

УДК 551.89

ПАЛЕОЛИМНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ИНСТИТУТЕ ОЗЕРОВЕДЕНИЯ РАН ПОСЛЕДНЕГО ДЕСЯТИЛЕТИЯ – ЛИТОСТРАТИГРАФИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

Д. Д. Кузнецов

Институт озероведения РАН – СПб ФИЦ РАН (ул. Севастьянова, 9, Санкт-Петербург, Россия, 196105)

Приводятся результаты работ по изучению динамики и особенностей поздне- и послеледникового осадконакопления в озерах ряда географических областей северо-запада и севера Европейской России: в Ладожском озере, в малых озерах Приладожья, Карельского перешейка и Прибеломорья. Выявленные особенности осадконакопления в этих озерах позволили продвинуться в решении таких важных палеогеографических задач, как детализация хронологии балтийско-ладожского голоценового соединения, установления максимального уровня ладожской трансгрессии, установления времени максимальной биологической продуктивности в озерных экосистемах в голоцене, хронологии перемещения уровня береговой линии Белого моря в голоцене. Установлено время начала органонакопления в малых озерах северной части Карельского перешейка, расположенных на трассе Гейниокского палеопролива – 3000–3500 кал. л. н. Выявлено, что установление озерных обстановок осадконакопления в котловинах этих озер происходило постепенно. Установлено принципиальное различие в строении осадков малых озер Приладожья в зависимости от их высотного и пространственного положения. Выделены этапы голоценового органонакопления в отложениях Ладожского озера. Временной период максимального накопления органического вещества определен в интервале 5200–9500 кал. л. н. Реконструирована динамика перемещения береговой линии Белого моря в голоцене на различных участках побережья. Установлено, что в озерах Соловецкого архипелага, расположенных на отметках 22–35 м над ур. моря, озерное осадконакопление происходило начиная с 10 500–11 000 кал. л. н.

Ключевые слова: донные отложения; озерное осадконакопление; органическое вещество в отложениях; голоцен; изоляционные бассейны; Ладожское озеро; Карельский перешеек; Белое море

Для цитирования: Кузнецов Д. Д. Палеолимнологические исследования в Институте озероведения РАН последнего десятилетия – литостратиграфический аспект // Труды Карельского научного центра РАН. 2024. № 5. С. 115–127. doi: 10.17076/lim1906

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания ИНОЗ РАН – СПб ФИЦ РАН по темам FFZF-2024-0001 и FFZF-2024-0002.

D. D. Kuznetsov. PALEOLIMNOLOGICAL RESEARCH AT THE INSTITUTE OF LIMNOLOGY RAS IN THE LAST DECADE – THE LITHOSTRATIGRAPHIC ASPECT

Institute of Limnology, St. Petersburg Federal Research Center, Russian Academy of Sciences (9 Sevast'yanova St., 196105 St. Petersburg, Russia)

The article presents the results of studies on the dynamics and features of late- and post-glacial sedimentation in lakes of a number of geographical regions of the north-west and north of European Russia: in Lake Ladoga, in small lakes of the Ladoga region, the Karelian Isthmus and the White Sea region. The identified features of sedimentation in these lakes made it possible to advance in solving such important paleogeographic problems as detailing the chronology of the Baltic-Ladoga Holocene connection, establishing the maximum level of the Ladoga transgression, establishing the time of maximum biological productivity in lake ecosystems in the Holocene, the chronology of the relative sea level changes in the White Sea region in the Holocene. The time when organic accumulation began in small lakes in the northern part of the Karelian Isthmus, located in the path of the Heinjoki paleo-strait, was determined as 3000–3500 cal. BP. It was revealed that the establishment of lacustrine sedimentation environments in the basins of these lakes proceeded gradually. The structure of sediments in small lakes in the Ladoga region was found to have fundamental differences depending on their altitude and spatial position. The stages of Holocene organic matter accumulation in the sediments of Lake Ladoga were identified. The time period of maximum accumulation of organic matter was determined in the range of 5200–9500 cal. BP. The White Sea shoreline displacements in the Holocene in various areas of the coast have been reconstructed. It has been established that in lakes of the Solovetsky archipelago, located at 22–35 m above sea level, lacustrine sedimentation started at 10 500–11 000 cal. BP.

Keywords: lake sediments; lacustrine sedimentation; organic matter in sediments; the Holocene; isolation basins; Lake Ladoga; Karelian Isthmus; White Sea

For citation: Kuznetsov D. D. Paleolimnological research at the Institute of Limnology RAS in the last decade – the lithostratigraphic aspect. *Trudy Karelskogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS*. 2024. No. 5. P. 115–127. doi: 10.17076/lim1906

Funding. The work was implemented within state assignment to INOZ SPC RAS (FFZF-2024-0001 and FFZF-2024-0002).

Введение

В январе 2024 г. исполнилось 80 лет Институту озероведения РАН. Палеолимнологические (и палеогеографические) исследования всегда были важной частью его деятельности. Работы Н. И. Семеновича, А. В. Шнитникова, Д. Д. Квасова, Б. И. Кошечкина, Н. Н. Давыдовой, И. Ю. Неуструевой, Д. А. Субетто и многих других специалистов внесли значительный вклад в развитие направления [70 лет..., 2017].

В последнее десятилетие палеолимнологические исследования в институте охватывают ряд тем, среди которых важное место занимают исследования голоценовой динамики береговой линии крупных бассейнов (Балтийское и Белое моря, Ладожское и Онежское озера) с использованием метода изоляционных бассейнов и палеоэкологические реконструкции, основанные на изучении динамики органического вещества в колонках донных отложений.

Изучение литостратиграфии донных отложений озер – первый этап любого палеолимнологического исследования. Содержание

органического вещества является одной из важнейших характеристик озерных отложений и наряду с размерностью частиц лежит в основе большинства их классификаций. Целью данной статьи является обзор некоторых результатов работ группы палеолимнологии за последнее десятилетие в аспекте изучения литостратиграфии озерных осадков. Наши работы позволили выявить ряд особенностей органонакопления в озерах севера и северо-запада Европейской России, имеющих значение для указанных выше палеогеографических реконструкций.

В статье приводятся результаты работ по изучению динамики и особенностей поздне- и послеледникового осадконакопления в озерах четырех географических областей: в малых озерах Приладожья; в собственно Ладожском озере; на трассе Гейниокского палеопротола (Карельский перешеек); в малых озерах Прибеломорья.

Материалы и методы

Проведены исследования на Ладожском озере и малых озерах Приладожья и Прибеломорья

(рис. 1). Экспедиционные работы осуществлялись в рамках исследований ИНОЗ РАН (СПб ФИЦ РАН) и в ходе совместных работ с РГПУ им. А. И. Герцена и Карельским научным центром РАН. Колонки донных отложений на малых озерах отбирались русским торфяным буром с плота, со льда или со сплавины; на Ладожском озере – ударной трубкой системы ГОИН с длиной пробоотборной части от 1 до 1,5 м с борта НИС «Эколог» и «Посейдон». Колонки разбирались в лаборатории сплошными сегментами, преимущественно по 2 см. Содержание органического вещества в образце оценивалось по потере веса при прокаливании в течение 6 часов при температуре 550 °С. Значительная часть результатов опубликована, данная статья представляет собой обзор публикаций последних лет.

Результаты и обсуждение

1. Малые озера Приладожья. После отступления ледника на северо-западе Европейской России существовали крупные морские и пресноводные бассейны (Балтийское ледниковое, Анциловое, Ладожское и Онежское озера, Иольдиевое, Литориновое и Балтийское моря) [напр., Квасов, 1975; Субетто, 2009].

Малые озера, располагающиеся по периферии этих бассейнов, развивались в тесной связи с трансгрессивно-регрессивной деятельностью последних. За последние 12 000 лет многие из ныне изолированных малых озер, находящиеся на относительно низких абсолютных отметках, входили в определенные периоды своей истории в состав крупных палеоводоемов [Кузнецов, Субетто, 2019]. Выявлены некоторые особенности осадконакопления для озер Приладожья, характеризующие этапы их развития.

