

New data on Late Glacial diatoms of the SE Baltic region based on the results of studying the Kulikovo section



Rudinskaya A.I.^{1*}, Druzhinina O.A.², Filippova K.G.¹, Lazukova L.I.¹

¹Institute of Geography RAS, Staromonetny Lane 29b4, Moscow, 119017, Russia

²Herzen State Pedagogical University of Russia, River Moyka Emb., 48, Saint-Petersburg, 191186, Russia

ABSTRACT. The sediments of shallow basins formed along the coast of the Baltic glacial lake around 14,500-14,000 cal BP provide a valuable source of information for reconstructing environmental changes in the Bølling-Allerød. Radiocarbon dating and complex lithological and diatom analyzes were performed for the deposits of one of these paleo-reservoirs, exposed in the Kulikovo section (northern part of the Sambian Peninsula). Diatoms of the sediments formed 14,100 – 13,400 cal BP are mostly presented by benthic and epiphytic oligohalobic species. We compared the obtained data with existing ideas about the Late Glacial diatom flora for this region to identify general and local patterns of diatom communities formed at that time.

Keywords: diatom analysis, paleolimnology, palaeoenvironmental reconstructions, Late Glacial, Sambian Peninsula

For citation: Rudinskaya A.I., Druzhinina O.A., Filippova K.G., Lazukova L.I. New data on Late Glacial diatoms of the SE Baltic region based on the results of studying the Kulikovo section // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - P. 612-617. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-612

1. Introduction

SE Baltic region was covered with glaciers during the LGM (Mangerud et al., 2004). After the deglaciation started around 20,000–19,000 cal BP, the natural environment of this region considerably changed (Veski et al., 2015; Druzhinina et al., 2020). Climatic fluctuations in the Bølling-Allerød and the cooling in the Younger Dryas had a significant impact on the deglaciation process.

The Bølling–Allerød diatoms found in the sediments of large ancient lakes on the territory of modern Lithuania and in the bottom sediments of the Baltic Ice Lake (BIY), are studied in most detail. M.Kabailinė (1968; 2006) developed a regional stratigraphic scheme for the Late Glacial in Lithuania based on diatom data. As a result of studies of the last two decades on the territory of Lithuania (Gaigalas et al., 2008, Šeirienė et al., 2009; Stančikaitė et al., 2008; 2009; 2015) and the study of new sections in Poland and the Kaliningrad region (Witkowski et al., 2009; Druzhinina et al., 2015; 2020; Gałka et al., 2015; Słowinski et al., 2017; Zaretskaya et al., 2023) new data on Late Glacial diatoms were collected.

Fossil diatoms in the sediments of the mentioned sections demonstrates some asynchrony that indi-

cates different timing and force of aquatic ecosystems response to changes in natural conditions. Shallow reservoirs, in particular, the object of this study - the Kulikovo paleoreservoir, with a biota that was sensitive to short-term warming and cooling, as well as to changes in flow, depth and other factors, are the potential source of more detailed information about general and local trends in dynamics natural environment.

2. Materials and methods

The thickness of the sediments exposed in the Kulikovo section is 2 m. Sampling was carried out with the interval of 1-3 cm. To determine the absolute age of the sediments for the entire section (192-0 cm), a series of five radiocarbon dates was obtained. We built an age-depth model based on dating results using the rbacon 3.1.0 program. (Blaauw and Christen, 2011).

We performed a comprehensive lithological analysis – we measured the granulometric composition and magnetic susceptibility (MS) and calculated the content of organic matter and CaCO₃ by loss of ignition (LOI) method.

Diatom analysis was performed for 24 samples from the interval 142-191 cm. Slides were prepared according to the standard procedure (Battarbee et al.,

*Corresponding author.

E-mail address: rudinskaya94@gmail.com (A.I. Rudinskaya)

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.



