

Glaciolacustrine sedimentary pattern of the Eastern White Sea area during the MIS 2

Short communicationLIMNOLOGY
FRESHWATER
BIOLOGYZaretskaya N.E.^{1,2*}, Vashkov A.A.^{2,3}, Baranov D.V.¹, Lugovoy N.N.¹¹ Institute of Geography, RAS, Staromonetny lane, 29 bld. 4, Moscow, 119017, Russia² FSBI "VNIIOkeangeologia", Angliyskiy ave. 1, St. Petersburg, 190121, Russia³ Geological Institute, KSC RAS, Fersmana 4, Apatity, 184209, Murmansk region, Russia

ABSTRACT. New data on the distribution and age of glaciolacustrine deposits on the Zimny, Abramovsky, Lyamitsky and Tersky shores of the White Sea are presented. It was possible to trace the dynamics of the glaciation development in the studied area during the LGM, as well as to reconstruct the stages of transition of the White Sea basin from the glacier to the sea basin. The glaciolacustrine sediments of the Abramovsky shore characterise the stage of glaciation onset, while those of the Zimny shore - the initial stage of glacier degradation, when a series of small proglacial water bodies adjoined its marginal zone. The glaciolacustrine sediments studied on the Lyamitsky and Tersky shores were formed in large proglacial lakes that immediately preceded the penetration of the Barents Sea waters into the White Sea basin, as a result of which its gradual salinisation occurred and marine sedimentation began.

Keywords: glaciolacustrine sediments, White Sea, last glacial maximum, deglaciation, Late Glacial period

For citation: Zaretskaya N.E., Vashkov A.A., Baranov D.V., Lugovoy N.N. Glaciolacustrine sedimentary pattern of the Eastern White Sea area during the MIS 2 // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - P. 741-746. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-741

1. Introduction

Glaciolacustrine deposits are widespread in the areas of cover glaciations. They are a marker of the position of the edge zone of glaciation in different phases of its degradation, and also reflect the conditions of sedimentation in the glacial zone and are palaeoarchives of information on the development of the natural environment during glaciations. The study of the Quaternary sediment complex on the Zimny, Abramovsky, Lyamitsky and Tersky shores of the White Sea allowed us to identify the areas of distribution of sediments of glaciolacustrine and glacial-marine basins and to obtain new data on the chronology of the development of the last glaciation and the White Sea basin during the last glaciocementation cycle.

2. Materials and methods

In 2021-23, lithostratigraphic studies of coastal sections were carried out in the study area, with sampling for micropalaeontological analyses and OSL dating. The altitudinal position of glaciolacustrine deposits was determined using GNSS survey. On the Tersky

coast, drilling was carried out at the mouth of the Varzuga River, where a thick thickness of glaciolacustrine sediments was uncovered and studied in well cores. Subsequently, OSL dating was carried out, and micropalaeontological samples are in progress.

3. Results and discussion

Glaciolacustrine sediments marking the maximum stage of the last Scandinavian glaciation have been described by us on the Zimny (from the side of the Gorlo Strait) and Abramovsky shores of the White Sea in a series of transects. The sediments are deposited in the upper part of the section, mainly above the moraine, but may be underlain by glacial sediments. The glaciolacustrine sediments are represented by interbedded sand, mostly fine-grained, less frequently medium-coarse-grained, sometimes with fine horizontal or lenticular layering or with ripple marks, with thickness from fractions of mm to 5 cm, and siltstone also with thickness from fractions of mm to the first cm. Dropstones, as well as microspikes of different orientation and inclination angles are often found in the layers. OSL dates for these sediments were obtained in the

*Corresponding author.

E-mail address: zaretsk@igras.ru (N.E. Zaretskaya)

Received: June 06, 2024; **Accepted:** July 08, 2024;

Available online: August 26, 2024

© Author(s) 2024. This work is distributed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.



range from 22 to 17 thousand years (the age decreases towards the glaciation boundary near the Kuloi River mouth), which corresponds to the time immediately preceding the maximum of the last glacial cover in this region around 17 thousand years ago (Astakhov et al., 2016; Hughes et al., 2016). It is likely that the exposed sediments correspond to a water body at the edge of the glacier gradually moving eastwards, which can be indicated by the gradual rejuvenation of the dates from west to east.

