

# Palynology of Lake Motykino in the Holocene (Vologda region, Northwestern part of European Russia)



Kamygina A.V.<sup>1,2\*</sup>, Yershova E.G.<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Moscow State University named after Lomonosov, Kolmogorova Str., 1, Moscow, 119991, Russia

<sup>2</sup> Cherepovets State University, Lunacharsky Ave., 5, Cherepovets, 162600, Russia

<sup>3</sup> University of Wisconsin-Madison, 161 Bascom Hall 500 Lincoln Drive Madison, WI 53706, USA

**ABSTRACT.** This work is dedicated to studying the dynamics of vegetation and natural-climatic conditions in the Mologo-Sheksninskaya lowland in the north of the East European Plain during the Holocene. Lake Motykino, located in the Darwin Nature Biosphere Reserve, was chosen as the research object due to its unique location and preservation of relic lake deposits. Radiocarbon dating and pollen analysis were conducted. The research results are presented in the form of a lithological description of the sediment column, stratigraphic analysis, and a pollen diagram divided into five local pollen zones, reflecting the succession of plant communities from periglacial landscapes in the Late Glacial to the formation of boreal forests in the Holocene. Analysis of pollen spectra allowed for the identification of key periods in the vegetation history of the region, from 13,300 cal BP to 400 cal BP, and to track changes in vegetation composition and peat formation processes.

**Keywords:** vegetation dynamics, Holocene, pollen analysis, North-Western Russia, Eastern Europe

**For citation:** Kamygina A.V., Yershova E.G. Palynology of Lake Motykino in the Holocene (Vologda region, Northwestern part of European Russia) // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - P. 340-345. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-340

## 1. Introduction

The Mologo-Sheksninskaya lowland (MSL) holds significant importance for studying and reconstructing the dynamics of vegetation and climatic conditions during the Late Glacial period and the Holocene (Sadokov et al., 2022). However, to date, the chronology of changes in the central part of the MSL, as well as the formation of glacial deposits in this region, remain insufficiently studied (Sapelko and Sadokov, 2022). Therefore, this area represents a great interest for further research in this direction.

Lake Motykino (N 58.550895°, E 37.613226°) is located in the north of the East European Plain (Vologda region) at an altitude of 104 m above sea level. It is situated in the boreal climatic zone of the East European taiga. The lake has an area of 0.023 km<sup>2</sup> and an average depth of 3 m, making it one of the small relic lakes that have been preserved since the deglaciation of the last glaciation cover (Sadokov et al., 2022). The vegetation is dominated by spruce and pine forests with the presence of deciduous species. Among the main tree species are *Picea abies* (L.) H.Karst, *Pinus sylvestris* L.,

*Betula pendula* Roth, *Betula pubescens* Ehrh., and *Populus tremula* L. Additionally, species such as *Alnus incana* (L.), *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., and various species of the genus *Salix* can be found here. The lake is located within the protected natural area of the Darwin Nature Biosphere Reserve, where more than 80% of the territory is covered by sphagnum upland bogs and marshy forests, with around two dozen small lakes located on the marshy plains (Kuznetsov et al., 2006). The vegetation within the bog is dominated by *Pinus sylvestris* L. and heath shrubs, with the participation of the *Carex* genus. The nearest modern settlement (the village of Borok) is located 4 km away from the lake. It should be noted that Lake Motykino has not been studied from a paleoecological perspective before.

## 2. Materials and Methods

Lake sediment cores were extracted in March 2022 using a Russian corer (with a diameter of 5 cm and a sampling length of 1 m) from the ice surface. The total thickness of the recovered sediments was 236 cm (three cores). Lithological descriptions and photo-

\*Corresponding author.

E-mail address: [camygina@yandex.ru](mailto:camygina@yandex.ru) (A.V. Kamygina)

**Received:** June 01, 2024; **Accepted:** July 02, 2024;

**Available online:** August 26, 2024

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



graphic documentation of the cores were carried out immediately after their extraction. The chronology is based on 5 dates obtained at the AMS laboratory of A.E. Lalonde at the University of Ottawa. Additionally, a sediment accumulation rate model was created in OxCal (Reimer et al., 2020), which showed that sedimentation occurred uniformly at an average rate of approximately 55 years/cm. This model allowed for the determination of temporal intervals for the identified pollen zones.