2001). We add one lycopodium tablet to each sample (Batch 280521 291). The weight concentration of diatoms was calculated using the Battarbee (2001) formula.

3. Results and discussion

The results of radiocarbon dating indicate that the sediments of the studied interval of the Kulikovo section accumulated in the Middle Dryas and the first half of the Allerød, from approximately 14,100 to 13,400 cal BP. Diatoms are not represented in Middle Dryas deposits (14100-13900) - perhaps the conditions were unsuitable for their vegetation or conservation of valves.

The species composition of fossil diatom indicates a shallow depth and an average degree of mineralization at the stage of 13900–13870 cal BP. The palaeo-reservoir trophic status is quite difficult to restore due to the predominance of diatoms indifferent to the trophic status of the habitat. The dominant species *Pseudostaurosira brevistriata* is a pioneer species and indicates alkaline conditions and water rich in oxygen and dissolved calcium. This is also confirmed by the high content of carbonates in the sediment.

In sediments formed at the stage of 1870-1830 cal BP an extremely small number of diatom valves is observed. This does not allow us to make assumptions about the conditions of the palaeo-reservoir. The grain size of the deposits does not show significant differences from those formed earlier. There is a slight increase in the content of organic matter and a decrease in the content of carbonates in the sediment.

The species composition of diatoms indicates a shallow mesotrophic-eutrophic reservoir with low mineralization at the stage of 13830–13750 cal BP. The predominance of benthic species, a decrease in the content of epiphytic diatoms and an increase in the content of valves of oligohalobic halophilous species may indicate an increase in the flow of the paleo-reservoir. The results of a comprehensive lithological analysis are consistent with this assumption: the sediments are characterized by an increased content of the sand fraction and high values of the median particle size.

At the stage of 13750–13640 cal BP, diatoms indicate the shallow depth, eutrophic conditions and low to moderate salinity. Eutrophication of a reservoir may also be indicated by an increase in the content of organic matter in sediment. The predominant species of the genus *Gyrosigma* spp are distinguished by their large valve sizes and are able to live in flowing water. A possible increase in the flow of the reservoir is also indicated by lithological indicators - an increase in the content of the sand fraction, an increase of the median particle size and high MS values.

Diatoms indicates the conditions of a shallow eutrophic reservoir at the stage of 13,640–13,400 cal BP. The predominance of the epiphytic species *Staurosirella ovata* and *Pseudostaurosira brevistriata* may indicate calm hydrodynamic conditions favorable for the development of ribbon-like colonies (Zaretskaya et al., 2023) and a high calcium content in the water.

There is a slight increase in carbonate content (up to 30%) at this stage.

As in most of the considered palaeoreservoirs with a reconstructed shallow depth, mesotrophic and eutrophic fossil diatoms are widely represented in the sediments of the studied interval of the Kulikovo section. In contrast, oligotrophic species predominate in the in Allerød deposits in the lakes with greater depth. The diatom associations of the Kulikovo section, as well as all the considered paleoarchives, are characterized by a predominance of oligohalobic species. This may indicate low mineralization not only in moraine lakes, but also in other isolated or semi-isolated basins located along the coast of the BIL.

4. Conclusion

The significant changes in the fossil diatom species composition established for the Kulikovo section in less than a century indicate the highly dynamic regional and local natural conditions of the Late Glacial. At the same time, the identified stages are characterized by a very short duration, often comparable to the error of radiocarbon dating. This fact confirms the necessity of the most detailed sampling of sedimentary archives to understand the complexity of the processes that formed the natural environment at the end of the Late Pleistocene. At the same time, when constructing regional reconstructions, it is necessary to take into account the possible asynchrony of the development of biological indicators in reservoirs of different areas, depths, and flowability.

5. Acknowledgement

This research was funded by the Russian Science Foundation, project No 22-17-00113 “Crucial time periods and paleoclimatic events of the Late Pleistocene and Holocene and their role in the formation of natural and cultural landscapes of the southeastern Baltic”

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interest.