Glaciolacustrine sediments, presumably corresponding to the phases of degradation of the last Scandinavian glaciation, have been described by us on the Zimniy coast of the White Sea. Thus, in the section near the village of Ruchiye, the upper part of the section above the Ostashkov moraine reveals brownish-grey sand with thin lenticular and horizontal layering, interlayered with sandy brown siltstone. Siltstone layers are not evenly distributed along the section. From a depth of 0.8 m from the roof, rare pebbles occur in the sediments. In the interval 3.0-3.4 m gravel and pebble fragments are found in reddish-brown siltstone. The total thickness of this stratum is 3.35 m. In the section 3.5 km to the south-west, the thickness of these sediments does not exceed 1 m.

Judging by the small thickness of the identified glaciolacustrine sediments and their not ubiquitous distribution in the sections, a system of small glacial water bodies and connecting meltwater runoff valleys existed briefly on the Zimniy coast of the White Sea during the phases of glacial cover reduction. Such water bodies are known in the south-eastern part of the Kola region. They are usually small in size and associated with glacial water deltas. Sediments of such reservoirs are sometimes composed of banded clays and siltstones, and the time of existence could reach 600 years (Bakhmutov et al., 1993; Yevzerov, 2013). With further degradation of the last glaciation and melting of dead ice massifs, small water bodies gradually moved following the glacier margin zone. Gradually, a large glacial basin was formed in the White Sea basin, the sediments of which were examined on the Lyamitsky shore and in boreholes on the Tersky shore at the mouth of the Varzuga River. During the Allerød warming, the connection of this glacial basin with the world ocean occurred and the gradual salinisation of this water body began (Kolka et al., 2013; Yevzerov, 2013).

We studied glaciolacustrine sediments of the Late Pleistocene to Holocene transition on the Lyamitsky and Tersky coasts. On the Lyamitsky coast, these sediments are exposed on the day surface: here, in the lower part of the section, thinly layered fine-grained sand with a thickness of about 5 m is overlain by a thickness of banded clays and siltstones with a thickness of up to 2.5 m, with deformations of loading. Above the section, fine-grained sands and siltstones are interbedded. These sediments characterise the conditions of sedimentation in an extensive glacial reservoir in Onega Bay, the depth of which gradually decreased. Apparently, this reservoir gradually moved as the last glacial cover, which 'propped it up' from the west, degraded. Earlier spore-dust data obtained here show

that the basin was formed in the Older Dryas-Allerød phase (Vostrukhina, 1962). Thus, the beginning of sediment formation in this section would roughly coincide with the Neva (Syamozero) phase of the last ice sheet contraction, and subsequent sedimentation occurred in the Allerød (Astakhov et al., 2016; Korsakova et al., 2023).

At the mouth of the Varzuga River, a drilling profile of 11 boreholes at a depth of up to 20 m below the sea level revealed a thickness of banded clays up to 10 m thick, above the section passing into a thin interlayer of fine-grained sand and siltstone. This stratum is overlain by dark grey marine sands with shells, for which 14C dates of 9 cal. kyr BP were obtained (Zaretskaya et al., 2023). We assume that the proglacial basin at the mouth of the Varzuga River was formed synchronously with the basin in the Onega Bay during the Late Glacial. Apparently, such basins developed along the entire coast of the White Sea during the degradation of the last glaciation.

4. Conclusions

Thus, the study of glaciolacustrine deposits in the region allows us to trace the dynamics of the glacier cover development during the last maximum, and also shows the gradual transition of the White Sea basin from the glaciation stage to the marine basin. The glaciolacustrine sediments of the Abramovsky coast characterise the stage of glaciation onset, while those of the Zimny coast - the initial stage of glacier degradation, when a series of small glacial water bodies adjoined its marginal zone. The glaciolacustrine sediments studied on the Lyamitsky and Tersky coasts were formed in large proglacial lakes that immediately preceded the penetration of the Barents Sea waters into the White Sea basin, which resulted in its gradual salinisation and marine sedimentation.

Funding

The research was financially supported by RSF, grant No. 22-17-00081.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest requiring disclosure in this article.