### 3. Results and Discussion

In field conditions, 236 cm of sediment was collected and described. The lower part of the core (236-189 cm) consisted of weakly mineralized sapropelic peat of medium decomposition degree. From a depth of 220 cm to 190 cm, rhythmic color layering was observed, distinguished based on differences in density, botanical composition, and mineralization. After a thin layer from 190-189 cm, represented by greenish organogenic aleuropelit, the sediments up to their upper boundary (189-0 cm) consisted of viscous, loosely compacted silts with a large amount of plant macroremains. The underlying rocks were not penetrated.

Based on stratigraphic cluster analysis (CONISS), the pollen diagram (Figure 1) was divided into 5 local pollen zones (LPAZs 1-5).

LPZ 1 (13,300-11,500 cal BP): The spectra significantly differ from other zones in the column and are characterized by the predominance of Poaceae pollen, including > 40 μm, *Artemisia* sp., and *Amaranthaceae*. The first half of the zone is marked by a rapid increase in *Picea* sp. pollen. The obtained spectra reflect the periglacial vegetation of the late Pleistocene - tundra-steppe and gradually forming spruce forests.

LPZ 2 (11,500-8,200 cal BP): The spectra are characterized by the predominance of *Betula* sp. pollen. The proportion of *Picea* sp. pollen rapidly decreases, while the amount of *Pinus* sp. pollen increases. The proportion of Poaceae decreases. *Nymphaea* sp. pollen appears, and the proportion of Cyperaceae increases, indicating the beginning of the infilling of an open water body. The composition of the spectra reflects the formation of boreal forests dominated by pine and birch in the early Holocene.

LPZ 3 (8,200-5,500 cal BP): The spectra are characterized by a significant increase in the proportion of *Alnus* sp., *Quercus* sp., *Ulmus* sp., and *Tilia* sp. The amount of *Betula* sp. pollen decreases. The appearance of the indicator of peat formation, *Sphagnum* sp., is observed. The spectra reflect the Holocene climatic optimum, during which the southern taiga with a noticeable presence of broad-leaved species was formed.

LPZ 4 (5,500-2,500 cal BP): The presence of all woody taxa in the spectra fluctuates within the zone. The amount of *Betula* sp. pollen continues to decrease, but the proportion of *Pinus* sp. and *Picea* sp. increases. There is a gradual increase in the number of *Sphagnum* spores. The spectra reflect an increase in coniferous species in the forests against a backdrop of gradual cooling.

LPZ 5 (2,500-400 cal BP): An increase in *Pinus* sp., *Artemisia* sp., and Poaceae pollen, including large pollen grains (> 40 μm), correlates with a decrease in the proportion of broad-leaved tree pollen and *Picea* sp. throughout the zone. The number of *Sphagnum* spores continues to rise. The spectra indicate the formation of modern sub-boreal spruce forests, with the appearance of anthropogenic indicators suggesting human exploitation of the area.

