

Characteristics of environmental conditions during the accumulation of lake bottom sediments in the Mustatunturi ridge area (Kola region)



Tolstobrova A.N.^{1*}, Tolstobrov D.S.¹, Shikhirina K.A.²

¹ Geological Institute of the Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences; 14, Fersman Str., 184209 Apatity, Russia

² Herzen State Pedagogical University, 48 Moika Embankment, St. Petersburg, 191186, Russia

ABSTRACT. A comprehensive study (lithological study, diatom analysis, radiocarbon dating, grain-size and loss on ignition (LOI) analyses) of bottom sediments of the lake located at altitude 31.2 m above sea level in the Mustatunturi ridge area (Kola region) was carried out. It has been established that the beginning of sedimentation in the lake basin occurred in the early Holocene under brackishwater conditions. The transition zone from marine to freshwater sediments were formed while the sea coastline has been retreating. Freshwater sediments were formed when the basin of the studied lake was disconnected from the sea.

Keywords: Diatoms, lake bottom sediments, granulometric analysis, Holocene, Kola region

For citation: Tolstobrova A.N., Tolstobrov D.S., Shikhirina K.A. Characteristics of environmental conditions during the accumulation of lake bottom sediments in the Mustatunturi ridge area (Kola region) // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - P. 779-784. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-779

1. Introduction

The study of lake bottom sediments on the Barents Sea coast of the Kola region was carried out as part of work to studies the sea-level change. Previously, such works was carried out in the areas of the Dalnie Zelentsy (Snyder et al., 1997), Nickel (Corner et al., 1999) and Polyarny (Corner et al., 2001), Teriberka (Kolka et al., 2023). This paper presents a new data on diatom analysis, geochronological and granulometric study of bottom sediments of a lake located at an altitude 31.2 m above sea level (a.s.l.) in the area of the Mustatunturi ridge.

2. Materials and methods

The materials were obtained during the field works in July 2021. The bottom sediment core was sampled with a peat corer; the thickness of the exposed bottom sediments was 180 cm. A lithological description, photographic documentation and sampling for various types of analyzes were carried out in the field. Determination of the age of sediments was carried out using samples of gyttja or silty gyttja at St. Petersburg State University according to standard methods (Arslanov, 1987). The resulting radiocarbon

dates were calibrated in OxCal 4.4.4 using the IntCal 20 calibration curve (Bronk Ramsey, 2020). The preparation of slides for diatom analysis was carried out according to standard methods (Diatomovyye..., 1974). The taxonomic identification of diatoms was refined according to the Algaebase database (Guiry and Guiry, 2022). Grain-size and LOI analyses was performed according to the standard methodology in the laboratory of Rational Environmental Management of the Department of Physical Geography and Environmental Management of the Faculty of Geography of Herzen University (Shikhirina et al., 2022).

3. Results and discussion

Three sedimentary facies were identified in the section of the bottom lake sediments at the fieldworks (Tolstobrov et al., 2023): facies I - marine sediments, represented by sand; facies II - transition zone from the sea to the lake, represented by sand with gyttja; facies III – freshwater lake sediments, which are represented by gyttja. The lithological description is shown in Figure 1.

Sediments of the marine facies are characterized by the lowest concentrations of diatoms (Fig. 1), which is typical for bottom lake sediments of the same genesis

*Corresponding author.

E-mail address: a.tolstobrova@ksc.ru (A.N. Tolstobrova)

Received: July 05, 2024; **Accepted:** August 19, 2024;

Available online: August 26, 2024

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



on the Barents Sea coast (Tolstobrova et al., 2022). Both marine and freshwater species were identified in sediments of the marine facies (Fig. 1). The dominant species are the marine planktonic-benthic species *Paralia sulcata* and the freshwater-brackish water periphythic species *Staurosira subsalina*, *Staurosira* sp. Probably, this layer was formed when the coastline of the sea was close to the threshold from the lake, and the lake basin was a part of sea bay.

Based on the results of particle size distribution and organic matter content, the marine sediment facies is characterized by the largest average particle diameter and the lowest percentage of organic matter.