Существует несколько общих сценариев голоценовой динамики накопления органического вещества. 1) Сценарий раннеголоценового максимума – после позднеплейстоценовой смены минерогенного осадконакопления органическим, выраженным в стратиграфии началом формирования гиттии, фиксируются максимальные значения содержания органического вещества, а далее в течение голоцена происходит его снижение, иногда ступенеобразное. 2) Сценарий среднеголоценового максимума – рост содержания органического вещества в отложениях происходит постепенно, достигая максимума в середине разреза, после чего начинается его снижение. 3) Сценарий роста – в течение всего голоцена происходит постепенное увеличение содержания органического

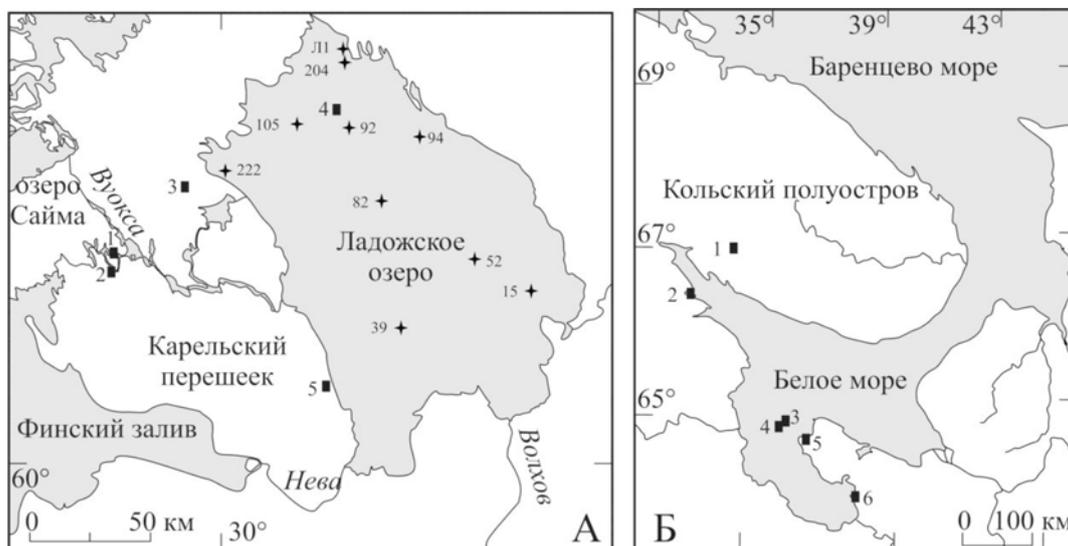


Рис. 1. Местоположение упоминаемых разрезов:

квадраты – озера и группы озер, звездочки – станции пробоотбора; А: 1 – озера северной протоки Гейниокского палеопролива, 2 – озера его же южной протоки, 3 – Узловое озеро, 4 – Витальевское озеро, 5 – озеро Воляярви; Б: 1 – озеро Канозеро, 2 – озера полуострова Киндо, 3 – озера острова Анзер, 4 – озера Большого Соловецкого острова, 5 – озера Онежского полуострова, 6 – озеро Пертозеро

Fig. 1. Site location:

rectangles – lakes and groups of lakes, stars – sampling stations; A: 1 – lakes tracing the northern channel of the Heinjoki paleo-strait, 2 – lakes tracing the southern one, 3 – Lake Uzlovoe, 4 – Lake Vitalievskoe, 5 – Lake Volojarvi; Б: 1 – Lake Kanozero, 2 – lakes of the Kindo Peninsula, 3 – lakes of the Anzer Island, 4 – lakes of the Bol'shoi Solovetsky Island, 5 – lakes of the Onega Peninsula, 6 – Lake Pertozero

вещества в отложениях. 4) Платообразный сценарий – после резкого роста значений в нижней части разреза на протяжении всего голоцена условия накопления органического вещества практически не меняются, оставаясь на одном уровне [напр., Kuznetsov, 2016].

Однако соединение ныне обособленных озерных котловин с крупными водоемами и их изоляция от последних в ходе геологической истории осложняет данные сценарии (рис. 2, А, Б). В таких котловинах фиксируются отложения: 1) стадии крупного бассейна (с низким содержанием органического вещества), 2) переходного (изоляционного) этапа, 3) стадии малого озера (с высоким содержанием органического вещества) [Лудикова и др., 2016; Kuznetsov et al., 2020]. Процесс изоляции сопровождается резким ростом содержания органического вещества в отложениях, при этом иногда отмечается эрозионный контакт (горизонт размыва). Такого рода ход осадконакопления характерен для озер, изолировавшихся от Ладожского озера и расположенных в Северном и Северо-Западном Приладожье [Saarnisto, Grönlund, 1996; Лудикова и др., 2005; Saarnisto, 2012; Сапелко и др., 2014, 2023; Кузнецов и др., 2015, 2023; Alenius et al., 2020]. В их котловинах осадки с высоким содержанием органического вещества начинают формироваться не в начале

голоцена, а в более позднее время, зависящее от времени изоляции.

Южная часть Приладожья во время ладожской трансгрессии также заливалась водами Ладожского озера, однако высотные отметки ее максимума здесь остаются предметом дискуссий [напр., Кошечкин, Экман, 1993; Малаховский и др., 1993; Лудикова, 2015]. Особенности строения и состава донных отложений (отсутствие перехода от глинистого алеврита/глинистой гиттии к гиттии во второй половине голоцена) в озерах Южного Приладожья свидетельствуют о недостижении ладожской трансгрессией отметок 14–16 м над ур. моря в этой части Приладожской низменности (рис. 2, В) [Кузнецов, Субетто, 2019; Кузнецов и др., в печати]. Значительное поступление аллохтонного материала, выраженное в повышенном содержании минерального вещества в осадке, может осложнять типичный региональный ход осадконакопления, в общем виде представляющий собой смену минерогенных отложений крупного бассейна органогенными отложениями малого озера [Кузнецов, 2019].

2. Ладожское озеро. Строение донных отложений Ладожского озера является предметом длительного изучения [напр., Семенович, 1966; Subetto et al., 1998]. Работы последних лет основаны на материале изучения колонок, отбиравшихся по всей акватории озера

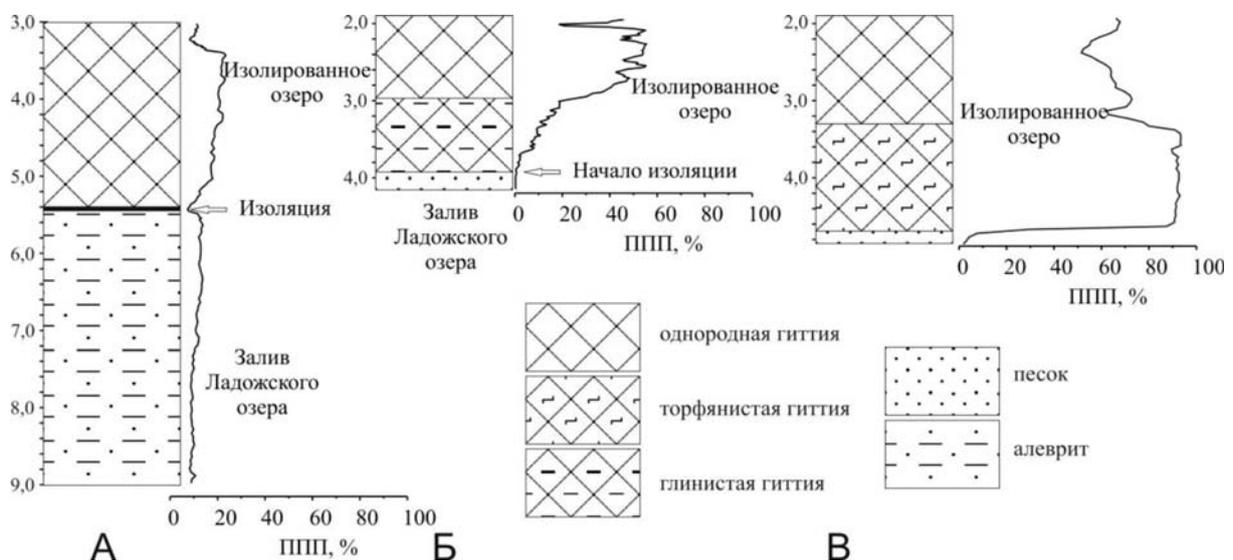


Рис. 2. Динамика органонакопления в малых озерах, изолировавшихся от Ладожского озера по завершении ладожской трансгрессии (А и Б), и в озерах, проникновение вод Ладожского озера в которые в позднем голоцене не отмечается (В), на примере озер Узловое, Витальевское и Воляярви:

ось ординат – глубина от поверхности воды, м [по: Кузнецов, Субетто, 2019; Сапелко и др., 2023]

Fig. 2. Organic sedimentation dynamics in small lakes isolated from Lake Ladoga at the end of the Ladoga transgression (A and B), and in lakes where the penetration of Lake Ladoga waters in the late Holocene was not recorded (B) on the example of lakes Uzlovое, Vitalievskoe and Volojarvi:

y-axis – depth from the water surface, m [after Kuznetsov, Subetto, 2019; Sapelko et al., 2023]

начиная с 2016 г. [Кузнецов и др., 2021]. Проведен анализ потерь при прокаливании более 20 колонок, отобранных с глубин 20–208 м; мощность вскрытых отложений составила 0,3–1,7 м, содержание органического вещества в колонках лежит в диапазоне 0,7–13 % (при средних значениях для колонок 2–8 %), в поверхностных пробах – в диапазоне 0,2–20 %. Отложения представлены в основном серыми и светло-бурыми осадками преимущественно глинистой (пелитовой) и алевритовой размерности, в южной, более мелководной части котловины преобладают песчаные осадки. В поверхностных горизонтах отмечаются рудные (железистые) корки.