References

- Astakhov V., Shkatova V., Zastrozhnov A. et al. 2016. Glaciomorphological Map of the Russian Federation. *Quaternary International* 420: 4–14.
- Bakhmutov V.G., Yevzerov V.Ya., Kolka V.V. 1993. Paleomagnetism and lithology of Late Weichselian deposits in Ust-Pjalka's periglacial lake, south-east of the Kola Peninsula. *Geologica Carpatica* 44 (5): 315–324.
- Hughes A.L.C., Gyllencreutz R., Lohne Ø.S. et al. 2016. The last Eurasian ice sheets – a chronological database and time-slice reconstruction, DATED–1. *Boreas* 45 (1): 1–45.
- Kolka V.V., Yevzerov V.Ya., Møller J.J. et al. 2013. The Late Weichselian and Holocene relative sea-level change and

isolation basin stratigraphy at the Uмба settlement, southern coast of Kola Peninsula. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya* 1:73-88. (In Russian)

Korsakova O., Vashkov A., Nosova O. 2023. European Russia: glacial landforms from the Bølling-Allerød Interstadial. In: *European Glacial Landscapes. The Last Deglaciation*. Palacios D., Hughes P.D., Garcia-Ruiz J.M., Andres N. (eds.). Elsevier, pp. 305–310.

Vostrukhina T.M. 1962. To the question of dating of lake-glacial deposits of the Onega Peninsula. *Reports of the Academy of Sciences of the USSR* 145 (1): 151-153. (In Russian)

Yevzerov V.Ya. 2013. Minerageny of the loose cover of the northeastern part of the Baltic Shield. Apatity: KSC RAS. (In Russian)

Zaretskaya N.E., Baranov D.V., Pissova M.A. et al. 2023. Geology at the service of palaeogeography: reconstruction of the transition from the late Pleistocene to Holocene on the southern shore of the Kola Peninsula. Relief and Quaternary formations of the Arctic, Subarctic and North-West Russia. Issue 10, pp. 93-99. doi: [10.24412/2687-1092-2023-10-93-99](https://doi.org/10.24412/2687-1092-2023-10-93-99) (In Russian)

Озёрно-ледниковые обстановки осадконакопления во время МИС 2 в Восточном Беломорье

Краткое сообщение

LIMNOLOGY
FRESHWATER
BIOLOGYЗарецкая Н.Е.^{1,2*}, Вашков А.А.^{2,3}, Баранов Д.В.¹, Луговой Н.Н.¹¹Институт географии РАН, Старомонетный пер., 29, с.4, Москва, 119017, Россия²ФГБУ «ВНИИОкеангеология», Английский пр-т, 1, Санкт-Петербург, 190121, Россия³Геологический институт КНЦ РАН, ул. Ферсмана, 14, Апатиты, 184209, Мурманская область, Россия

АННОТАЦИЯ. Представлены новые данные о распространении и возрасте озёрно-ледниковых отложений на Зимнем, Абрамовском, Лямецком и Терском берегах Белого моря. Удалось проследить динамику развития ледникового покрова в изученном районе во время последнего максимума, а также реконструировать стадии перехода котловины Белого моря от ледоёма к морскому бассейну. Озёрно-ледниковые осадки Абрамовского берега характеризуют стадию наступления оледенения, Зимнего берега - начальный этап деградации ледника, когда к его краевой зоне примыкала серия небольших приледниковых водоёмов. Озёрно-ледниковые отложения, изученные на Лямецком и Терском берегах, сформировались в крупных приледниковых водоёмах, которые непосредственно предшествовали проникновению вод Баренцева моря в котловину Белого, вследствие чего произошло его постепенное осолонение и началась морская седиментация.

Ключевые слова: озёрно-ледниковые отложения, Белое море, максимум последнего оледенения, дегляциация, позднеледниковые

Для цитирования: Зарецкая Н.Е., Вашков А.А., Баранов Д.В., Луговой Н.Н. Озёрно-ледниковые обстановки осадконакопления во время МИС 2 в Восточном Беломорье // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - С. 741-746. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-741

1. Введение

В областях покровных оледенений широко распространены озёрно-ледниковые отложения. Они являются маркером положения краевой зоны оледенения в разные фазы его деградации, а также отражают условия осадконакопления в приледниковой зоне и являются палеоархивами информации о развитии природной среды во время оледенений. Исследование комплекса четвертичных отложений на Зимнем, Абрамовском, Лямецком и Терском берегах Белого моря позволило выявить участки распространения осадков озёрно-ледниковых и приледниково-морских бассейнов позволил получить новые данные о хронологии развития последнего оледенения и котловины Белого моря во время последнего гляциоседиментационного цикла.

