

New data on changes in the White Sea level on the Karelian coast the Holocene



Tolstobrov D.S.*, Tolstobrova A.N., Korsakova O.P., Vashkov A.A.

Geological Institute of the Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences; 14, Fersmana Str., 184209 Apatity, Russia

ABSTRACT. The article presents new data on the study of bottom sediments of a lake isolated from the sea basin in the area of the village of Chupa (North Karelia). A lake basin at an altitude of 34.0 meters was studied. Based on comprehensive study of the lake bottom sediments was established that the sea coastline was located at this altitude approximately 5800 years ago. The results of comparison of new data with data from earlier studies may indicate differentiated movements of blocks of the earth's surface, or a local activation of seismic processes in the Middle Holocene in this area.

Keywords: lake sediments, diatoms, radiocarbon age, sea-level changes

For citation: Tolstobrov D.S., Tolstobrova A.N., Korsakova O.P., Vashkov A.A. New data on changes in the White Sea level on the Karelian coast the Holocene // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - №4. - P. 706-711. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-706

1. Introduction

At the end of the Pleistocene, the northeastern part of the Baltic shield was covered with ice sheet, under the weight of which the earth's crust experienced isostatic subsidence. During the degradation of glaciers, the load was removed, and the earth's surface began to rise, while the sea coastline retreated. Records of changes in sea level are relief forms common on the shores, such as abrasion ledges, barrier beach, etc. Using the method of isolated basins, work to study changes in the position of the sea coastline on the Karelian coast has been carried out for many years (Kolka et al., 2013; 2014; 2015; Korsakova, 2022). The main characteristics of the rise dynamics of the earth's surface were established, but questions remain about the influence of tectonic processes on the rate of sea level change in the Middle Holocene. To resolve this issue, the bottom sediments of an unnamed lake located at an altitude of 34.0 meters above sea level (a.s.l.) in the area of the village Chupa were studied. As a result of a comprehensive study (lithological, diatom analyses, radiocarbon dating), new data on the sea level change on the Karelian coast were obtained.

2. Materials and methods

Bottom sediments of the lake with an altitude of 34.0 m above sea level were sampled during fieldwork

in 2017. The core of bottom sediments was taken from the ice at the central point (N66°17'59", E32°46'40"), using a piston drill with a diameter of 54 mm and a length of 1 meter. Description of the main characteristics (color, texture, grain size, etc.) of the lake bottom sediments was carried out in the field. Diatom analysis using standard methods was performed. The names of taxa are given according to the AlgaeBase database (Guiry and Guiry, 2022). Radiocarbon dating of the samples using the scintillation method in the laboratory of St. Petersburg State University was carried out. Dating results were calibrated using OxCal 4.4 (Bronk Ramsey, 2020).

3. Results and discussion

3.1. Lithology of bottom sediments

Core sampling was carried out from a depth of 7.30 m from the ice surface in the central part of the lake. The following sediments were recovered (description from bottom to top):

1. 9.90-9.20 m – layered silt. The layering is emphasized by color. The thickness of the layers is from 0.2 to 1.5 cm. The color of the layers is light brown, gray-green, dark brown and black;
2. 9.20-8.62 m – silt is unclearly layered, non-layered, greenish-brown in color, the transition to the underlying interval is gradual. From a depth

*Corresponding author.

E-mail address: d.tolstobrov@ksc.ru (D.S. Tolstobrov)

Received: June 03, 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.



of 8.70 m, the organic content increases, the color gradually changes to dark brown, and layering appears;

3. 8.62-8.56 m – silty gyttja, dark brown to black, thin-layered, the transition to the underlying layer is gradual;
4. 8.56-8.48 m – unlayered dark brown gyttja, mineral content less than 5%;
5. 8.48-8.40 m – gyttja is dark brown to black. There is some disturbance in this interval (loose, broken), probably as a result of core sampling. No mineral particles;
6. 8.40-7.30 m – gyttja is dark brown, monotonous, without mineral particles.