According to diatom analysis, an increase in the concentration of diatoms, a significant decrease in the percentage of marine species, and an increase in freshwater species were noted in the sediments of the transition zone (Fig. 1). The dominant complex still contains freshwater-brackish water periphythic species *Staurosira subsalina*, *Staurosira* sp., together with *Staurosira binodis*, and the content of *Paralia sulcata* is only a few percent. According to the LOI analysis of there is a gradual increase in organic matter up the section.

Marine and brackish-water species of diatoms disappear and the concentration of diatoms increases in sediments of the freshwater facies. The highest con-

centrations were observed in the lower part of freshwater sediments. This is probably due to peak values of *Fragilaria* sensu lato species, which is quite often observed for sediments of transition zones. The species diversity of diatoms increases up the section, which is reflected in the replacement of fragiliariod species with other various taxa. Periphythic species *Achnantheidium minutissimum*, *A. pusillum*, *Encyonopsis descripta*, *Eunotia arcus*, *Tabellaria flocculosa* and benthic species *Brachysira neoexilis*, *Frustulia saxonica* were identified as dominants and subdominants. Planktonic species account for the first percentages, which indicates that the lake water depth did not change during the middle and late Holocene.

The average particle diameter decreases in the granulometric composition of sediments at the freshwater stage, which corresponds to a calmer hydrodynamic conditions in the lake basin. In addition, according to lithological data, three mineragenic layers were identified in the sediments of facies III. According to the results of diatom analysis, its stood out in reducing the concentration of diatom valves, which is shown in Figure 1. According to grain-size analysis and organic matter content, the upper layer clearly stands out in the range of 135-136 cm: the average diameter increased from 10 to 50 μm, the proportion of organic matter content decreased from 40 to ~5%. Above this layer,