2. Материалы и методы

В районе работ в 2021–23 годах были проведены литостратиграфические исследования бере-

говых разрезов, с отбором образцов на микропалеонтологические анализы и ОСЛ датирование. Высотное положение озёрно-ледниковых отложений определялось с помощью ГНСС-съёмки. На Терском берегу было проведено бурение в устьевой части р. Варзуги, где была вскрыта мощная толща озёрно-ледниковых отложений, изученных в кернах скважин. Впоследствии было проведено ОСЛ датирование, микропалеонтологические образцы находятся в работе.

3. Результаты и обсуждение

Озёрно-ледниковые отложения, маркирующие максимальную стадию последнего Скандинавского оледенения, описаны нами на Зимнем (со стороны пролива Горло) и Абрамовском берегах Белого моря в серии разрезов. Осадки залегают в верхней части разреза, в основном над мореной, но могут и подстилать ледниковые отложения. Озёрно-ледниковые отложения представлены переслаиванием песка, в основном мелкозернистого, реже

*Автор для переписки.

Адрес e-mail: zaretsk@igras.ru (Н.Е. Зарецкая)

Поступила: 06 июня 2024; Принята: 08 июля 2024;

Опубликована online: 26 августа 2024

© Автор(ы) 2024. Эта работа распространяется под международной лицензией Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0.



– средне-крупнозернистого, иногда – с тонкой горизонтальной или линзовидной слоистостью или со знаками ряби, мощностью от долей мм до 5 см, и алевроита также мощностью от долей мм до первых см. В слоях часто встречаются дробстоуны, а также микросбросы и микровзбросы разной ориентировки и углов наклона. Для этих отложений получены ОСЛ-даты в диапазоне от 22 до 17 тысяч лет (возраст уменьшается к границе оледенения в районе устья р. Кулой), что соответствует времени, непосредственно предшествующем максимуму последнего ледникового покрова в этом регионе около 17 тыс. л.н. (Astakhov et al., 2016; Hughes et al., 2016). Вероятно, вскрытые отложения соответствуют водоёму у края постепенно продвигающегося к востоку ледника, о чем может указывать постепенное омоложение дат с запада на восток.

Озёрно-ледниковые отложения, предположительно соответствующие фазам сокращения последнего Скандинавского оледенения, описаны нами на Зимнем берегу Белого моря. Так, в разрезе вблизи д. Ручьи в верхней части разреза над осташковской мореной вскрыт песок т.з. коричневатого-серый с тонкой линзовидной и горизонтальной слоистостью, переслаивающийся с опесчаненным алевроитом коричневого цвета. Прослой алевроита распределены по разрезу не равномерно. С глубины 0,8 м от кровли в осадках встречаются редкие гальки. В интервале 3,0–3,4 м обломки гравия и гальки отмечаются в красновато-коричневом алевроите. Общая мощность этой толщи 3,35 м. В разрезе в 3,5 км юго-западнее мощность этих отложений не превышает 1 м.

Судя по небольшой мощности выявленных озерно-ледниковых осадков и не повсеместному их распространению в разрезах, на Зимнем берегу Белого моря во время фаз сокращения ледникового покрова непродолжительное время существовала система небольших приледниковых водоёмов и соединяющих их долин стока талых вод. Такие водоёмы известны в юго-восточной части Кольского региона. Обычно они имеют небольшие размеры и ассоциированы с водно-ледниковыми дельтами. Осадки таких водоёмов иногда сложены ленточными глинами и алевроитами, а время существования могло достигать 600 лет (Bakmutov et al., 1993; Евзеров, 2013). При дальнейшей деградации последнего оледенения и вытаивании массивов мертвого льда небольшие водоёмы постепенно перемещались вслед за краевой зоной ледника. Постепенно в котловине Белого моря формировался крупный приледниковый бассейн, осадки которого были обследованы на Лямецком берегу и в скважинах на Терском берегу в устье р. Варзуга. Во время потепления аллерёд произошло соединение этого приледникового бассейна с мировым океаном и началось постепенное осолоноение этого водоёма (Колька и др., 2013; Евзеров, 2013).