To determine the age of the sediments, three samples were taken for radiocarbon dating: №1 8.66-8.62 m (top of layer 2), №2 8.62-8.56 m (layer 3), №3 8.56- 8.51 m (bottom of layer 4).

3.2. Diatom analysis and radiocarbon dating

Dating № 1 (8.62-8.66 m) 6040 ± 120 cal. BP, obtained from thin-layered silt, judging by the analysis of diatom flora, reflects the time of accumulation of marine sediments. Marine (16%) and brackish-water species (67%) predominate here. The most abundant are *Cocconeis scutellum* Ehr., *Paralia sulcata* (Ehr.) Kütz., *Chaetoceros* sp., *Grammatophora oceanica* Ehr., *Hyalodiscus scoticus* (Kütz.) Grun. and *Rhabdonema minutum* Kütz.

In the overlying thin-layered silty gyttja, the number of marine species (polyhalobes) decreases to 1.5%, mesohalobes increases to 82%. There is a slight increase in the content of halophiles (5.5%) and indifferents (3%). Accordingly, dating № 2 from layer 3 (8.56-8.62 m) is 6090 ± 110 cal. BP shows the time when the lake began to be isolated from the sea basin.

According to diatom analysis dating № 3 from layer 4 (8.51-8.56 m.) 5810 ± 110 cal. BP, obtained from gyttja with mineral particles, shows the time interval when the lake was in the final stage of isolated from the sea basin. Here, in comparison with the underlying sediments, there is a significant decrease in marine and brackish-water species for 19% in the lower part of the interval, and already up to 1% in the upper. The number of halophiles also decreases to 2-5% and the number of indifferents and halophobes increases in total to 63-96%. Among the indifferents predominate *Aulacoseira subarctica* (O. Müll.) Haworth, *Aulacoseira valida* (Grun.) Kramm., *Discostella stelligera* (Cl. et Grun.) Houk et Klee, *Stauroforma exiguiformis* (Lange-Bert.) Flower, Jones et Round, among halophobes - *Tabellaria fenestrata* (Lyngb.) Kütz. and *T. flocculosa* (Roth) Kütz.

Based on diatom analysis and radiocarbon dating, it can be concluded that the lake basin was isolated from the sea basin approximately 5,800 years ago. In previous studies in the Chupa area sharp (instantaneous) change in sea level about 6300 years ago was noted (Kolka et al., 2015), which is reflected in the

same radiocarbon dating of sediments of two lakes at an altitude of 33.0 and 40.0 m. Dating №3 from layer 4 (8.51-8.56 m.) 5810 ± 110 cal. BP. can be compared with the dating of Lake Chupa-3 (33.0 m) 6354 ± 39 (Kolka et al., 2015), which also reflects the time of isolation of the lake from the sea. It can be seen that the two lake basins, located at almost the same altitude, were isolated at different times; the difference in the time of isolation is about 500 years. This fact may indicate both differentiated movements of blocks of the earth's surface in the Holocene, and local activation of the fault in the Middle Holocene in this area. At the same time, we should not exclude the possibility of older sediments in Lake Chupa-3 (33.0 m) (Kolka et al., 2015) as a result of the introduction of older organic matter by streams. If we mark the results of the study of the lake on a sea level curve for the Chupa (Kolka et al., 2015), then they correspond to a gradual regression of the sea. At present, it is not possible to confidently say about the existence or absence of block tectonics on the White Sea coast; it is necessary to continue research in this direction.

4. Conclusion

Lithological, chronological and micropaleontological data were obtained from the bottom sediments of an unnamed lake with an absolute altitude of 34.0 m above sea level in the area of the village Chupa. Research data shows that the sea coastline was at 34 m around 5,800 years ago. The separation from the sea of two lake basins, located at approximately the same altitude, at different times, may indicate differentiated movements of blocks of the earth's surface, or a local activation of seismic processes in the Middle Holocene in this area.