Литостратиграфические границы в основном не выражены, переходы по цвету и составу осадков постепенные. Во многих колонках отмечается два отчетливых максимума содержания органического вещества и довольно заметный спад после первого максимума. Это позволило выделить несколько периодов органонакопления [Кузнецов, Субетто, 2021]: 1) позднеледниковый минимум содержания органического вещества, 2) рост, 3) среднеголоценовый максимум (средние значения в большей части колонок около 8 %), 4) резкий спад и минимальные значения, 5) позднеголоценовый/современный максимум (рис. 3). Выраженность этих

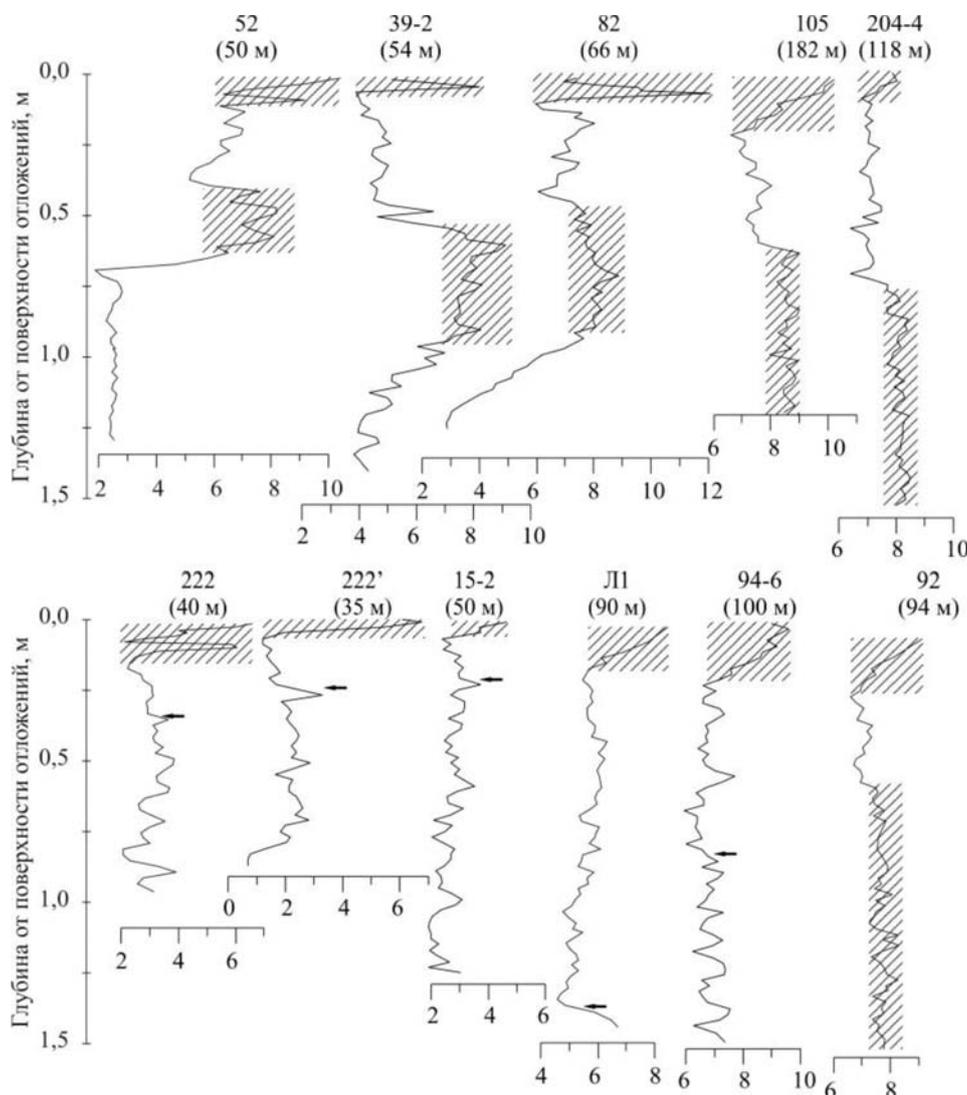


Рис. 3. Голоценовая динамика органонакопления в отложениях Ладожского озера: штриховка – хорошо выраженные периоды с максимальным накоплением органического вещества, стрелка – возможное завершение среднеголоценового максимума; ось абсцисс – потери при прокаливании, % [по: Кузнецов, Субетто, 2021]

Fig. 3. The Holocene organic sedimentation dynamics in Lake Ladoga: shading – clearly identified periods with maximum accumulation of organic matter, arrow – possible completion of the mid-Holocene maximum; x-axis – loss on ignition, % [after Kuznetsov, Subetto, 2021]

периодов зависит от пространственного положения станции пробоотбора.

Данные периоды проявляются наиболее отчетливо в отложениях центральной части озера (рис. 1, А и рис. 3, станции 39, 52, 82). Отложения из северной и периферийных частей озера (станции 92, 94, 105, 204), как правило, имеют более сглаженный ход органонакопления, особенно это касается завершения среднеголоценового максимума. Вероятной причиной данной особенности является меньшая глубина центральной части озера (50–70 м), соответственно, любые изменения в продуктивности водной экосистемы и в гидродинамических условиях, воздействующих на перемещение взвешенного вещества, проявляются в составе отложений более отчетливо. На больших глубинах подобные сигналы нивелируются. В колонках, отобранных по периферии озера, часто отмечается значительное своеобразие характера осадконакопления, вызванное увеличением влияния аллохтонного компонента из-за близости берега (станции 15, Л1, 94, 222) [напр., Ludikova et al., 2021].

По данным радиоуглеродного датирования колонки со станции 39 [Sapelko et al., 2024], рост содержания органического вещества в осадках начинается около 10 700 кал. л. н. Максимальная доля органического вещества в осадке фиксируется в период около 9500–5900 кал. л. н., после чего отмечено его резкое падение. Скорость осадконакопления при этом остается постоянной, с незначительным трендом к уменьшению – около 0,10–0,14 мм/год.

Эти возрастные рубежи несколько отличаются от полученных ранее данных по колонке со станции 82 [Sapelko et al., 2019], где отмечена аналогичная динамика органонакопления. Отбор образцов на датирование и ППП на этой станции проводился из разных кернов, однако, учитывая близкие литологические характеристики осадка и исходя из усредненной скорости осадконакопления в 0,10–0,11 мм/год, период с максимальным накоплением органического вещества можно датировать здесь интервалом 8600–5200 кал. л. н.

Принимая данную оценку возраста, можно предварительно сделать вывод, что в южной части акватории Ладожского озера условия, благоприятные для накопления органического вещества, наступили и закончились раньше, чем в центральной части озера.

3. Гейниокский палеопроток. Исследования озерных отложений, отобранных на трассе Гейниокского палеопротока в северной части Карельского перешейка, проводились с целью уточнить время и характер прекращения

существовавшего здесь голоценового балтийско-ладожского соединения [напр., Малаховский и др., 1993].

В начале XXI в. специалистами ИНОЗ РАН изучались озера, находящиеся на трассе южной протоки палеопротока [Dolukhanov et al., 2007, 2009; Субетто и др., 2009] на отметках 12–14 м над ур. моря. Однако для большей детализации хронологии существования здесь проточных условий необходимы были новые исследования.