References

- Battarbee R.W., Jones V.J., Flower R.J. 2001. Diatoms. In: Smol J.P., Birks H.J-B., Last W.M. (Eds.) Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Terrestrial, Algal and Siliceous Indicators. Boston, pp.155–202.
- Blaauw M., Christen J.A. 2011. Flexible paleoclimate age-depth models using an autoregressive gamma process. *Bayesian Analysis* 6(3):457–474. DOI: [10.1214/ba/1339616472](https://doi.org/10.1214/ba/1339616472)
- Druzhinina O., Kublitskiy Y., Stančikaitė M. et al. 2020. A new approach based on chironomid, geochemical and isotopic data from Kamyshovoe Lake. *Boreas* 49 (33): 544–561. DOI:[10.1111/bor.12438](https://doi.org/10.1111/bor.12438)
- Druzhinina O., Subetto D., Stančikaitė M. et al. 2015. Sediment record from the Kamyshovoe Lake: history of vegetation during late Pleistocene and early Holocene (Kaliningrad District, Russia). *Baltica* 28 (2):121–134.

- Gaigalas A., Vaikutienė G., Vainorius J. et al. 2008. Development of Lake Rėkyva and its environment in Late Pleistocene and Holocene. *Geologija*: 1 (61): 28–36.
- Gałka M., Tobolski K., Bubak I. 2015. Late Glacial and Early Holocene lake level fluctuations in NE Poland tracked by macro-fossil, pollen and diatom records. *Quaternary International* 388: 23–38. DOI:[10.1016/j.quaint.2014.03.009](https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.03.009)
- Kabailinė M. 1968. Lake and marine diatoms in the Holocene on the territory of Lithuania. In: *Fossil diatoms of the USSR*. Moscow, pp.102-107. (in Russian)
- Kabailinė M. 2006. Late Glacial and Holocene stratigraphy of Lithuania based on pollen and diatom data. *Geologija* 54: 42–48.
- Mangerud J., Jakobsson M., Alexanderson H. et al. 2004. Ice-dammed lakes and rerouting of the drainage of Northern Eurasia during the Last Glaciation. *Quaternary Science Reviews* 23 (11-12): 1313–1332. DOI:[10.1016/j.quascirev.2003.12.009](https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2003.12.009)
- Šeirienė V., Kabailienė M., Kasperovičienė J. et al. 2009. Reconstruction of postglacial palaeoenvironmental changes in eastern Lithuania: Evidence from lacustrine sediment data. *Quaternary International* 207: 58–68. DOI:[10.1016/j.quaint.2008.12.005](https://doi.org/10.1016/j.quaint.2008.12.005)
- Słowinski M., Zawiska I., Ott F. et al. 2017. Differential proxy responses to late Allerød and early Younger Dryas climatic change recorded in varved sediments of the Trzechowskie palaeolake in Northern Poland. *Quaternary Science Reviews* 158: 94-106. DOI:[10.1016/j.quascirev.2017.01.005](https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2017.01.005)
- Stančikaitė M., Kisielienė D., Moeb D. et al. 2009. Lateglacial and early Holocene environmental changes in northeastern Lithuania. *Quaternary International* 207: 80–92. DOI:[10.1016/j.quaint.2008.10.009](https://doi.org/10.1016/j.quaint.2008.10.009)
- Stančikaitė M., Šeirienė V., Kisielienė D. et al. 2015. Lateglacial and early Holocene environmental dynamics in northern Lithuania: A multi-proxy record from Ginkūnai Lake. *Quaternary International* 357: 44-57. DOI:[10.1016/j.quaint.2014.08.036](https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.08.036)
- Stančikaitė M., Šinkūnas P., Šeirienė V. et al. 2008. Patterns and chronology of the Lateglacial environmental development at Pamerkiai and Kašučiai, Lithuania. *Quaternary Science Reviews* 27: 127–147 DOI:[10.1016/j.quascirev.2007.01.014](https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2007.01.014)
- Veski S., Seppä H., Stančikaitė M. et al. 2015. Quantitative summer and winter temperature reconstructions from pollen and chironomid data between 15 and 8 ka BP in the Baltic-Belarus area. *Quaternary International* 388: 4–11. DOI:[10.1016/j.quaint.2014.10.059](https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.10.059)
- Witkowski A., Cedro B., Kierzek A. et al. 2009. Diatoms as a proxy in reconstructing the Holocene environmental changes in the south-western Baltic Sea: the lower Rega River Valley sedimentary record. *Hydrobiologia* 631: 155–172. DOI: [10.1007/s10750-009-9808-7](https://doi.org/10.1007/s10750-009-9808-7)
- Zaretskaya N.E., Ludikova A.V., Kuzhetsov D.D., Lugovoy N.N., Uspenskaya O.N., Frolov P.D. 2023. Late Glacial palaeoenvironment and development of proglacial lakes on the northern coast of the Sambian (Kaliningrad) Peninsula. *Geomorfologiya i Paleogeografiya* [Geomorphology and Palaeogeography] 54(4): 7-25. DOI: [10.31857/S2949178923040163](https://doi.org/10.31857/S2949178923040163) (in Russian)