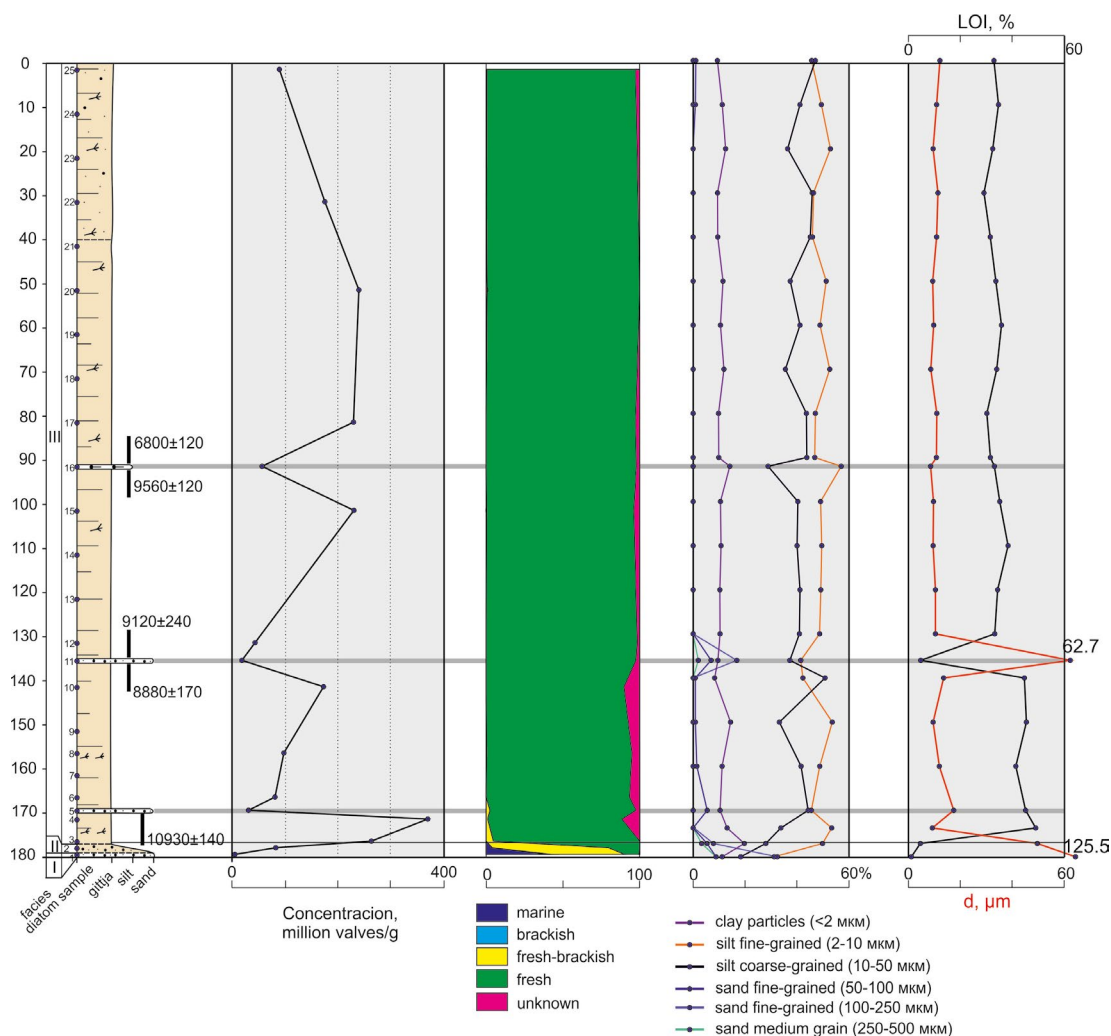


Fig.1. Results of a comprehensive study of bottom sediments of the lake located at altitude 31.2 m above sea level in the Mustatunturi ridge area (Kola region).

the content of organic matter decreased compared to the underlying sediments of the same facies, which, together with the gradually decreasing concentration of diatom valves, may indicate a decrease in the bio-productivity of the lake. Interlayers in the depth intervals of 169-170 cm and 91-92 cm, were reflected in a slight increase in particle size (Fig. 1) in addition to a decrease in the concentration of diatom valves.

4. Conclusion

The forming conditions of the bottom lake sediments in the Mustatunturi ridge area were reconstructed based on the new data obtained. It has been established that the beginning of sedimentation in the lake basin occurred in the early Holocene under brackishwater conditions. The transition zone from marine to freshwater sediments were formed while the sea coastline has been retreating. Freshwater sediments were formed when the basin of the studied lake was disconnected from the sea.

Acknowledgements

We are grateful to Nikolaeva S.B., Kostromina N.A., Pronina A.V., Korolev A.O., Komarov A.O., Staforkin A.A. for assistance in conducting field work. The work was carried out at the GI KSC RAS within the framework of the research topic FMEZ-2024-0007.

Conflict of Interest

The authors declare no conflicts of interest.

References

Arslanov H.A. 1987. Radiouglerod: geokhimiya i geokhronologiya [Radiocarbon: geochemistry and geochronology]. Leningrad: Leningrad University Ed (in Russian)

Corner G.D., Kolka V.V., Yevzerov V.Ya. et al. 2001. Postglacial relative sea-level change and stratigraphy of raised coastal basins on Kola Peninsula, northwest Russia. *Global and Planetary Change* 31: 153–175

Corner G.D., Yevzerov V.Ya., Kolka V.V. et al. 1999. Isolation basin stratigraphy and Holocene relative sea-level change at the Norwegian-Russian border north of Nikel, northwest Russia. *Boreas* 28(1): 146-166. DOI: [10.1111/j.1502-3885.1999.tb00211.x](https://doi.org/10.1111/j.1502-3885.1999.tb00211.x)

Diatomovyye vodorosli SSSR. Iskopayemyye i sovremennyye. Tom I [Diatoms of the USSR. Fossil and modern]. 1974. Vol. I. In: Proshkina-Lavrenko A.I. (Ed.). Leningrad: Nauka. (in Russian)

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

Kolka V.V., Tolstobrov D.S., Corner G.D. et al. 2023. Isolation basin stratigraphy and Holocene relative sea-level change on the Barents Sea coast at Teriberka, Kola Peninsula, northwestern Russia. *The Holocene* 33(9): 1060-1072. DOI: [10.1177/09596836231176489](https://doi.org/10.1177/09596836231176489)

Shikhirina K.A., Tolstobrov D.S., Tolstobrova A.N. 2022. Barents Sea coastline dynamics in the Holocene in the Kola region: grain-size and LOI analyses of lake sediments. *Limnology and Freshwater Biology* 4: 1583-1585.