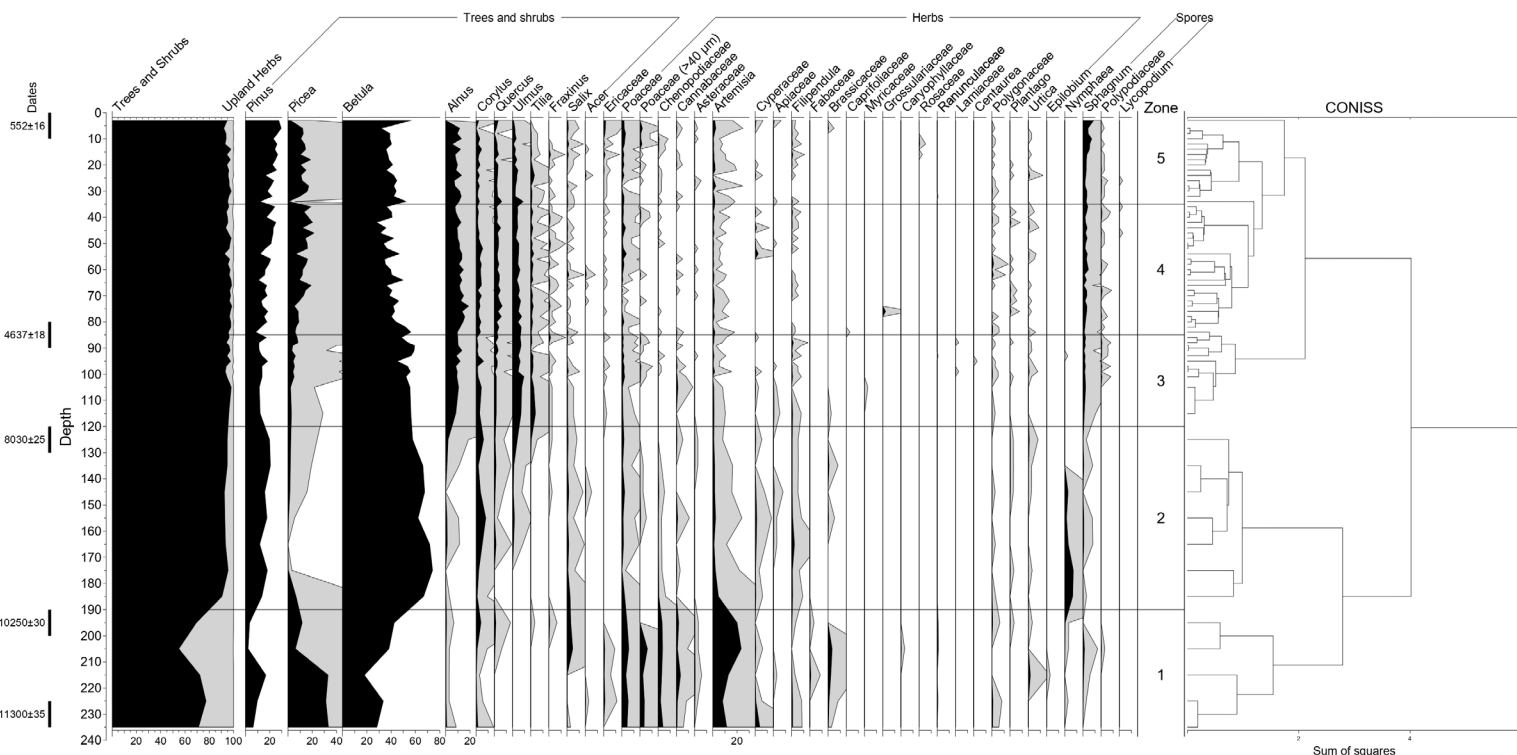


Fig.1. Pollen diagram of Lake Motyokino sediments (Vologda region).

## 4. Conclusions

Analysis of the sediments of Lake Motykino, including lithological description, radiocarbon dating, spore-pollen analysis, and assessment of sedimentation rate and uniformity, allowed to identify 5 local pollen zones reflecting the main stages of vegetation development, and to reconstruct the history of vegetation dynamics in the region over the past 13,300 years: from tundra-steppe periglacial landscapes of the late Pleistocene to modern boreal forests of the Holocene.

The results of the study make a significant contribution to understanding the history of past ecosystem development in the Mologo-Sheksninskaya lowland and provide a basis for further research on changes in natural conditions in the region.

## Acknowledgements

The research was conducted within the framework of the Russian Science Foundation project 19-14-00102 and the research program in the Darwin Reserve No. 122061700062-1. The authors express their gratitude to Ph.D. D.O. Sadokov.

## Conflict of Interest

The author(s) declare no potential conflict of interest.

## References

Kuznetsov A.V., Zelenetsky N.M., Rybnikova I.A. et al. 2006. Essay on the natural conditions of the Darwin Reserve. Proceedings of the Darwin State Nature Reserve: 5-21.

Sapelko T.V., Sadokov D.O. 2022. Palynology of lakes in the Mologo-Sheksninskaya lowland. Current issues in modern palynology: Materials of the XV All-Russian Palynological Conference: 316-320.

Sadokov D.O., Sapelko T.V., Fedorov G.B. 2022. Late-Glacial and Early Holocene history of Lake Khotavets (Mologa-Sheksna Lowland, NW Russia): a geodiversity conservation case study. *Limnology and Freshwater Biology*: 1562-1564. DOI: [10.31951/2658-3518-2022-A-4-1562](https://doi.org/10.31951/2658-3518-2022-A-4-1562)

Reimer P., Austin W., Bard E. et al. 2020. The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal kBP). *Radiocarbon*.