Новые данные о позднеледниковых диатомовых комплексах ЮВ Прибалтики по результатам изучения разреза Куликово

Краткое сообщение

LIMNOLOGY
FRESHWATER
BIOLOGYРудинская А.И.^{1*}, Дружинина О.А.², Филиппова К.Г.¹, Лазукова Л.И.¹¹Институт географии РАН, Старомонетный пер., 29/4, Москва, 119017, Россия²РГПУ им. А. И. Герцена, Набережная р. Мойки, 48, Санкт-Петербург, 191186, Россия

АННОТАЦИЯ. Отложения мелководных бассейнов, сформировавшихся на суше вдоль побережья Балтийского ледникового озера около 14500-14000 календарных лет назад, служат ценным источником информации для реконструкции изменений природной среды в бёллинг-аллерёдском интерстадиале. Для отложений одного из таких палеоводоемов, вскрытых в разрезе Куликово (северная часть Самбийского полуострова), было выполнено радиоуглеродное датирование, комплексный литологический и диатомовый анализы. В результате изучения отложений, охватывающих временной интервал 14100 – 13400 календарных лет назад, установлено, что в составе диатомовых ассоциаций преобладают бентосные виды и обрастатели, относящиеся к группе олигогалобных индифферентов. Полученные данные о диатомовых сообществах были сопоставлены с существующими представлениями о диатомовой флоре позднеледниковья для этого региона, что позволило выявить общие и локальные закономерности формировавшихся в это время диатомовых комплексах.

Ключевые слова: диатомовый анализ, палеолимнология, палеогеографические реконструкции, позднеледниковье, Самбийский полуостров

Для цитирования: Рудинская А.И., Дружинина О.А., Филиппова К.Г., Лазукова Л.И. Новые данные о позднеледниковых диатомовых комплексах ЮВ Прибалтики по результатам изучения разреза Куликово // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - С. 612-617. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-612

1. Введение

Юго-восточная часть Прибалтики относится к районам, покрытым ледниками в период максимума валдайского оледенения (Mangerud et al., 2004). С началом дегляциации около 20000–19000 кал.л.н. природная среда этого региона претерпела значительные изменения (Veski et al., 2015; Druzhinina et al., 2020). Климатические колебания бёллинг-аллерёдского интерстадиала и похолодание позднего дриаса оказывали значительное влияние на процесс дегляциации.