Tolstobrov D.S., Tolstobrova A.N., Shikhirina K.A. 2023. Preliminary data on changes in the Barents Sea level in the area of the Mustatunturi Ridge, northwest of the Murmansk region. *Proceedings of the Fersman scientific session of the GI KSC RAS* 20: 211–217. DOI: [10.31241/FNS.2023.20.026](https://doi.org/10.31241/FNS.2023.20.026) (in Russian)

Tolstobrova A.N., Tolstobrov D.S., Korsakova O.P. 2022. The late-glacial — Holocene stratigraphy of bottom sediments from small isolated lakes in the Barents Sea coast (Kola region). *Vestnik of Geosciences* 6 (330): 26–37. DOI: [10.19110/geov.2022.6.3](https://doi.org/10.19110/geov.2022.6.3) (in Russian)

Snyder J.A., Forman S.L., Mode W.N. et al. 1997. Postglacial relative sea-level history: sediment and diatom records of emerged coastal lakes, north-central Kola Peninsula, Russia. *Boreas* 26: 329–346. DOI: [10.1111/j.1502-3885.1997.tb00859.x](https://doi.org/10.1111/j.1502-3885.1997.tb00859.x)

Bronk Ramsey C. 2024. OxCal 4.4 [Online resource]. URL: <http://c14.arch.ox.ac.uk> (request date: 14.01.2024)

Характеристика условий среды при накоплении донных отложений озера в районе хребта Мустатунтури (Кольский регион)

Краткое сообщение

LIMNOLOGY
FRESHWATER
BIOLOGYТолстоброва А.Н.^{1*}, Толстобров Д.С.¹, Шихирина К.А.²¹ГИ КНЦ РАН, 184209 Мурманская обл., г. Апатиты, ул. Ферсмана 14²РГПУ им. А.И. Герцена, 191186 Санкт-Петербург, наб. реки Мойки 48

АННОТАЦИЯ. Выполнено комплексное исследование (литологическое изучение, диатомовый анализ, радиоуглеродное датирование, гранулометрический анализ и анализ потерь при прокаливании (п.п.п.)) донных осадков безымянного озера с абсолютной отметкой 31.2 м над уровнем моря, расположенного в районе хребта Мустатунтури, Кольский регион. Установлено, что начало осадконакопления в котловине озера произошло в раннем голоцене при солонатоводных условиях. При последующем отступании береговой линии моря формировались переходные осадки от морских к пресноводным. После отсоединения котловины исследуемого озера от морского опресненного водоема, в ней стали формироваться пресноводные осадки.

Ключевые слова: диатомовые водоросли, донные отложения озёр, гранулометрический анализ, голоцен, Кольский регион

Для цитирования: Толстоброва А.Н., Толстобров Д.С., Шихирина К.А. Характеристика условий среды при накоплении донных отложений озера в районе хребта Мустатунтури (Кольский регион) // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - С. 779-784. DOI: [10.31951/2658-3518-2024-A-4-779](https://doi.org/10.31951/2658-3518-2024-A-4-779)

1. Введение

Изучение донных осадков озерных котловин на баренцевоморском побережье Кольского региона проводилось в рамках работ по изучению перемещения береговой линии моря. Ранее такие работы были выполнены в районах пос. Дальние Зеленцы (Snyder et al., 1997), г. Никель (Corner et al., 1999) и г. Полярный (Corner et al., 2001), пос. Териберка (Kolka et al., 2023). В данной работе представлены новые данные по диатомовому анализу, а также результаты геохронологического и гранулометрического изучения донных отложений озера, расположенного на абсолютной высоте 31.2 м над современным уровнем моря в районе хребта Мустатунтури.