5. Acknowledgments

The work was carried out at the Geological Institute of the Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences on the topic of research work FMEZ-2024-0007.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

References

- Bronk Ramsey C. 2020. OxCal 4.4 [Online resource]. URL: <http://c14.arch.ox.ac.uk>. (request date: 10.04.2024)
- Guiry M.D., Guiry G.M. 2022. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway, <http://www.algaebase.org>
- Kolka V.V., Korsakova O.P., Shelekhova T.S. et al. 2014. Temporal sequence of the White Sea shoreline movement in Holocene according to the study of bottom sediments of lakes in Kuusema region (North Karelia). Proceedings of the Russian Geographical Society 146(6): 14–26. (In Russian)
- Kolka V.V., Korsakova O.P., Shelekhova T.S. et al. 2013. Reconstruction of the relative level of the White sea during the Holocene on the Karelian coast near Engozero settlement,

northern Karelia. *Doklady Earth Sciences* 449(2): 434–438. (In Russian)

Kolka V.V., Korsakova O.P., Shelekhova T.S. et al. 2015. Reconstruction of the relative level of the White Sea during the Lateglacial – Holocene according to lithological, diatom analyses and radiocarbon dating of small lakes bottom sediments in the area of the Chupa settlement (north Karelia, Russia). *Bulletin of MSTU. Murmansk: MSTU* 18(2): 255–268. (In Russian)

Korsakova O.P. 2022. The White Sea Coasts within the Fennoscandian Crystal Shield in the Pleistocene and Holocene. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya* 86(6): 883–897. DOI: [10.31857/S258755662206005X](https://doi.org/10.31857/S258755662206005X) (In Russian)

Новые данные об изменении положения береговой линии Белого моря на Карельском берегу в голоцене

Краткое сообщение

LIMNOLOGY
FRESHWATER
BIOLOGY

Толстобров Д.С.*, Толстоброва А.Н., Корсакова О.П., Вашков А.А.

Геологический институт Кольского научного центра РАН; ул. Ферсмана, 14, 184209, Апатиты, Россия

АННОТАЦИЯ. В работе приводятся новые данные по изучению донных отложений озера, изолированного от морского бассейна в районе поселка Чупа (Северная Карелия). Была изучена озерная котловина на высотной отметке 34.0 метра над уровнем моря. В результате комплексного исследования донных отложений озера было установлено, что береговая линия моря располагалась на данной высоте примерно 5800 лет назад. Результаты сопоставления новых данных с уже известными могут указывать на дифференцированные движения блоков земной поверхности, либо на локальную активизацию сейсмических процессов в среднем голоцене в данном районе.

Ключевые слова: донные отложения озёр, диатомовый анализ, радиоуглеродное датирование, изменение уровня моря

Для цитирования: Толстобров Д.С., Толстоброва А.Н., Корсакова О.П., Вашков А.А. Новые данные об изменении положения береговой линии Белого моря на Карельском берегу в голоцене // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - С. 706-711. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-706

1. Введение

В конце плейстоцена северо-восточная часть Балтийского щита перекрывалась ледниковым щитом, под тяжестью которого земная кора испытывала изостатическое погружение. В ходе деградации ледника нагрузка снималась, а земная поверхность начинала подниматься, при этом береговая линия моря отступала. Следы таких изменений положения береговой линии моря являются распространенные на берегах формы рельефа, такие как абразионные уступы, береговые валы и др. Используя метод изолированных котловин, работы по изучению изменения положения береговой линии моря на Карельском берегу проводятся уже много лет (Колька и др., 2013; 2014; 2015; Корсакова, 2022). Были установлены основные характеристики динамики поднятия земной поверхности, однако остаются вопросы о влиянии тектонических процессов на скорость изменения уровня моря в среднем голоцене. Для решения этого вопроса были исследованы донные отложения безымянного озера, расположенного на высотной отметке 34.0 метра над уровнем моря (н.у.м.) в районе пос. Чупа. В результате комплексного исследования (литологический, диато-

мовый анализ, радиоуглеродное датирование) были получены новые данные о положении береговой линии Белого моря на Карельском берегу в голоцене.