Наиболее подробно охарактеризованы диатомовые комплексы бёллинг – аллерёда, обнаруженные в отложениях крупных древних озер на территории современной Литвы и в донных отложениях Балтийского ледникового озера. М. Кабайлене была разработана региональная стратиграфическая схема позднеледникового этапа развития этой территории, в которой выделены три диатомовые зоны (Кабайлене, 1968; 2002; Kabailiné, 2006). В

результате исследований двух последних десятилетий на территории Литвы (Gaigalas et al., 2008, Šeiriene et al., 2009; Stančikaitė et al., 2008; 2009; 2015) и изучения новых разрезов на территории Польши и Калининградской области (Witkowski et al., 2009; Druzhinina et al., 2015; 2020; Gałka et al., 2015; Słowinski et al., 2017; Зарецкая и др., 2023) появились новые данные о позднеледниковых диатомовых ассоциациях.

Динамика видового состава диатомовых ассоциаций в отложениях упомянутых внутриматериковых палеоводоемов демонстрирует некоторую асинхронность, что свидетельствует о разном времени и степени отклика водных экосистем на изменение природных условий. Водоемы с небольшой глубиной, в частности, объект настоящего исследования – палеоводоем Куликово, с биотой, чутко реагирующей на кратковременные потепления и похолодания, а также на изменение проточности, глубины и других факторов, потенциально являются источ-

*Автор для переписки.

Адрес e-mail: rudinskaya94@gmail.com (А.И. Рудинская)

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.



никами более детальной информации об общих и локальных трендах в динамике природной среды.

2. Материалы и методы

Мощность отложений, вскрывающихся в разрезе Куликово, составляет 2 м. Отбор проб проводился с шагом 1-3 см. Для определения абсолютного возраста отложений для всего разреза (192-0 см) получена серия из пяти радиоуглеродных дат. По результатам датирования с использованием программы gbascon 3.1.0. (Blaauw and Christen, 2011). была построена модель роста отложений.

Для реконструкции условий осадконакопления выполнен комплексный литологический анализ – определен гранулометрический состав отложений, рассчитано содержание органического вещества и CaCO_3 , измерена удельная магнитная восприимчивость.

Диатомовый анализ был выполнен для 24 образцов из интервала 142-191 см. Препараты для диатомового анализа приготовлены по стандартной методике (Battarbee et al., 2001). Для последующего расчета концентрации створок в каждый образец была добавлена таблетка ликоподиума Batch 280521 291. Расчет весовой концентрации диатомей производился по формуле (Battarbee et al., 2001).

3. Результаты и их обсуждение

Судя по результатам радиоуглеродного датирования, отложения изученного интервала разреза Куликово накапливались в среднем дриасе и первой половине аллерёда, примерно с 14100 по 13400 кал.л.н. В отложениях среднего дриаса (14100-13900 кал.л.н.) диатомей не представлено – возможно, условия были неподходящими для их вегетации либо сохранения створок.

Судя по видовому составу диатомовых ассоциаций, на этапе 13900–13870 кал.л.н. изучаемый палеоводоем характеризовался небольшой глубиной и средней степенью минерализации, его трофический статус восстановить достаточно сложно из-за преобладания диатомей, индифферентных к трофическому статусу местообитания. Резко преобладающий вид *Pseudostaurosira brevistriata* относится к пионерным и указывает на щелочные условия и воду, богатую кислородом и растворенным кальцием. Это же подтверждается высоким содержанием карбонатов в осадке.

На этапе 1870-1830 кал.л.н. наблюдается крайне незначительное число створок диатомей, не позволяющее выдвигать предположения об условиях исследуемого палеоводоема. Гранулометрический состав отложений не демонстрирует значительных различий со сформированными ранее. Отмечается некоторый рост содержания органического вещества и снижение содержания карбонатов в осадке.

На этапе 13830–13750 кал.л.н. видовой состав диатомовых ассоциаций указывает на условия неглубокого мезотрофно-эвтрофного водоема с низкой минерализацией. Преобладание бентосных

видов, снижение содержание обрастателей и рост содержания створок олигогалобных галофильных видов может указывать на увеличение проточности палеоводоема. С этим предположением согласуются результаты комплексного литологического анализа – отложения характеризуются повышенным содержанием песчаной фракции, высокими значениями медианного размера частиц.