2. Материалы и методы

Материалы были получены в ходе полевых работ в июле 2021 года. Керн донных осадков был отобран ручным буром, мощность керна составила 180 см. В полевых условиях были выполнены литологическое описание, фотодокументация и опробо-

вание на различные виды анализов. Определение возраста осадков выполнялось по образцам гиттии или алевритистой гиттии в Санкт-Петербургском государственном университете по стандартной методике (Арсланов, 1987). Полученные радиоуглеродные даты были откалиброваны в программе «OxCal 4.4.4» с использованием калибровочной кривой «IntCal 20» (Bronk Ramsey, 2020). Обработка проб на диатомовый анализ проводилась по стандартной методике (Диатомовые водоросли..., 1974). Таксономическая идентификация диатомовых водорослей уточнялась по базе данных Algaebase (Guiry and Guiry, 2022). Гранулометрический анализ и анализ потерь при прокаливании были выполнены в лаборатории рационального природопользования кафедры физической географии и природопользования на факультете географии Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена (Shikhirina et al., 2022).

3. Результаты и обсуждение

В разрезе изученной озерной котловины в полевых условиях были выделены три осадочные

*Автор для переписки.

Адрес e-mail: a.tolstobrova@ksc.ru (А.Н. Толстоброва)

Поступила: 05 июля 2024; Принята: 19 августа 2024;

Опубликована online: 26 августа 2024

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



фашии (Толстобров и др., 2023): *фашия I* - морские осадки, представленные песком, *фашия II*, представленная песком с гиттией, формирование её происходило в переходных условиях от моря к озеру, *фашия III* – осадки пресноводного озера, которые представлены гиттией. Литологическое описание показано на рисунке 1.

Осадки морской фашии характеризуются самыми низкими концентрациями диатомей (Рис. 1), что характерно для донных отложений озер такого же генезиса баренцевоморского побережья (Толстоброва и др., 2022). В осадках морской фашии выделены как морские, так и пресноводные виды (Рис. 1). В качестве доминантов выступают морской планктонно-бентосный вид *Paralia sulcata* и пресноводно-солонатоводные виды обрастаний *Stausosira subsalina*, *Stausosira* sp. Вероятно, данный горизонт осадков формировался, когда береговая линия моря была близка к порогу стока из озера, а котловина представляла собой опресненный залив моря.

По результатам гранулометрического состава и содержания органического вещества фашия морских осадков характеризуются наибольшим средним диаметром частиц и наименьшим процентным содержанием органического вещества.

По данным диатомового анализа в осадках переходной зоны отмечено увеличение concentra-

ции диатомей, значительное уменьшение процентного содержания морских и увеличение пресноводных видов (Рис. 1). В доминирующем комплексе по-прежнему остаются пресноводно-солонатоводные виды обрастаний *Stausosira subsalina*, *Stausosira* sp., к ним присоединяется *Stausosira binodis*, а содержание *Paralia sulcata* составляет лишь первые проценты. По данным радиоуглеродного датирования накопление осадков переходной фашии от морских к пресноводным относится к раннеголоценовому времени. Согласно анализу п.п.п. происходит постепенное увеличение органического вещества вверх по разрезу.

В осадках пресноводной фашии происходит исчезновение морских и солонатоводных видов диатомовых водорослей и увеличение концентрации диатомей. Самые высокие значения концентрации отмечены в нижней части пресноводных осадков. Вероятно, это связано с пиковыми значениями видов *Fragilaria sensu lato*, что довольно часто отмечается для осадков переходных зон. Вверх по разрезу происходит увеличение видового разнообразия диатомовых водорослей, что отражается в смене фрагилириодных видов на другие различные таксоны. В качестве доминантов и субдоминантов выделены виды обрастаний *Achnanthydium minutissimum*, *A. pusillum*, *Encyonopsis descripta*, *Eunotia arcus*, *Tabellaria flocculosa*, донные виды *Brachysira*

