking Environ. Change Using Lake Sediments*. Eds. Smol J. P., Birks H. J. B., Last W. M. Dordrecht: Kluwer, 2001. Vol. 3. P. 99–119.

Received October 12, 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

Тихонова Юлия Сергеевна

старший лаборант-исследователь лаб. геохимии,
четвертичной геологии и геоэкологии
Институт геологии КарНЦ РАН,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: yula_tihonova@mail.ru

Лазарева Оксана Васильевна

ведущий географ лаб. геохимии, четвертичной геологии
и геоэкологии
Институт геологии КарНЦ РАН,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: ox-laz@yandex.ru

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

Tikhonova, Yuliya

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

Lazareva, Oksana

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