Судя по видовому составу диатомовых ассоциаций, на этапе 13750–13640 кал.л.н. изучаемый палеоводоем характеризовался небольшой глубиной и эвтрофными условиями и минерализацией от низкой до средней. На эвтрофикацию водоема может также указывает рост содержания органического вещества в осадке. Преобладающие виды рода *Gyrosigma* spp отличаются крупным размером створок и способны обитать в текучей воде. На возможное увеличение проточности водоема также указывают литологические индикаторы терригенного сноса - рост содержания песчаной фракции в отложениях и увеличение медианного размера частиц и удельной магнитной восприимчивости осадка.

На этапе 13640–13400 кал.л.н. видовой состав диатомовых ассоциаций указывает на условия неглубокого эвтрофного водоема. Резкое преобладание обрастателей *Staurosirella ovata* и *Pseudostaurosira brevistriata* может указывать на спокойные гидродинамические условия, благоприятные для развития характерных для этих видов лентовидных колоний (Зарецкая и др., 2023), и высокое содержание кальция в воде. В донных отложениях отмечается некоторое увеличение содержания карбонатов (до 30%).

Как и в большинстве рассмотренных палеоводоемов с реконструируемой небольшой глубиной, в отложениях изученного интервала разреза Куликово заметна роль мезотрофных и эвтрофных диатомей, в отличие от водоемов с большей глубиной, в которых преобладают олиготрофные виды. Для диатомовых ассоциаций исследуемого разреза, как и для всех рассмотренных палеоархивов, характерно преобладание олигогалобных видов. Это может указывать на низкую минерализацию не только в моренных озерах, но и в других изолированных или полуизолированных бассейнах, расположенных по побережью БЛО.

4. Заключение

Установленные для разреза Куликово значимые изменения видового состава диатомовых ассоциаций в сроки менее чем за столетие указывают на высокую динамичность региональных и локальных природных условий позднеледниковья. В то же время выделенные этапы характеризуются очень небольшой продолжительностью, зачастую сопоставимой с погрешностью радиоуглеродного датирования. Этот факт подтверждает необходимость максимально детального опробования седиментационных архивов для понимания всей сложности процессов, формировавших природную среду в финале плейстоцена. При этом при построении региональных реконструкций необходимо учитывать возможную

асинхронность развития биологических индикаторов в водоемах разной площади, глубины, степени проточности.

Благодарности

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-17-00113 «Критические рубежи и палеоклиматические события позднего плейстоцена и голоцена и их роль в формировании природно-культурных ландшафтов юго-восточной Прибалтики».

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

Зарецкая Н.Е., Лудикова А.В., Кузнецов Д.Д., Луговой Н.Н., Успенская О.Н., Фролов П.Д. 2023. Природные обстановки позднеледниковья и развитие приледниковых водоемов на северном побережье Самбийского (Калининградского) полуострова. Геоморфология и палеогеография 54 (4): 7-25. DOI: [10.31857/S2949178923040163](https://doi.org/10.31857/S2949178923040163)

Кабайлене М. 1968. Озерные и морские диатомеи в голоцене на территории Литвы. В кн. Ископаемые диатомовые водоросли СССР. М., С.102-107.

Battarbee R.W., Jones V.J., Flower R.J. 2001. Diatoms. In: Smol J.P., Birks H.J-B., Last W.M. (Eds.) Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Terrestrial, Algal and Siliceous Indicators. Boston, pp.155–202.