2. Материалы и методы

Донные отложения озера с абсолютной отметкой 34.0 м н.у.м. были отобраны во время полевых работ 2017 года. Отбор керн донных отложений проводился со льда в центральной точке (N66°17'59», E32°46'40»), поршневым буром диаметром 54 мм и длиной 1 метр. Описание основных характеристик (цвет, текстура, размер зерен и др.) донных отложений озера проводилось в полевых условиях. Диатомовый анализ выполнен по стандартной методике. Названия таксонов приведены по данным базы AlgaeBase (Guiry and Guiry, 2022). Радиоуглеродное датирование образцов выполнено сцинтилляционным методом в лаборатории Санкт-Петербургского государственного университета. Результаты датирования были откалиброваны с использованием программы OxCal 4.4 (Bronk Ramsey, 2020).

*Автор для переписки.

Адрес e-mail: d.tolstobrov@ksc.ru (Д.С. Толстобров)

Поступила: 03 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.



3. Результаты и их обсуждение

3.1. Литология донных отложений

Отбор керн проводился с глубины 7.30 м от поверхности льда в центральной части озера. Были вскрыты следующие осадки (описание снизу вверх):

1. 9.90-9.20 м – алеврит слоистый. Слоистость подчеркнута цветом. Мощность слоев от 0,2 до 1,5 см. Цвет слоев светло-коричневый, серо-зеленый, темно-коричневый и черный;
2. 9.20-8.62 м – алеврит неясно слоистый, неслоистый, зеленовато-коричневого цвета, переход в нижележащий интервал постепенный. Начиная с глубины 8.70 м увеличивается содержание органики, постепенно меняется цвет на тено-коричневый, появляется слоистость;
3. 8.62-8.56 м – алевритистая гиттия темно-коричневого до черного цвета, тонкослоистая, переход в нижележащий слой постепенный.
4. 8.56-8.48 м – гиттия неслоистая темно-коричневая, содержание минеральной части менее 5%;
5. 8.48-8.40 м – гиттия темно-коричневая до черного цвета. Отмечается некоторое нарушение в данном интервале (рыхлая, поломана), вероятно в результате отбора кернов. Минеральной части нет;
6. 8.40-7.30 м – гиттия темно-коричневая, монотонная, без минеральной части.

Для определения возраста отложений было отобрано три образца на радиоуглеродное датирование: №1 8,66-8,62 м (верх слоя 2), №2 8,62-8,56 м (слой 3), №3 8,56-8,51 м (низ слоя 4).

3.2. Диатомовый анализ и радиоуглеродное датирование

Датировка №1 (8,62-8,66 м) 6040 ± 120 кал. л.н., полученная из тонкослоистого алеврита, судя по анализу диатомовой флоры, отражает время накопления морских осадков. Здесь преобладают морские (16%) и солоноватоводные виды (67%). Наиболее обильны *Cocconeis scutellum* Ehr., *Paralia sulcata* (Ehr.) Kütz., *Chaetoceros* sp., *Grammatophora oceanica* Ehr., *Hyalodiscus scoticus* (Kütz.) Grun. и *Rhabdonema minutum* Kütz.

В вышележащей тонкослоистой алевритистой гиттии количество морских видов (полигалобов) снижается до 1.5%, мезогалобов увеличивается до 82%. Происходит небольшое увеличение содержание галофилов (5.5%) и индифферентов (3%). Соответственно, датировка № 2 из слоя 3 (8,56-8,62 м) 6090 ± 110 кал. л.н. показывает время начала изоляции озера от морского бассейна.

По данным диатомового анализа датировки № 3 из слоя 4 (8,51-8,56 м.) 5810 ± 110 кал. л.н., полученная из гиттии с минеральной частью, показывает временной интервал, когда рассматриваемое озеро находилось на заключительном этапе отделения от морского бассейна. Здесь по сравнению

с нижележащими осадками происходит значительное снижение морских и солоноватоводных видов в сумме до 19% в нижней части интервала, и уже до 1% - в верхней. Также уменьшается количество галофилов до 2-5% и увеличивается количество индифферентов и галофобов в сумме до 63-96%. Среди индифферентов преобладают *Aulacoseira subarctica* (O. Müll.) Haworth, *Aulacoseira valida* (Grun.) Kramm., *Discostella stelligera* (Cl. et Grun.) Houk et Klee, *Stauroforma exiguiiformis* (Lange-Bert.) Flower, Jones et Round, среди галофобов - *Tabellaria fenestrata* (Lyngb.) Kütz. и *T. flocculosa* (Roth) Kütz.