В результате работ, выполненных на пяти озерах, располагающихся на трассе северной протоки палеопротока на отметках 14–16 м над ур. моря, выявлен близкий ход голоценового осадконакопления (рис. 4). Нижняя часть разрезов сложена преимущественно глинистыми отложениями, иногда ленточного типа. Выше отмечается горизонт песка, иногда с гравием, мощностью до 40 см. Верх разрезов в открытой части озер сложен гиттией мощностью до 2–3 м. В прибрежной части гиттия сменяется торфянистыми отложениями сплавин [Кузнецов и др., 2020].

Данная стратиграфия интерпретируется следующим образом. Формирование глин соответствует этапу существования здесь большого олиготрофного бассейна – Балтийского ледникового озера и, возможно, Анцилового озера. Накопление песков связано с активными гидродинамическими условиями во время существования канала стока из Ладожского озера. Начало накопления гиттии вызвано прекращением функционирования балтийско-ладожского соединения и установлением слабopрочных условий малого озера [Ludikova et al., 2024].

Полученный массив дат определяет время начала органонакопления диапазоном 2500–4500 кал. л. н., при том что большинство датировок лежит в пределах 3000–3500 кал. л. н. (рис. 4) [Кузнецов и др., 2022б]. Этот возраст определяет время прекращения полноценного функционирования Гейниокского пролива, что обычно связывается с возникновением реки Невы. Однако более древние даты начала органонакопления получены для отложений Воробьиного озера – расположенного наиболее высоко из изученных здесь (16 м над ур. моря), что свидетельствует также о существенном значении гляциоизостатического поднятия в процессах переформирования гидрологической сети региона. Установлено, что даже в пределах одного озера начало органонакопления происходило не одновременно. В частях котловины, расположенных ближе к основному створу пролива (область 1 на рис. 4, Б),

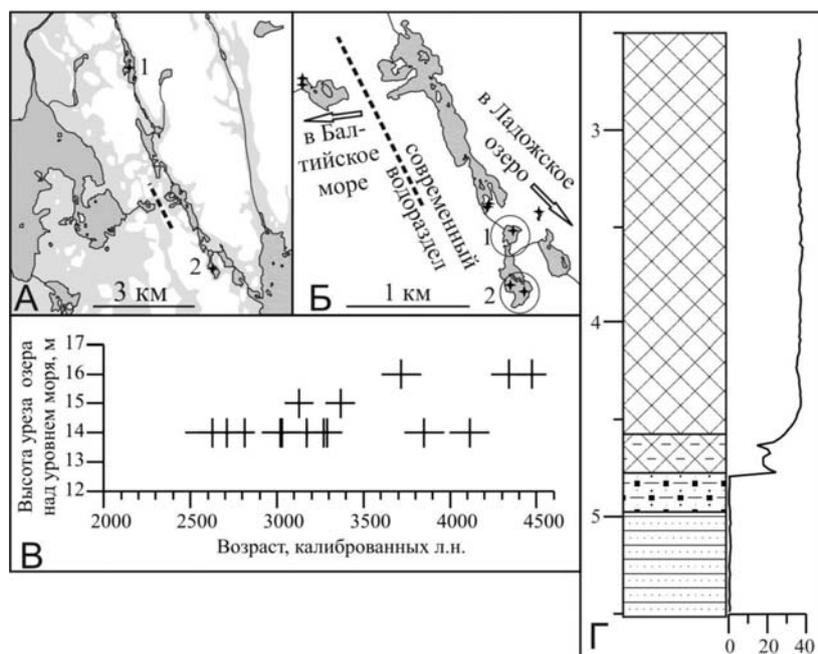


Рис. 4. Местоположение исследованных озер северной протоки Гей-ниокского палеопротола и типичный для них ход осадконакопления:

А – общий вид; серым выделена область, заливаемая при уровне воды в 20 м над ур. м.; Б – положение точек пробоотбора; В – время начала формирования гиттии; Г – литостратиграфия и потери при прокаливании для озера Хамеенлампи, точка 2 [по: Кузнецов и др., 2022б]

Fig. 4. Location of the studied lakes of the northern channel of the Heinjoki paleo-strait and their typical sedimentation pattern:

A – general view; The area flooded at a water level of 20 m above the sea level is highlighted in gray; Б – location of the sampling points; В – time of the beginning of gyttia formation; Г – lithostratigraphy and LOI for Lake Hameenlampi, point 2 [after Kuznetsov et al., 2022б]

подошва гиттии датируется более поздним временем по сравнению с периферийными в этом смысле частями озера (область 2 на рис. 4, Б).

4. Малые озера Прибеломорья. Установление хронологии голоценового перемещения береговой линии Белого моря – важное направление региональных палеогеографических исследований. Сложное наложение разномасштабных тектонических движений на эвстатические изменения уровня Мирового океана делает необходимым проведение данного рода реконструкций по всему беломорскому побережью [напр., Колька, Корсакова, 2017].

Применение метода изоляционных бассейнов для решения подобных палеогеографических задач широко распространено [напр., Колька и др., 2005; Субетто, 2010]. Работы ИНОЗ РАН на Белом море в данном направлении начались в 2006 г. на озерах Большого Соловецкого острова [Субетто и др., 2012; Ludikova et al., 2023б] и далее были продолжены в сотрудничестве с ИИМК РАН на озерах Кандалакшского берега [Сапелко и др., 2022;

Ludikova et al., 2022, 2023а], а также с ИВПС КарНЦ РАН и РГПУ им. А. И. Герцена на озерах Онежского [Леонтьев и др., 2016, 2022] и Карельского [Kuznetsov et al., 2022] берега.

Среди изученных нами объектов – остров Анзер, второй по площади остров Соловецкого архипелага, где были отобраны колонки на девяти разновысотных озерах, большинство из которых на ранних этапах своего развития входили в состав крупных бассейнов [Кузнецов и др., 2022а]. Изоляция заливов и преобразование их в малые озера происходили на протяжении всего голоцена. Наиболее долгую самостоятельную историю имеют озера, располагающиеся на более высоких абсолютных отметках.

Преобразование залива крупного бассейна в малое пресноводное озеро проявляется в осадках формированием переходного горизонта, где резко нарастает содержание органического вещества (рис. 5) [Кузнецов и др., 2018]. Часто в переходном горизонте отмечается тонкая слоистость, свидетельствующая об установлении в данной части котловины

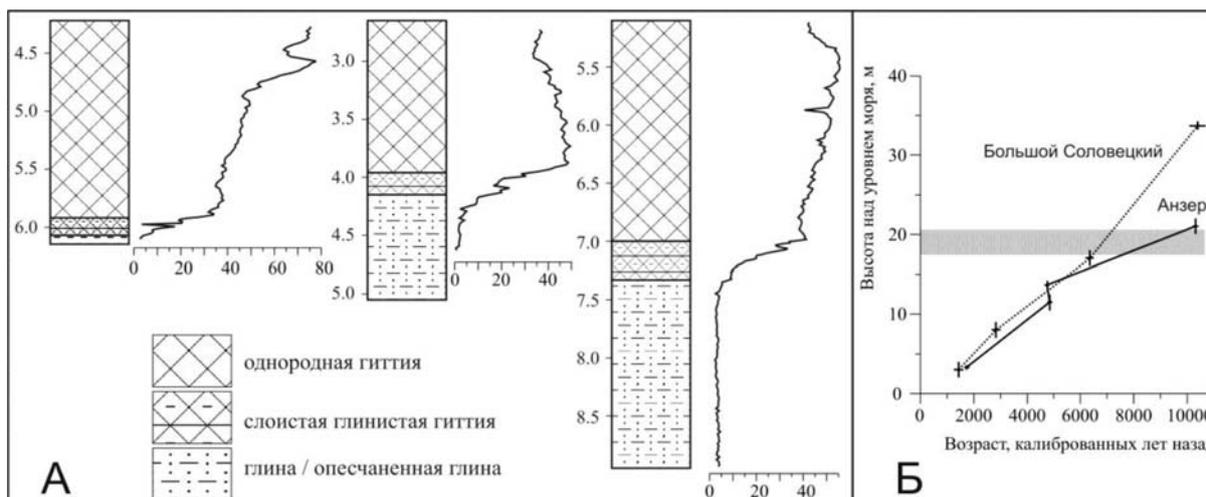


Рис. 5. Литостратиграфические изменения в колонках из изоляционных бассейнов острова Анзер (А) и кривые изменения уровня моря для Соловецких островов (Б) [по: Кузнецов и др., 2022а]

Fig. 5. Lithostratigraphic changes in cores from the isolation basins of the Anzer Island (А) and relative sea-level change curves for the Solovetsky Islands (Б) [after Kuznetsov et al., 2022a]

меромиктических условий. Отмеченная мощность слоистого горизонта в исследованных озерах составила от 12 до 34 см с содержанием органического вещества от 5 до 34 %.