Озёрно-ледниковые осадки, относящиеся к переходу от позднего неоплейстоцена к голоцену, были изучены нами на Лямецком и Терском берегах. На Лямецком берегу эти отложения вскрыва-

ются на дневной поверхности: здесь в нижней части разреза залегает тонкослоистый тонкозернистый песок мощностью около 5 м, который перекрыт толщей ленточных глин и алевроитов мощностью до 2,5 м, с деформациями пригрузки. Выше по разрезу переслаиваются тонкозернистые пески и алевроиты. Данные отложения характеризуют условия осадко-накопления в обширном приледниковом водоёме в Онежском заливе, глубина которого постепенно уменьшалась. По-видимому, этот водоём постепенно перемещался по мере деградации последнего ледникового покрова, «подпиравшего» его с запада. Ранее полученные здесь спорово-пыльцевые данные показывают, что бассейн формировался в фазу среднего дриаса – аллерёда (Вострухина, 1962). Таким образом, начало формирования осадков в этом разрезе будет примерно совпадать с невиской (сямозерской) фазой сокращения последнего ледникового покрова, а последующая седиментация происходила в аллерёде (Astakhov et al., 2016; Korsakova et al., 2023).

В устье р. Варзуга буровым профилем из 11 скважин на глубину до 20 м ниже у.м. была вскрыта толща ленточных глин мощностью до 10 м, выше по разрезу переходящая в тонкое переслаивание тонкозернистого песка и алевроита. Эта толща с размывом перекрывается тёмно-серыми морскими песками с ракушей, по которой получены ^{14}C даты 9 кал. т.л.н. (Зарецкая и др., 2023). Мы предполагаем, что приледниковый бассейн в приустьевой части р. Варзуги сформировался синхронно бассейну в Онежском заливе, в позднеледниковое время. По-видимому, такие бассейны развивались по всем побережью Белого моря во время деградации последнего оледенения.

4. Выводы

Таким образом, исследование озерно-ледниковых отложений в регионе позволяет проследить динамику развития ледникового покрова во время последнего максимума, а также показывает постепенный переход котловины Белого моря от стадии оледенения к морскому бассейну. Озерно-ледниковые осадки Абрамовского берега характеризуют стадию наступления оледенения, Зимнего берега - начальный этап деградации ледника, когда к его краевой зоне примыкала серия небольших приледниковых водоёмов. Озерно-ледниковые отложения, изученные на Лямецком и Терском берегах, сформировались в крупных приледниковых водоёмах, которые непосредственно предшествовали проникновению вод Баренцева моря в котловину Белого, вследствие чего произошло его постепенное осолоноение и началась морская седиментация.

Финансирование

Исследования проведены при финансовой поддержке РФФИ, грант № 22-17-00081.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

Список литературы

Вострухина Т.М. 1962. К вопросу о датировке озёрно-ледниковых отложений Онежского полуострова. Доклады Академии Наук СССР 145(1): 151-153.

Евзеров В.Я. 2013. Минерагения рыхлого покрова северо-восточной части Балтийского щита. Апатиты: КНЦ РАН.

Зарецкая Н.Е., Баранов Д.В., Писцова М.А. и др. 2023. «Геология на службе палеогеографии»: реконструкция перехода от позднего неоплейстоцена к голоцену на южном берегу Кольского полуострова. Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. 10: 93-99. DOI: [10.24412/2687-1092-2023-10-93-99](https://doi.org/10.24412/2687-1092-2023-10-93-99)

Колька В.В., Евзеров В.Я., Мёллер Я.Й. и др. 2013. Перемещение уровня моря в позднем плейстоцене – голоцене и стратиграфия донных осадков изолированных озер на южном берегу Кольского полуострова, в районе поселка Умба. Известия Российской академии наук. Серия географическая 1: 73–88.

Astakhov V., Shkatova V., Zastrozhnov A. et al. 2016. Glaciomorphological Map of the Russian Federation. *Quaternary International* 420: 4–14.

Bakhmutov V.G., Yevzerov V.Ya., Kolka V.V. 1993. Paleomagnetism and lithology of Late Weichselian deposits in Ust-Pjalka's periglacial lake, south-east of the Kola Peninsula. *Geologica Carpathica*. 44(5): 315–324.

Hughes A.L.C., Gyllencreutz R., Lohne Ø.S. et al. 2016. The last Eurasian ice sheets – a chronological database and time-slice reconstruction, DATED-1. *Boreas* 45 (1): 1–45.

Korsakova O., Vashkov A., Nosova O. 2023. European Russia: glacial landforms from the Bølling-Allerød Interstadial. In: *European Glacial Landscapes. The Last Deglaciation*. Palacios D., Hughes P.D., Garcia-Ruiz J.M., Andres N. (eds.). Elsevier.