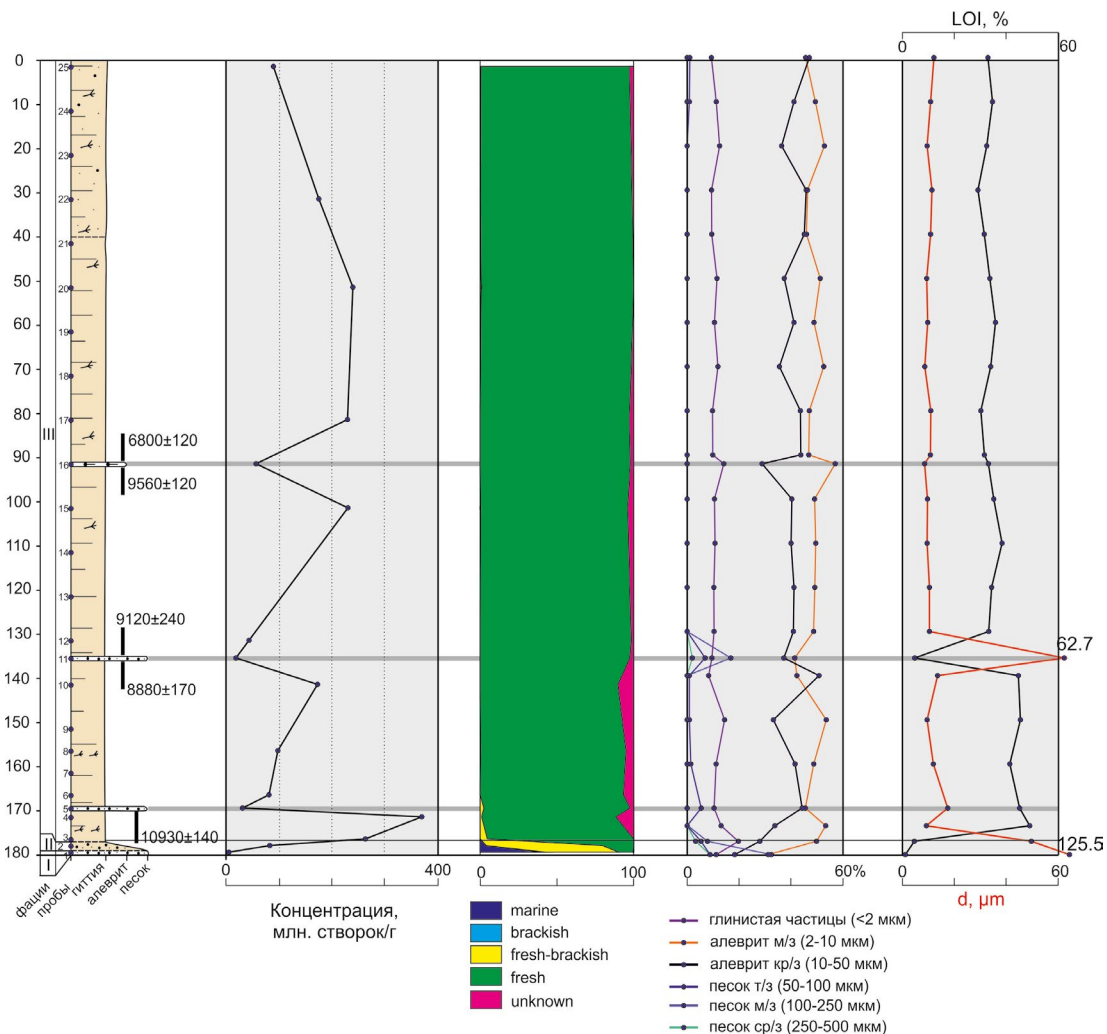


Рис.1. Результаты комплексного исследования донных отложений озера с абсолютной отметкой 31.2 м н.у.м. в районе хребта Мустунтури (Кольский регион).

neoxilis, *Frustulia saxonica*. Планктонные виды составляют первые проценты, что свидетельствует о том, что в течение среднего и позднего голоцена уровень водоёма практически не изменялся.

В гранулометрическом составе осадков пресноводной стадии происходит снижение значения среднего диаметра частиц, что соответствует более спокойному гидродинамическому режиму в водоёме. Кроме того, по литологическим данным в осадках фации III были выделены три минерогенных прослоя. По результатам диатомового анализа, они выделились в снижении концентрации диатомовых створок, что показано на рисунке 1. По гранулометрическому составу и содержанию органического вещества явно выделяется верхний прослой в интервале 135-136 см: средний диаметр увеличился с 10 до 50 мкм, доля содержания органического вещества снизилась с 40 до ~5 %. Выше этого прослоя содержание органического вещества снизилось по сравнению с нижележащими осадками этой же фации, что вместе с постепенно снижающейся концентрацией створок диатомовых водорослей может указывать на снижение биопродуктивности водоема. Прослой в интервалах глубин 169-170 см и 91-92 см помимо снижения концентрации створок диатомей нашли отражение в незначительном увеличении крупности частиц (Рис. 1).