# Палинология озера Мотыкино в голоцене (Вологодская область, Северо-Запад европейской части России)

Краткое сообщение

LIMNOLOGY  
FRESHWATER  
BIOLOGYКамыгина А.В.<sup>1,2\*</sup>, Ершова Е.Г.<sup>1,3</sup><sup>1</sup> ФГБОУ ВО Московский государственный университет им. Ломоносова, ул. Колмогорова, 1, Москва, 119991, Россия<sup>2</sup> ФГБОУ ВО Череповецкий государственный университет, пр. Луначарского, 5, Череповец, 162600, Россия<sup>3</sup> University of Wisconsin-Madison, 161 Bascom Hall 500 Lincoln Drive Madison, WI 53706, USA

**АННОТАЦИЯ.** Данная работа посвящена изучению динамики растительности и природно-климатических условий в Молого-Шекснинской низменности на севере Восточно-Европейской равнины в голоцене. Озеро Мотыкино, расположенное в Дарвинском природном биосферном заповеднике, было выбрано в качестве объекта исследования из-за его уникального расположения и сохранности реликтовых озерных отложений. Были получены радиоуглеродные датировки и проведен спорово-пыльцевой анализ. Результаты исследования представлены в виде литологического описания колонки отложений, стратиграфического анализа и пыльцевой диаграммы, разделенной на пять локальных пыльцевых зон, отражающей смену растительных сообществ от перигляциальных ландшафтов в позднеледниковье до формирования бореальных лесов в голоцене. Анализ пыльцевых спектров позволил выделить ключевые периоды в истории растительности региона, начиная с 13300 л.н. и до 400 л.н., и отследить изменения в составе растительности и процесс заболачивания.

**Ключевые слова:** динамика растительности, голоцен, пыльцевой анализ, Северо-Запад России, Восточная Европа

Для цитирования: Камыгина А.В., Ершова Е.Г. Палинология озера Мотыкино в голоцене (Вологодская область, Северо-Запад европейской части России) // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - С. 340-345. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-340

## 1. Введение

Молого-Шекснинская низменность (МШН) занимает важное положение для изучения и реконструкции динамики растительности и природно-климатических условий позднеледникового периода и голоцена (Sadokov et al., 2022). Однако, до сих пор хронология изменений в центральной части МШН, а также вопрос формирования ледниковых отложений в этом регионе, остаются недостаточно изученными (Сапелко и Садоков, 2022). Таким образом, данная территория представляет большой интерес для дальнейших исследований в этом направлении.

Озеро Мотыкино (N 58.550895°, E 37.613226°) расположено на севере Восточно-Европейской равнины на высоте 104 м н.у.м. (Вологодская область), находится в бореальной климатической зоне восточноевропейской тайги. Площадь озера составляет 0,023 км<sup>2</sup>, а его средняя глубина – 3 м, оно относится к малым реликтовым озерам, сохранившимся

со времени дегляциации последнего покровного оледенения (Sadokov et al., 2022). В растительном покрове преобладают еловые и сосновые леса, с участием лиственных пород. Среди основных древесных пород можно выделить *Picea abies* (L.) H.Karst, *Pinus sylvestris* L., *Betula pendula* Roth, *Betula pubescens* Ehrh. и *Populus tremula* L. Также здесь встречаются такие виды как *Alnus incana* (L.), *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. и различные виды из рода *Salix*.

Озеро расположено на особо охраняемой природной территории – Дарвинский природный биосферный заповедник, более 80% территории которого занимают сфагновые верховые болота и заболоченные леса, а на заболоченных равнинах расположено около двух десятков небольших озер (Кузнецов и др., 2006). В растительном покрове в пределах болота преобладают *Pinus sylvestris* L. и *Ericaceae*, с участием рода *Carex*. Ближайшее современное поселение (поселок Борок) находится в 4 км от озера.

\*Автор для переписки.

Адрес e-mail: [camygina@yandex.ru](mailto:camygina@yandex.ru) (А.В. Камыгина)

Поступила: 01 июня 2024; Принята: 02 июля 2024;

Опубликована online: 26 августа 2024

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



Следует отметить, что озеро Мотыкино ранее не было изучено с палеоэкологической точки зрения.

## 2. Материалы и методы

Керны озерных отложений были извлечены в марте 2022 года полуцилиндрическим русским буром (диаметр 5 см, длина пробоотборника 1 м) с поверхности льда льда. Суммарная мощность вскрытых отложений составила 236 см (три керна). Литологическое описание и фотодокументация кернов были осуществлены непосредственно после их извлечения.