Blaauw M., Christen J.A. 2011. Flexible paleoclimate age-depth models using an autoregressive gamma process. Bayesian Analysis 6(3):457–474. DOI: [10.1214/ba/1339616472](https://doi.org/10.1214/ba/1339616472)

Druzhinina O., Kublitskiy Yu., Stančikaitė M. et al. 2020. A new approach based on chironomid, geochemical and isotopic data from Kamyshovoe Lake. Boreas 49 (33): 544–561. DOI:[10.1111/bor.12438](https://doi.org/10.1111/bor.12438)

Druzhinina O., Subetto D., Stančikaitė M. et al. 2015. Sediment record from the Kamyshovoe Lake: history of vegetation during late Pleistocene and early Holocene (Kaliningrad District, Russia). Baltica 28 (2):121–134.

Gaigalas A., Vaikutienė G., Vainorius J. et al. 2008.

Development of Lake Rėkyva and its environment in Late Pleistocene and Holocene. Geologija: 1 (61): 28–36.

Gałka M., Tobolski K., Bubak I. 2015. Late Glacial and Early Holocene lake level fluctuations in NE Poland tracked by macro-fossil, pollen and diatom records. Quaternary International 388: 23 – 38. DOI:[10.1016/j.quaint.2014.03.009](https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.03.009)

Kabailinė M. 2006. Late Glacial and Holocene stratigraphy of Lithuania based on pollen and diatom data. Geologija 54: 42–48.

Mangerud J., Jakobsson M., Alexanderson H. et al. 2004. Ice-dammed lakes and rerouting of the drainage of Northern Eurasia during the Last Glaciation. Quaternary Science Reviews 23 (11-12): 1313–1332. DOI:[10.1016/j.quascirev.2003.12.009](https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2003.12.009)

Šeirienė V., Kabailienė M., Kasperovičienė J. et al. 2009. Reconstruction of postglacial palaeoenvironmental changes in eastern Lithuania: Evidence from lacustrine sediment data. Quaternary International 207: 58–68. DOI:[10.1016/j.quaint.2008.12.005](https://doi.org/10.1016/j.quaint.2008.12.005)

Słowinski M., Zawiska I., Ott F. et al. 2017. Differential proxy responses to late Allerød and early Younger Dryas climatic change recorded in varved sediments of the Trzechowskie palaeolake in Northern Poland. Quaternary Science Reviews 158: 94-106. DOI:[10.1016/j.quascirev.2017.01.005](https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2017.01.005)

Stančikaitė M., Kisielienė D., Moeb D. et al. 2009. Lateglacial and early Holocene environmental changes in northeastern Lithuania. Quaternary International 207: 80–92. DOI:[10.1016/j.quaint.2008.10.009](https://doi.org/10.1016/j.quaint.2008.10.009)

Stančikaitė M., Šeirienė V., Kisielienė D. et al. 2015. Lateglacial and early Holocene environmental dynamics in northern Lithuania: A multi-proxy record from Ginkūnai Lake. Quaternary International 357: 44-57. DOI:[10.1016/j.quaint.2014.08.036](https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.08.036)

Stančikaitė M., Šinkūnas P., Šeirienė V. et al. 2008. Patterns and chronology of the Lateglacial environmental development at Pamerkiai and Kašučiai, Lithuania Quaternary Science Reviews 27: 127–147 DOI:[10.1016/j.quascirev.2007.01.014](https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2007.01.014)

Veski S., Seppä H., Stančikaitė M. et al. 2015. Quantitative summer and winter temperature reconstructions from pollen and chironomid data between 15 and 8 ka BP in the Baltic-Belarus area. Quaternary International 388: 4–11. DOI:[10.1016/j.quaint.2014.10.059](https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.10.059)

Witkowski A., Cedro B., Kierzek A. et al. 2009. Diatoms as a proxy in reconstructing the Holocene environmental changes in the south-western Baltic Sea: the lower Rega River Valley sedimentary record. Hydrobiologia 631: 155–172. DOI: [10.1007/s10750-009-9808-7](https://doi.org/10.1007/s10750-009-9808-7)