На основании диатомового анализа и радиоуглеродного датирования, можно сделать вывод, что озерная котловина была изолирована от морского бассейна примерно около 5800 лет назад. В ранее проведенных исследованиях в районе Чупа около 6300 лет назад отмечалось резкое (одномоментное) изменение уровня моря (Колька и др., 2015), которое отражено в одинаковых радиоуглеродных датировках осадков двух озер на отметках 33 и 40 м. Датировку № 3 из слоя 4 (8,51-8,56 м.) 5810 ± 110 кал. л.н. можно сопоставить с датировкой озера Чупа-3 (33.0 м) 6354 ± 39 (Колька и др., 2015), которая также отражает время изоляции озера от моря. Видно, что две озерные котловины, расположенные практически на одинаковых высотах, изолировались в разное время, разница во времени изоляции составляет около 500 лет. Данный факт может свидетельствовать как о дифференцированных движениях блоков земной поверхности в голоцене, так и о локальной активизации разлома в среднем голоцене в данном районе. При этом не стоит исключать возможности удревнения осадков озера Чупа-3 (33.0 м) (Колька и др., 2015) в результате привноса более древней органики ручьями. Если расположить результаты данного исследования озера на график перемещения береговой линии Белого моря в районе Чупа (Колька и др., 2015), то они соответствуют постепенной регрессии моря. В настоящее время нет возможности уверенно сказать о существовании или отсутствии блоковой тектоники на побережье Белого моря, необходимо продолжать исследования в данном направлении.

4. Заключение

В результате были получены литологические, хронологические и микропалеонтологические данные из донных отложений безымянного озера с абсолютной отметкой 34.0 м н.у.м. в районе пос. Чупа. Данные исследования показывают, что береговая линия моря находилась на отметке 34 м около 5800 лет назад. Отделение от моря двух озерных котловин, расположенных примерно на одинаковой высоте, в разное время, может указывать на сейсмическую активизацию в среднем голоцене.

Благодарности

Работа выполнена в Геологическом институте КНЦ РАН по теме НИР FMEZ-2024-0007.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

Колька В.В., Корсакова О.П., Шелехова Т.С. и др. 2014. Хронология и причины перемещения береговой линии Белого моря в голоцене по данным изучения донных отложений озер из района Кузема (северная Карелия). Известия русского географического общества 6: 14–26.

Колька В.В., Корсакова О.П., Шелехова Т.С. и др. 2013. Реконструкция относительного положения уровня Белого моря в голоцене на Карельском берегу (район пос. Энгозеро, северная Карелия). ДАН 449(5): 587–592.

Колька В.В., Корсакова О.П., Шелехова Т.С. и др. 2015. Восстановление относительного положения уровня

Белого моря в позднеледниковье и голоцене по данным литологического, диатомового анализов и радиоуглеродного датирования донных отложений малых озер в районе пос. Чупа (северная Карелия). Вестник МГТУ. Мурманск: МГТУ, 18(2): 255–268.

Корсакова О.П. 2022. Побережье Белого моря в пределах Фенноскандинавского кристаллического щита в неоплейстоцене и голоцене. Известия Российской академии наук. Серия географическая 86(6): 883–897. DOI: [10.31857/S258755662206005X](https://doi.org/10.31857/S258755662206005X)

Bronk Ramsey C. 2020. OxCal 4.4 [Online resource]. URL: <http://c14.arch.ox.ac.uk>. (request date: 10.04.2024)

Guiry M.D., Guiry G.M. 2022. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway, <http://www.algaebase.org>