Хронология основана на 5 датах, полученных в AMS лаборатории А.Э. Лалонда в Оттавском университете. Осадконакопление было равномерным. Средняя скорость осадконакопления составляет примерно 55 лет/см.

## 3. Результаты и обсуждение

В полевых условиях было собрано и описано 236 см отложений. Нижняя часть керна (236-189 см) была представлена слабо минерализованным сапропелевидным торфом средней степени разложения. Начиная с глубины 220 см и до 190 см наблюдается ритмичная цветовая слоистость, выделенная на основе различий в плотности, ботаническом составе и минерализации. После маломощного слоя 190-189 см, представленного зеленоватым органомным алевропелитом, осадки до своей верхней границы (189-0 см) представлены вязкими слабоплотными илами с большим количеством растительных макроостатков. Подстилающие породы не были захвачены.

На основе стратиграфического кластерного анализа (CONISS) пыльцевая диаграмма (Рис. 1) была разделена на 5 локальных зон скопления пыли (LPZs 1-5).

LPZ 1 (13300-11500 лет назад) Спектры значительно отличаются от других зон в колонке и характеризуются преобладанием пыли *Poaceae*, в том числе  $>40 \mu\text{m}$ , *Artemisia* sp. и *Chenopodiaceae*. Первая половина зоны характеризуется быстрым увеличением численности *Picea* sp.

LPZ 2 (11500-8200 лет назад). Спектры характеризуются преобладанием пыли *Betula* sp. Быстро уменьшается доля *Picea* sp., но растет количество пыли *Pinus* sp. Доля трав сокращается. Появляется пыльца *Nymphaea* sp. и растет доля *Suregadae*, что может свидетельствовать о наличии вблизи открытого водоёма.

LPZ 3 (8200-5500 лет назад). Спектры характеризуются значительным возрастанием доли *Alnus* sp., *Quercus* sp., *Ulmus* sp. и *Tilia* sp. Уменьшается количество пыли *Betula* sp. Появляется индикатор заболачивания *Sphagnum* sp.

LPZ 4 (5500-2500 лет назад). Присутствие всех древесных таксонов в спектрах колеблется внутри зоны. Продолжает снижаться количество пыли *Betula* sp., но растет доля *Pinus* sp. и *Picea* sp. Наблюдается постепенный рост числа спор *Sphagnum* sp.

LPZ 5 (2500-400 лет назад). Увеличение содержания пыли *Pinus* sp., *Artemisia* sp. и *Poaceae*, в том числе  $>40 \mu\text{m}$ , коррелирует со снижением доли пыли широколиственных деревьев и *Picea* sp. на протяжении всей зоны. Количество спор *Sphagnum* sp. продолжает расти.