Формирование бурой однородной гиттии с содержанием органического вещества 20–50 % фиксирует завершение изоляции и самостоятельное развитие водоема. Скорость накопления гиттии составила в основном около 0,2–0,3 мм/год, хотя в отдельных случаях может достигать 1 мм/год.

Проведенное радиоуглеродное датирование подошвы гиттии позволило установить возраст изоляции озер от крупных бассейнов. Для озер Соловецкого архипелага, расположенных на отметках 22–35 м над ур. моря, он составил около 10 500–11 000 кал. л. н. Перемещение береговой линии ниже 11 м над ур. моря произошло около 4800–4400 кал. л. н., а ниже 2 м над ур. моря – около 1900–1700 кал. л. н. Таким образом, усредненная скорость отступления береговой линии (регрессии) составила около 2–3 мм над ур. моря в год. Принимая во внимание данные из [Субетто и др., 2012; Ludikova et al., 2023b], положение верхней морской границы для Соловецкого архипелага установлено в диапазоне 17–21 м (рис. 5, Б) [Кузнецов и др., 2022а].

Заключение

В результате исследований донных отложений озер севера и северо-запада Европейской России выявленные особенности позднего и послеледникового осадконакопления (время

начала формирования гиттии, закономерности динамики содержания органического вещества и др.) позволили выполнить следующие палеогеографические реконструкции.

1. Малые озера Приладожья развивались в тесной связи с трансгрессивно-регрессивной деятельностью Ладожского озера и пра-Ладожских бассейнов. Установлено принципиальное различие в строении осадков малых озер Приладожья в зависимости от их высотного и пространственного положения. В отложениях большинства озер (за исключением южной части) четко фиксируется смена условий осадконакопления, вызванная изоляцией этих озер от крупных бассейнов.

2. Выделены этапы голоценового органонакопления в Ладожском озере по результатам изучения более чем 20 колонок. В большинстве разрезов реконструируется два периода относительно высокого накопления органического вещества – около 5200–9500 кал. л. н. и период, близкий к современности. Изменения в содержании органического вещества часто визуально не выражены, что позволяет использовать эти данные для корреляции разрезов из разных частей озерной котловины.

3. Изучение отложений серии разновысотных озер, располагающихся на трассе северной протоки бывшего Гейниокского пролива, позволило датировать прекращение соединения между Ладожским озером и Балтийским морем в северной части Карельского перешейка. Выявлено, что, несмотря на прекращение стока 3000–3500 кал. л. н., окончательное установление озерных обстановок осадко-

накопления в котловинах озер, находящихся на трассе палеопротола на современных отметках 14–16 м над ур. моря, произошло на несколько сотен лет позднее.

4. Реконструировано перемещение береговой линии Белого моря в голоцене на некоторых участках Кандалакшского, Карельского и Онежского берегов. Установлено, что в озерах Соловецкого архипелага, располагающихся на отметках 22–35 м над ур. моря, озерное осадконакопление происходило начиная с 10 500–11 000 кал. л. н.

Автор признателен Д. А. Субетто за всестороннюю поддержку, А. В. Лудиковой за неоценимую помощь и всем участникам полевых и лабораторных работ, без которых эти исследования не могли бы состояться. В разные годы в экспедиционных работах по отбору колонок на Карельском перешейке, Ладожском озере и Белом море принимали участие О. Б. Аверичкин, Н. Н. Андреева, Т. Алениус, М. А. Анисимов, Н. Н. Верзилин, Т. Ю. Газизова, Д. В. Герасимов, И. М. Греков, П. М. Долуханов, Е. С. Дудоркин, С. Г. Каретников, Е. М. Колпаков, В. В. Колька, Н. Ю. Корнеевкова, Ю. А. Кублицкий, А. М. Кульков, М. А. Кулькова, П. А. Леонтьев, А. И. Мурашкин, М. А. Науменко, А. В. Орлов, М. В. Павлов, Н. В. Политова, М. С. Потахин, Т. В. Сапелко, Д. В. Севастьянов, А. О. Смоленский, Г. Д. Субетто, Л. С. Сырых, А. В. Терехов, Д. С. Толстобров, А. Н. Толстоброва, А. Е. Шаталова, К. В. Шеманаев, М. А. Юшкова и многие другие.

Литература

70 лет Институту озероведения РАН / Отв. ред. В. А. Румянцев, И. С. Трифонова. СПб.: Свое издательство, 2017. 252 с.

Квасов Д. Д. Позднечетвертичная история крупных озер и внутренних морей Восточной Европы. Л.: Наука, 1975. 278 с.

Колька В., Евзеров В., Меллер Я., Корнер Д. Последледниковые гляциоизостатические движения на северо-востоке Балтийского щита // Новые данные по геологии и полезным ископаемым Кольского полуострова. Апатиты: КНЦ РАН, 2005. С. 15–25.

Колька В. В., Корсакова О. П. Положение береговой линии Белого моря и неотектонические движения северо-востока Фенноскандии в позднеледниковье и голоцене // Система Белого моря. Т. IV: Процессы осадкообразования, геология и история. М.: Научный мир, 2017. С. 222–249.

Кошечкин Б. И., Экман И. М. Голоценовые трансгрессии Ладожского озера // Эволюция природных обстановок и современное состояние геосистемы Ладожского озера. СПб.: Изд-во РГО, 1993. С. 49–60.

Кузнецов Д. Д. О повторяемости результатов аналитических исследований колонок озерных отложений из разных частей озера // Динамика экосистем в голоцене: Мат-лы V Всерос. науч. конф. с международным участием (к 100-летию Л. Г. Динесмана). М.: Медиа-ПРЕСС, 2019. С. 168–170.

Кузнецов Д. Д., Лудикова А. В., Субетто Д. А., Герасимов Д. В., Тараканов А. С., Бутов И. И. Стратиграфические особенности озерных отложений внутренних озер островов северной части Ладожского озера на примере озера Святого Сергия (остров Путсари) // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. 2023. Вып. 10. С. 369–376. doi: 10.24412/2687-1092-2023-10-369-376

Кузнецов Д. Д., Лудикова А. В., Субетто Д. А., Леонтьев П. А., Греков И. М., Потахин М. С., Сапелко Т. В., Сырых Л. С., Толстобров Д. С. Хроно- и литостратиграфия озерных отложений острова Анзер (Соловецкие острова) в контексте послеледниковой истории Белого моря // Известия РАН. Сер. геогр. 2022а. Т. 86, № 6. С. 70–88. doi: 10.31857/S2587556622060085

Кузнецов Д. Д., Лудикова А. В., Субетто Д. А., Сапелко Т. В. Голоценовое осадконакопление в Ладожском озере – результаты экспедиционных работ последних лет // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. 2021. Вып. 8. С. 339–342. doi: 10.24412/2687-1092-2021-8-339-342

Кузнецов Д. Д., Субетто Д. А. Голоценовое накопление органического вещества в донных отложениях Ладожского озера // Геоморфология. 2021. Т. 52, № 2. С. 63–71. doi: 10.31857/S043542812102005X

Кузнецов Д. Д., Субетто Д. А., Леонтьев П. А. Органическое осадконакопление в малых озерах Беломорского бассейна в голоцене // Поздне- и постгляциальная история Белого моря: геология, тектоника, седиментационные обстановки, хронология: Мат-лы Всерос. науч. конф. М.: КДУ, Университетская книга, 2018. С. 74–79.

Кузнецов Д. Д., Субетто Д. А., Лудикова А. В., Орлов А. В., Шаталова А. Е., Дудоркин Е. С., Тумская В. В. Новые сведения об отложениях Гейниокского пролива (Карельский перешеек) // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. 2020. № 7. С. 318–321. doi: 10.24411/2687-1092-2020-10751

Кузнецов Д. Д., Субетто Д. А., Лудикова А. В. Особенности голоценового осадконакопления в малых озерах Южного Приладожья // Вестник СПбГУ (в печати).