4. Выводы

На основании полученных новых данных реконструированы условия формирования донных осадков озера в районе хребта Мустатунтури. Установлено, что начало осадконакопления соотносится с ранним голоценом, при этом в начале формирования отложений водоём был солоноватоводным. При последующем отступании береговой линии моря формировались переходные осадки от морских к пресноводным. После отсоединения котловины исследуемого озера от морского опресненного водоема, в ней стали формироваться пресноводные осадки.

Благодарности

Авторы благодарят Николаеву С.Б., Костромину Н.А., Пронину А.В., Королёву А.О., Комарова А.О., Стафоркина А.А. за помощь в проведении полевых работ. Работа выполнена в Геологическом институте КНЦ РАН по теме НИР FMEZ-2024-0007.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

- Арсланов Х.А. Радиоуглерод: геохимия и геохронология. 1987. Ленинград: Издательство Ленинградского университета.
- Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). Том I. 1974. Ленинград: Наука.
- Толстобров Д.С., Толстоброва А.Н., Шихирина К.А. 2023. Предварительные данные об изменении уровня Баренцева моря в районе хребта Мустатунтури, северо-запад Мурманской области. Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН 20: 211–217. DOI: [10.31241/FNS.2023.20.026](https://doi.org/10.31241/FNS.2023.20.026)
- Толстоброва А.Н., Корсакова О.П., Толстобров Д.С. 2022. Позднеледниково-голоценовая стратиграфия донных отложений из котловин малых изолированных озер Баренцевоморского побережья (Кольский регион). Вестник геонаук 6(330): 26-37. DOI: [10.19110/geov.2022.6.3](https://doi.org/10.19110/geov.2022.6.3)
- Bronk Ramsey C. 2024. OxCal 4.4 [Online resource]. URL: <http://c14.arch.ox.ac.uk> (request date: 14.01.2024).
- Corner G.D., Kolka V.V., Yevzerov V.Ya. et al. 2001. Postglacial relative sea-level change and stratigraphy of raised coastal basins on Kola Peninsula, northwest Russia. *Global and Planetary Change* 31: 153–175
- Corner G.D., Yevzerov V.Ya., Kolka V.V. et al. 1999. Isolation basin stratigraphy and Holocene relative sea-level change at the Norwegian-Russian border north of Nikel, northwest Russia. *Boreas* 28(1): 146-166. DOI: [10.1111/j.1502-3885.1999.tb00211.x](https://doi.org/10.1111/j.1502-3885.1999.tb00211.x)
- Guiry M.D., Guiry G.M. 2022. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway [Online resource]. URL: <http://www.algaebase.org>
- Kolka V.V., Tolstobrov D.S., Corner G.D. et al. 2023. Isolation basin stratigraphy and Holocene relative sea-level change on the Barents Sea coast at Teriberka, Kola Peninsula, northwestern Russia. *The Holocene* 33(9): 1060-1072. DOI: [10.1177/09596836231176489](https://doi.org/10.1177/09596836231176489)
- Shikhirina K.A., Tolstobrov D.S., Tolstobrova A.N. 2022. Barents Sea coastline dynamics in the Holocene in the Kola region: grain-size and LOI analyses of lake sediments. *Limnology and Freshwater Biology* 4: 1583-1585.
- Snyder J.A., Forman S.L., Mode W.N. et al. 1997. Postglacial relative sea-level history: sediment and diatom records of emerged coastal lakes, north-central Kola Peninsula, Russia. *Boreas* 26: 329–346. DOI: [10.1111/j.1502-3885.1997.tb00859.x](https://doi.org/10.1111/j.1502-3885.1997.tb00859.x)