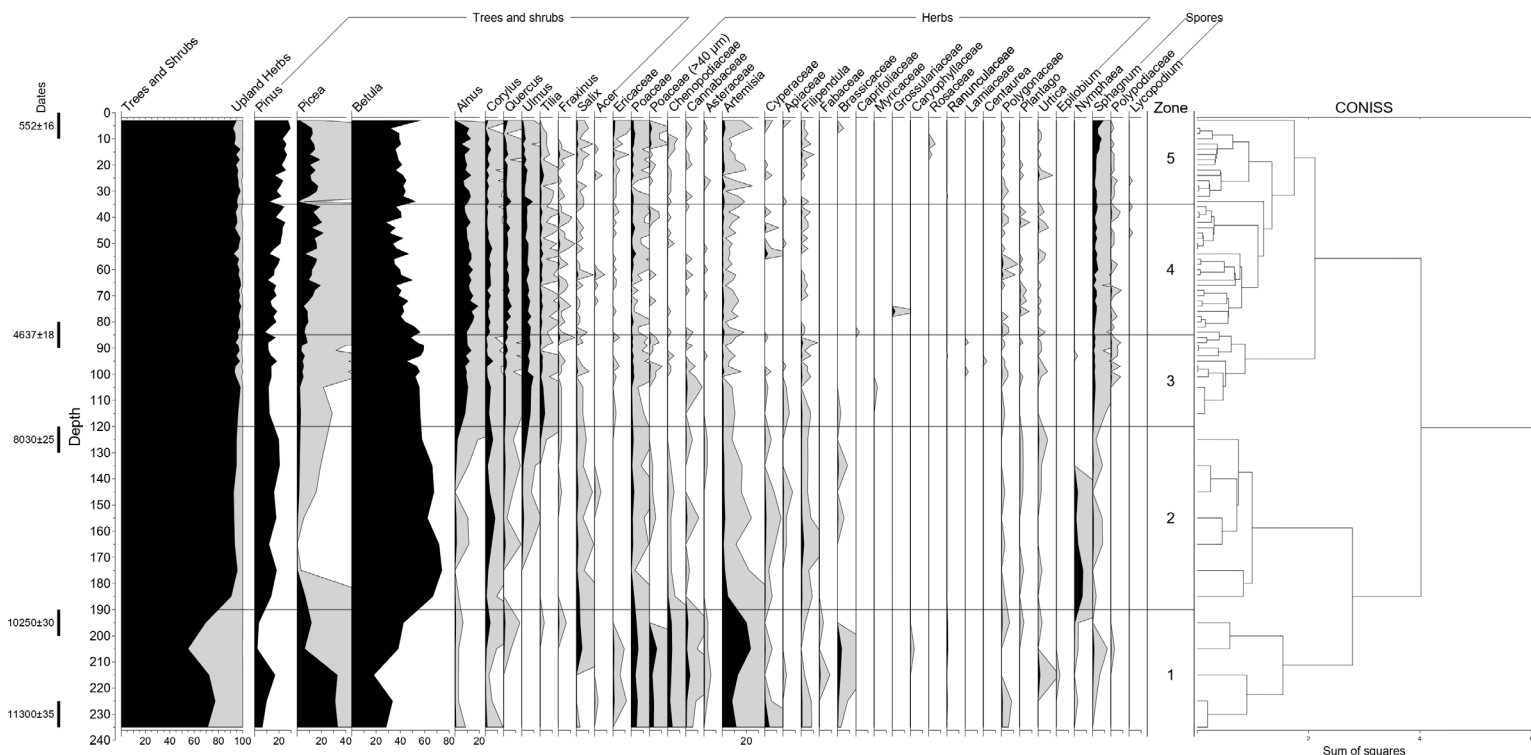


Рис.1. Диаграмма процентного содержания пыли в донных отложениях озера Мотыкино (Вологодская область).

#### 4. Выводы

Анализ отложений озера Мотыкино, включающий литологическое описание, радиоуглеродное датирование, спорово-пыльцевой анализ и оценку скорости и равномерности осадконакопления позволил выделить 5 локальных пыльцевых зон, отражающих основные этапы развития растительности, и реконструировать историю динамики растительности региона за последние 13300 лет: от тундро-степных перигляциальных ландшафтов позднего плейстоцена до современных голоценовых бореальных лесов.

Результаты исследования вносят важный вклад в понимание истории развития экосистем прошлого на территории Молого-Шекснинской низменности и создают основу для дальнейшего изучения изменений природных условий в регионе.

#### Благодарности

Исследование выполнялось в рамках проекта РНФ 19-14-00102 и программы НИР в Дарвинском заповеднике № 122061700062-1. Авторы выражают благодарность к.г.-м.н. Д.О. Садокову.

#### Конфликт интересов

Автор(ы) не сообщают о потенциальном конфликте интересов.

#### Список литературы

Кузнецов А.В., Зеленецкий Н.М., Рыбникова И.А. и др. 2006. Очерк природных условий Дарвинского заповедника. Труды Дарвинского государственного природного заповедника. С. 5-21.

Сапелко Т.В., Садоков Д.О. 2022. Палинология озер Молого-Шекснинской низменности. Актуальные проблемы современной палинологии: Материалы XV Всероссийской палинологической конференции. Под ред. Н. С. Болиховской. Москва, С. 316-320.

Sadokov D.O., Sapelko T.V., Fedorov G.B. 2022. Late-Glacial and Early Holocene history of Lake Khotavets (Mologa-Sheksna Lowland, NW Russia): a geodiversity conservation case study *Limnology and Freshwater Biology* 4: 1562-1564. DOI:[10.31951/2658-3518-2022-A-4-1562](https://doi.org/10.31951/2658-3518-2022-A-4-1562)