Кузнецов Д. Д., Субетто Д. А., Лудикова А. В. Соединение Ладожского озера с Балтийским морем в позднем голоцене – новые палеолимнологические данные // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2022б. Т. 506, № 1. С. 111–116. doi: 10.31857/S2686739722600746

Кузнецов Д. Д., Субетто Д. А., Сапелко Т. В., Лудикова А. В. Гидрографическая сеть северной части Карельского перешейка в голоцене по данным о строении отложений малых озер // Геоморфология. 2015. № 1. С. 54–69. doi: 10.15356/0435-4281-2015-1-54-69

Кузнецов Д. Д., Субетто Д. А. Стратиграфия донных отложений озер Карельского перешейка. М.: ГЕОС, 2019. 120 с.

Леонтьев П. А., Греков И. М., Субетто Д. А., Кузнецов Д. Д., Колька В. В., Лудикова А. В., Потахин М. С., Сапелко Т. В., Сырых Л. С., Толстобров Д. С. Стратиграфия озерных отложений Онежского полуострова, Белое море // Общество. Среда. Развитие. 2016. № 3. С. 125–129.

Леонтьев П. А., Субетто Д. А., Репкина Т. Ю., Лудикова А. В., Кузнецов Д. Д., Кублицкий Ю. А., Сапелко Т. В., Зарецкая Н. Е., Фирсенкова В. М., Потахин М. С., Сырых Л. С., Толстобров Д. С. Реконструкция относительного перемещения уровня моря в голоцене на северо-западе Онежского полуострова (губа Конюхова, Белое море) на основе палеолимнологических исследований // Известия РАН. Сер. геогр. 2022. Т. 86, № 6. С. 89–101. doi: 10.31857/S2587556622060097

Лудикова А. В. Свидетельства среднеголоценовой трансгрессии Ладожского озера по данным диатомового анализа // Известия РГО. 2015. Т. 147, вып. 4. С. 38–51.

Лудикова А. В., Кузнецов Д. Д., Субетто Д. А., Сапелко Т. В. Использование метода «изоляционных бассейнов» при реконструкции изменений уровня Ладожского озера // Всероссийская конференция по крупным внутренним водоемам (V Ладожский симпозиум): Сб. науч. трудов конф. СПб.: Лемма, 2016. С. 247–253.

Лудикова А. В., Субетто Д. А., Давыдова Н. Н., Сапелко Т. В., Арсланов Х. А. Колебания уровня Ладожского озера в голоцене (на основе палеолимнологических исследований оз. Святого Сергия на о. Путсаари) // Известия РГО. 2005. Т. 137, вып. 6. С. 34–41.

Малаховский Д. Б., Арсланов Х. А., Гей Н. А., Джиноридзе Р. Н., Козырева М. Г. Новые данные по голоценовой истории Ладожского озера // Эволюция природных обстановок и современное состояние геосистемы Ладожского озера. СПб.: Изд-во РГО, 1993. С. 61–73.

Сапелко Т. В., Газизова Т. Ю., Моисеенко А. Д., Лудикова А. В., Кузнецов Д. Д., Русанов А. Г. Особенности процесса изоляции озера Витальевского (остров Валаам) и динамика растительности в связи с изменением уровня Ладожского озера в позднем голоцене // Геоморфология и палеогеография. 2023. Т. 54, № 4. С. 72–89. doi: 10.31857/S2949178923040126

Сапелко Т. В., Кузнецов Д. Д., Корнеевкова Н. Ю., Денисенков В. П., Лудикова А. В. Палеолимнология внутренних озер острова Путсаари (Ладожское озеро) // Известия РГО. 2014. Т. 146, вып. 3. С. 29–40.

Сапелко Т. В., Кузнецов Д. Д., Лудикова А. В., Колпаков Е. М., Шумкин В. Я. История озера Канозеро в позднеледниковье и голоцене на юге Кольского полуострова (северо-запад России) // Геоморфология. 2022. Т. 53, № 3. С. 29–38. doi: 10.31857/S0435428122030154

Семенович Н. И. Донные отложения Ладожского озера. М.-Л.: Наука, 1966. 124 с.

Субетто Д. А. Донные отложения озер: палеолимнологические реконструкции. СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2009. 343 с.

Субетто Д. А. Палеолимнологические реконструкции в бассейне Белого моря // Система Белого моря. Т. I. Природная среда водосбора Белого моря. М.: Научный мир, 2010. С. 247–265.

Субетто Д. А., Аверичкин О. Б., Кузнецов Д. Д. Расчеты палеостока по Балтийско-Ладожскому соединению в северной части Карельского перешейка // Известия РГО. 2009. Вып. 5. С. 37–51.

Субетто Д. А., Шевченко В. П., Лудикова А. В., Кузнецов Д. Д., Сапелко Т. В., Лисицын А. П., Евзеров В. Я., ван Беек П., Суо М., Субетто Г. Д. Хронология изоляции озер Соловецкого архипелага и скорости современного озерного осадконакопления // ДАН. 2012. Т. 446, № 2. С. 183–190. doi: 10.1134/S1028334X12090140

Alenius T., Gerasimov D., Sapelko T., Ludikova A., Kuznetsov D., Golyeva A., Nordqvist K. Human-environment interaction during the Holocene along the shoreline of the Ancient Lake Ladoga: A case study based on palaeoecological and archaeological material from the Karelian Isthmus, Russia // The Holocene. 2020. Vol. 30, 11. P. 1622–1636. doi: 10.1177/0959683620941071

Dolukhanov P. M., Shukurov A. M., Arslanov Kh. A., Subetto D. A., Zaitseva G. I., Djinnoridze E. I., Kuznetsov D. D., Ludikova A. V., Sapelko T. V., Savellieva L. A. Evolution of waterways and early human settlements in the eastern Baltic area: radiocarbon-based chronology // Radiocarbon. 2007. Vol. 49, no. 2. P. 527–542. doi: 10.1017/S0033822200042442

Dolukhanov P. M., Subetto D. A., Arslanov Kh. A., Davydova N. N., Zaitseva G. I., Djinnoridze E. N., Kuznetsov D. D., Ludikova A. V., Sapelko T. V., Savellieva L. A. The Baltic Sea and Ladoga Lake transgressions and early human migrations in North-western Russia // Quat. Int. 2009. Vol. 203. P. 33–51. doi: 10.1016/j.quaint.2008.04.021

Kuznetsov D. D. Organic matter content dynamics in lake sediment cores of European Russia and Holocene climatic changes // Paleolimnology of Northern Eurasia. Experience, methodology, current status: Proceedings of the international conference. Yakutsk: North-Eastern Federal University, 2016. P. 146–149.

Kuznetsov D. D., Ludikova A. V., Subetto D. A., Kublitsky Yu. A., Leontev P. A., Potakhin M. S. Lake sediments of the Kindo Peninsula and its surroundings (Karelian coast of the White Sea) – Holocene stratigraphy and dynamics of organic accumulation // Limnology and Freshwater Biology. 2022. No. 4. P. 1456–1458. doi: 10.31951/2658-3518-2022-A-4-1456

Kuznetsov D. D., Ludikova A. V., Subetto D. A. Patterns of organic lacustrine sedimentation in surroundings of Lake Ladoga and palaeogeographical background // Limnology and Freshwater Biology. 2020. No. 4. P. 488–489. doi: 10.31951/2658-3518-2020-A-4-488

Ludikova A. V., Sapelko T. V., Kuznetsov D. D. On the marine limit on the Kandalaksha Coast, the White Sea: new data from Lake Kanozero, a huge isolation basin in the middle course of the River Umba // Limnology and Freshwater Biology. 2022. No. 4. P. 1473–1475. doi: 10.31951/2658-3518-2022-A-4-1473

Ludikova A. V., Sapelko T. V., Kuznetsov D. D., Shikhirina K. A. Sediment record of the earliest stage of the evolution of Lake Kanozero (SW Kola Peninsula): new data for regional deglaciation reconstructions and relative sea-level studies // Геоморфология и палеогеография. 2023а. Т. 54, № 4. С. 90–104. doi: 10.31857/S2949178923040059

Ludikova A. V., Subetto D. A., Andreev A. A., Gromig R., Fedorov G., Melles M. The first dated preglacial diatom record in Lake Ladoga: long-term marine influence or redeposition story? // J. Paleolimnol. 2021. Vol. 65. P. 85–99. doi: 10.1007/s10933-020-00150-0

Ludikova A. V., Subetto D. A., Kuznetsov D. D., Sapelko T. V. From a large basin to a small lake: Siliceous microfossils stratigraphy of the isolation basins on Big Solovetskiy Island (the White Sea, NW Russia) and its implication for paleoreconstructions // Quat. Int. 2023b. Vol. 644–645. P. 61–78. doi: 10.1016/j.quaint.2021.07.007

Ludikova A. V., Subetto D. A., Kuznetsov D. D., Orlov A. V., Shatalova A. E. New diatom and sedimentary data confirm the existence of the northern paleo-outlet from Lake Ladoga to the Baltic Sea // Quaternary. 2024. Vol. 7. Art. 31. doi: 10.3390/quat7030031

Saarnisto M., Grönlund T. Shoreline displacement of Lake Ladoga – new data from Kilpolansaari // Hydrobiologia. 1996. Vol. 322. P. 205–215. doi: 10.1007/BF00031829

Saarnisto M. Late Holocene land uplift/neotectonics on the island of Valamo (Valaam), Lake Ladoga, NW Russia // Quat. Int. 2012. No. 260. P. 143–152. doi: 10.1016/j.quaint.2011.09.005

Sapelko T. V., Ignatyeva N. V., Kuznetsov D. D., Ludikova A. V., Guseva M. A., Revunova A. V., Zazovskaya E. P., Pozdnyakov Sh. R. Natural and anthropogenic impacts on Lake Ladoga and its catchment area through the late glacial and Holocene according to a new paleolimnological record // J. Paleolimnol. 2024. Vol. 72. P. 241–259. doi: 10.1007/s10933-024-00329-9

Sapelko T., Pozdnyakov S., Kuznetsov D., Ludikova A., Ivanova E., Guseva M., Zazovskaya E. Holocene sedimentation in the central part of Lake Ladoga // Quat. Int. 2019. Vol. 524. P. 67–75. doi: 10.1016/j.quaint.2019.05.028

Subetto D. A., Davydova N. N., Rybalko A. E. Contribution to the lithostratigraphy and history of Lake Ladoga // Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 1998. Vol. 140(1). P. 113–119. doi: 10.1016/S0031-0182(98)00032-7

References

Alenius T., Gerasimov D., Sapelko T., Ludikova A., Kuznetsov D., Golyeva A., Nordqvist K. Human-environment interaction during the Holocene along the shoreline of the Ancient Lake Ladoga: A case study based on palaeoecological and archaeological material from the Karelian Isthmus, Russia. *The Holocene*. 2020;30(11): 1622–1636. doi: 10.1177/0959683620941071

Dolukhanov P. M., Shukurov A. M., Arslanov Kh. A., Subetto D. A., Zaitseva G. I., Djinoridze E. I., Kuznetsov D. D., Ludikova A. V., Sapelko T. V., Savelieva L. A. Evolution of waterways and early human settlements

in the eastern Baltic area: radiocarbon-based chronology. *Radiocarbon*. 2007;49(2):527–542. doi: 10.1017/S0033822200042442

Dolukhanov P. M., Subetto D. A., Arslanov Kh. A., Davydova N. N., Zaitseva G. I., Djinoridze E. N., Kuznetsov D. D., Ludikova A. V., Sapelko T. V., Savelieva L. A. The Baltic Sea and Ladoga Lake transgressions and early human migrations in North-western Russia. *Quat. Int.* 2009;203:33–51. doi: 10.1016/j.quaint.2008.04.021

Kolka V., Evzerov V., Møller J., Corner G. Post-glacial glacioisostatic movements in the northeast of the Baltic Shield. *New data on the geology and minerals of the Kola Peninsula*. Apatity: KSC RAS; 2005. P. 15–25. (In Russ.)

Kolka V. V., Korsakova O. P. Position of the White Sea coastline and neotectonic movements of the northeast of Fennoscandia in the Late Glacial and Holocene. *The White Sea system. Vol. IV. The processes of sedimentation, geology and history*. Moscow: Nauchnyi mir; 2017. P. 222–249. (In Russ.)

Koshechkin B. I., Ekman I. M. Holocene transgressions of Lake Ladoga. *Evolution of natural environments and the current state of the geosystem of Lake Ladoga*. St. Petersburg: RGO; 1993. P. 49–60. (In Russ.)

Kuznetsov D. D. On the repeatability of the analytical studies results of lake sediment cores from different parts of the lake. *Dynamics of ecosystems in the Holocene*. Moscow: Media-Press; 2019. P. 168–170. (In Russ.)

Kuznetsov D. D. Organic matter content dynamics in lake sediment cores of European Russia and Holocene climatic changes. *Paleolimnology of Northern Eurasia. Experience, methodology, current status: Proceedings of the international conference*. Yakutsk: North-Eastern Federal University; 2016. P. 146–149. (In Russ.)

Kuznetsov D. D., Ludikova A. V., Subetto D. A., Gerasimov D. V., Tarakanov A. S., Butov I. I. Stratigraphic features of lake sediments of inland lakes of the islands in the northern part of Lake Ladoga on the example of Lake St. Sergius (Putsaari Island). *Relief and Quaternary Deposits of the Arctic, Subarctic and North-West Russia*. 2023;10:369–376. (In Russ.). doi: 10.24412/2687-1092-2023-10-369-376

Kuznetsov D. D., Ludikova A. V., Subetto D. A., Kublitsky Yu. A., Leontev P. A., Potakhin M. S. Lake sediments of the Kindo Peninsula and its surroundings (Karelian coast of the White Sea) – Holocene stratigraphy and dynamics of organic accumulation. *Limnology and Freshwater Biology*. 2022;4:1456–1458. doi: 10.31951/2658-3518-2022-A-4-1456

Kuznetsov D. D., Ludikova A. V., Subetto D. A., Leont'ev P. A., Grekov I. M., Potakhin M. S., Sapelko T. V., Strykh L. S., Tolstobrov D. S. Chrono- and lithostratigraphy of lake sediments of Anzer Island (Solovetsky Islands) in the context of the post-glacial history of the White Sea. *Izvestiya RAN. Ser. Geogr.* 2022;86(6): 70–88. (In Russ.). doi: 10.31857/S2587556622060085

Kuznetsov D. D., Ludikova A. V., Subetto D. A. Patterns of organic lacustrine sedimentation in surroundings of Lake Ladoga and palaeogeographical background. *Limnology and Freshwater Biology*. 2020;4:488–489. doi: 10.31951/2658-3518-2020-A-4-488

Kuznetsov D. D., Ludikova A. V., Subetto D. A., Sapelko T. V. Holocene sedimentation in Lake Ladoga –

results of the expedition works in recent years. *Relief and Quaternary Deposits of the Arctic, Subarctic and North-West Russia*. 2021;8:339–342. (In Russ.). doi: 10.24412/2687-1092-2021-8-339-342

Kuznetsov D. D., Subetto D. A. Holocene organic sedimentation in Lake Ladoga. *Geomorfologiya = Geomorphology*. 2021;52(2):63–71. (In Russ.). doi: 10.31857/S043542812102005X

Kuznetsov D. D., Subetto D. A., Leont'ev P. A. Organic sedimentation in small lakes of the White Sea basin in the Holocene. *Late and postglacial history of the White Sea: Geology, tectonics, sedimentary settings, chronology: Proceedings of the All-Russian scientific conference*. Moscow: KDU, Universitetskaya kniga; 2018. P. 74–79. (In Russ.)

Kuznetsov D. D., Subetto D. A., Ludikova A. V., Orlov A. V., Shatalova A. E., Dudorkin E. S., Tumskeya V. V. New data on sediments in the Heinjoki strait (Karelian Isthmus). *Relief and Quaternary Deposits of the Arctic, Subarctic and North-West Russia*. 2020;7:318–321. (In Russ.). doi: 10.24411/2687-1092-2020-10751

Kuznetsov D. D., Subetto D. A., Ludikova A. V. Specifics of the Holocene sedimentation in small lakes of the southern Lake Ladoga region. *Vestnik of Saint-Petersburg University* (in press). (In Russ.)

Kuznetsov D. D., Subetto D. A., Sapelko T. V., Ludikova A. V. Hydrographic network of the northern part of the Karelian Isthmus in the Holocene according to the sediments in the small lakes. *Geomorfologiya = Geomorphology*. 2015;1:54–69. (In Russ.). doi: 10.15356/0435-4281-2015-1-54-69

Kuznetsov D. D., Subetto D. A., Ludikova A. V. The connection between Lake Ladoga and the Baltic Sea in the Late Holocene: New paleolimnological data. *Doklady Earth Sciences*. 2022;506(1):693–697. doi: 10.1134/S1028334X22700076

Kuznetsov D. D., Subetto D. A. Stratigraphy of lake sediments of the Karelian Isthmus. Moscow: Geos; 2019. 120 p. (In Russ.)

Kvasov D. D. Late Quaternary history of large lakes and inland seas of Eastern Europe. Leningrad: Nauka; 1975. 278 p. (In Russ.)

Leont'ev P. A., Grekov I. M., Subetto D. A., Kuznetsov D. D., Kolka V. V., Ludikova A. V., Potakhin M. S., Sapelko T. V., Syrykh L. S., Tolstobrov D. S. Stratigraphy of lake sediments of the Onega Peninsula, White Sea. *Obschestvo. Sreda. Razvitie = Society. Environment. Development*. 2016;3:125–129. (In Russ.)

Leont'ev P. A., Subetto D. A., Repkina T. Yu., Ludikova A. V., Kuznetsov D. D., Kublitskii Yu. A., Sapelko T. V., Zaretskaya N. E., Firsenkova V. M., Potakhin M. S., Syrykh L. S., Tolstobrov D. S. Holocene relative sea-level changes reconstruction in the North-West of the Onega Peninsula (Konyukhov Bay, White Sea) based on paleolimnological studies. *Izvestiya RAN. Ser. Geogr.* 2022;86(6):89–101. (In Russ.). doi: 10.31857/S2587556622060097

Ludikova A. V. Diatom evidences for the mid-Holocene Lake Ladoga transgression. *Izvestia RGO = Proceedings of the Russian Geographical Society*. 2015;147(4):38–51. (In Russ.)

Ludikova A. V., Kuznetsov D. D., Subetto D. A., Sapelko T. V. Using the 'isolation basins' method in

reconstructing changes in the level of Lake Ladoga. *All-Russian conference on large inland reservoirs (V Ladoga symposium)*. St. Petersburg: Lemma, 2016. P. 247–253. (In Russ.)

Ludikova A. V., Sapelko T. V., Kuznetsov D. D. On the marine limit on the Kandalaksha Coast, the White Sea: new data from Lake Kanozero, a huge isolation basin in the middle course of the River Umba. *Limnology and Freshwater Biology*. 2022;4:1473–1475. doi: 10.31951/2658-3518-2022-A-4-1473

Ludikova A. V., Sapelko T. V., Kuznetsov D. D., Shikhirina K. A. Sediment record of the earliest stage of the evolution of Lake Kanozero (SW Kola Peninsula): new data for regional deglaciation reconstructions and relative sea-level studies. *Geomorfologiya i Paleogeografiya = Geomorphology and Paleogeography*. 2023;54(4):90–104. doi: 10.31857/S2949178923040059

Ludikova A. V., Subetto D. A., Andreev A. A., Gromig R., Fedorov G., Melles M. The first dated preglacial diatom record in Lake Ladoga: long-term marine influence or redeposition story? *J. Paleolimnol.* 2021;65:85–99. doi: 10.1007/s10933-020-00150-0

Ludikova A. V., Subetto D. A., Davydova N. N., Sapelko T. V., Arslanov Kh. A. Lake Ladoga level fluctuations in the Holocene (based on paleolimnological studies of Lake St. Sergius on Putsaari Island). *Izvestia RGO = Proceedings of the Russian Geographical Society*. 2005;137(6):34–41. (In Russ.)

Ludikova A. V., Subetto D. A., Kuznetsov D. D., Orlov A. V., Shatalova A. E. New diatom and sedimentary data confirm the existence of the northern paleo-outlet from Lake Ladoga to the Baltic Sea. *Quaternary*. 2024;7:31. doi: 10.3390/quat7030031

Ludikova A. V., Subetto D. A., Kuznetsov D. D., Sapelko T. V. From a large basin to a small lake: Siliceous microfossils stratigraphy of the isolation basins on Big Solovetskiy Island (the White Sea, NW Russia) and its implication for paleoreconstructions. *Quat. Int.* 2023;644–645:61–78. doi: 10.1016/j.quaint.2021.07.007

Malakhovskii D. B., Arslanov Kh. A., Gey N. A., Dzhinoridze R. N., Kozyreva M. G. New data on the Holocene history of Lake Ladoga. *Evolution of natural environments and the current state of the geosystem of Lake Ladoga*. St. Petersburg: RGO; 1993. P. 61–73. (In Russ.)

Rumyantsev V. A., Trifonova I. S. (eds.). 70 years of the Institute of Limnology of the Russian Academy of Sciences. St. Petersburg: Svoe izdatelstvo; 2017. 252 p. (In Russ.)

Saarnisto M., Grönlund T. Shoreline displacement of Lake Ladoga – new data from Kilpolansaari. *Hydrobiologia = Hydrobiology*. 1996;322:205–215. doi: 10.1007/BF00031829

Saarnisto M. Late Holocene land uplift/neotectonics on the island of Valamo (Valaam), Lake Ladoga, NW Russia. *Quat. Int.* 2012;260:143–152. doi: 10.1016/j.quaint.2011.09.005

Sapelko T. V., Gazizova T. Yu., Moiseenko A. D., Ludikova A. V., Kuznetsov D. D., Rusanov A. G. Lake Vitalievskoye (Valaam Island) isolation process and vegetation dynamics due to the changes in the level of Lake Ladoga during the Late Holocene. *Geomorfologiya i Paleogeografiya = Geomorphology and Paleogeography*

graphy. 2023;54(4):72–89. (In Russ.). doi: 10.31857/S2949178923040126

Sapelko T. V., Ignatyeva N. V., Kuznetsov D. D., Ludikova A. V., Guseva M. A., Revunova A. V., Zazovskaya E. P., Pozdnyakov Sh. R. Natural and anthropogenic impacts on Lake Ladoga and its catchment area through the late glacial and Holocene according to a new paleolimnological record. *J. Paleolimnol.* 2024;72:241–259. doi: 10.1007/s10933-024-00329-9

Sapelko T. V., Kuznetsov D. D., Korneenkova N. Yu., Denisikov V. P., Ludikova A. V. Paleolimnology of inland lakes of Putsaari Island (Lake Ladoga). *Izvestia RGO = Proceedings of the Russian Geographical Society.* 2014;146(3):29–40. (In Russ.)

Sapelko T. V., Kuznetsov D. D., Ludikova A. V., Kolpakov E. M., Shumkin V. Ya. Late Glacial – Holocene history of Lake Kanozero in the southern Kola Peninsula, Northwestern Russia. *Geomorfologiya = Geomorphology.* 2022;53(3):29–38. (In Russ.). doi: 10.31857/S0435428122030154

Sapelko T., Pozdnyakov S., Kuznetsov D., Ludikova A., Ivanova E., Guseva M., Zazovskaya E. Holocene sedimentation in the central part of Lake Ladoga. *Quat. Int.* 2019;524:67–75. doi: 10.1016/j.quaint.2019.05.028

Semenovich N. I. Bottom sediments of Lake Ladoga. Moscow-Leningrad: Nauka; 1966. 124 p. (In Russ.)

Subetto D. A. Lake sediments: paleolimnological reconstructions. St. Petersburg: Herzen University; 2009. 343 p. (In Russ.)

Subetto D. A. Paleolimnological reconstructions in the White Sea basin. *The White Sea system.* Vol. I. Moscow: Nauchnyi mir; 2010. P. 247–265. (In Russ.)

Subetto D. A., Averichkin O. B., Kuznetsov D. D. Paleoflow calculations for the Baltic-Ladoga connection in the northern part of the Karelian Isthmus. *Izvestia RGO = Proceedings of the Russian Geographical Society.* 2009;5:37–51. (In Russ.)

Subetto D. A., Davydova N. N., Rybalko A. E. Contribution to the lithostratigraphy and history of Lake Ladoga. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 1998;140(1):113–119. doi: 10.1016/S0031-0182(98)00032-7

Subetto D. A., Shevchenko V. P., Ludikova A. V., Kuznetsov D. D., Sapelko T. V., Lisitsyn A. P., Evzerov V. Ya., van Beek P., Suo M., Subetto G. D. Chronology of isolation of the Solovetskii Archipelago lakes and current rates of lake sedimentation. *Doklady Earth Sciences.* 2012;446:1042–1048. doi: 10.1134/S1028334X12090140

Поступила в редакцию / received: 25.04.2024; принята к публикации / accepted: 04.06.2024.
Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов / The author declares no conflict of interest.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Кузнецов Денис Дмитриевич

канд. геогр. наук, научный сотрудник

e-mail: dd_kuznetsov@mail.ru

CONTRIBUTOR:

Kuznetsov, Denis

Cand. Sci. (Geog.), Researcher