

Lake sedimentation conditions in the lower part Seyda River (north of Komi Republic, Russia) according to palynological and diatom data

Short communication

LIMNOLOGY
FRESHWATER
BIOLOGY

Golubeva Yu.V.* , Marchenko-Vagapova T.I.

Institute of Geology named N.P. Yushkin, Federal Research Center «Komi Scientific Center of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences», Pervomayskaya Str., 54, Syktyvkar, 167982, Russia

ABSTRACT. The aim of the study is to investigate sedimentation processes during the Late Glacial and Holocene in the eastern Bolshezemelskaya Tundra. The coastal outcrop SD-5, 16 m high, in the lower reaches of the Seyda River (Komi Republic) was studied. Analytical methods included palynological and diatom analysis, and ^{14}C dating. When characterizing the stages of sediment formation, algae *Pediastrum*, Desmidiaceae, and other non-pollen palynomorphs were also identified. The lithological structure of the outcrop and the results obtained made it possible to trace the transformations of the periglacial paleo-reservoir and the four main stages of sedimentation associated with them. The banded clay at its base was deposited in a periglacial lake under periglacial conditions. The overlying layer of interbedded sands accumulated as a result of the descent of the periglacial paleo-reservoir. The peat exposed in the roof of the section was initially formed ($12125 \pm 49 - 8719 \pm 44$ ^{14}C BP) in a cold deep-water lake that arose in place of a periglacial reservoir. The vegetation cover consisted of yernik and wormwood-chenopodium thickets. Later (up to ~ 4500 ^{14}C BP) the shallows were overgrown with wetland plants. The improvement of the climate contributed to the advance of birch and later (7705 ± 43 ^{14}C BP) spruce forests. Then, starting from ~ 4500 ^{14}C BP, the swamp massif drained and froze, and modern plant communities developed.

Keywords: Bolshezemelskaya tundra, late glacial, Holocene, pollen and non-pollen palynomorphs, diatoms

For citation: Golubeva Yu.V., Marchenko-Vagapova T.I. Lake sedimentation conditions in the middle Seyda River (north of Komi Republic, Russia) according to palynological and diatom data // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - P. 368-373. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-368

1. Introduction

Interest in paleogeographic studies within the Bolshezemelskaya Tundra is determined by the very wide distribution of periglacial paleobasins. Thus, large lakes that formed during the retreat of the Valdai glaciers and continued to exist in the Holocene were confined to the Kolvinskaya, Kosyu-Rogovskaya and Lemvinskaya depressions. In the middle reaches of the Usa River, ribbon clays were deposited in lake basins (Kvasov, 1975). The data of palynological and diatom analyses of such objects make it possible to reconstruct the processes of sedimentation during the transition from the late Neopleistocene to the Holocene and the Holocene. The results of analyses of periglacial lake formations on the Kola Peninsula (Tolstobrova et al., 2023), Karelia (Shelekhova, 1995) and in the Northern Dvina basin (Zaretskaya et al., 2023) have been published. The distribution features of *Pediastrum* algae

in sediments were noted by L.V. Filimonova (2014) during reconstructions of bog development in Karelia and V. Yankovska (2008) in the Urals. V.A. Isakov reconstructed the configuration of the periglacial basin in the Seyda Valley, formed during the degradation of the Valdai glaciation, using the ArcticDem digital relief model. According to it, the marginal part of the paleo-reservoir was exposed in the outcrop we studied (Isakov, 2023).

2. Materials and methods

The studies were in the coastal outcrop SD-5 ($67^{\circ}18'03.83''\text{N}$, $62^{\circ}53'05.66''\text{E}$) in the lower reaches of the Seyda River (Vorkuta District of the Komi Republic). Diatom and palynological analyses were performed with a sampling step of 10 cm from varved clay and 5 cm from peat. Microscopy of pollen preparations also

*Corresponding author.

E-mail address: vygolubeva@geo.komisc.ru (Yu.V. Golubeva)

Received: June 12, 2024; **Accepted:** June 28, 2024;

Available online: August 26, 2024

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



identified the algae *Pediastrum*, Desmidiaceae and other non-pollen palynomorphs. Radiocarbon dating of six samples was carried out at the IG RAS (Moscow) and NSU (Novosibirsk).

3. Results and discussion

At the base of the section lies a 9-meter thick layer composed of frozen gray with a bluish tint, banded clay with interlayers 1-4 mm thick. It is observed from the water's edge, but its upper part was accessible for sampling. Higher up the section is a 4-meter-thick sand pack overlain by 3-meter-thick peat. Micropaleontological remains were identified in 20 banded clay samples and 24 peat samples. They were not found in the sandy layer separating them. Four stages of sedimentation were identified based on the composition of pollen spectra and diatom complexes in combination with the features of the lithological structure of sediments.

3.1. Sedimentation in a proglacial lake

Band clay: 1100-940 cm. The spore-pollen complex is dominated by pollen of dwarf birches (up to 80%), wormwood (up to 77%) and goosefoot (up to 33%). The presence of numerous microparticles of coal, fragments and single valves of diatoms *Parallia sulcata*, other centric algae, spicules, silicoflagellates with a large proportion of pre-Quaternary pollen (up to 87%) is due to their transportation by the ice sheet. Earlier, similar composition of palynomorphs from band clays, indicating severe climatic conditions, were identified by M.P. Grichuk and V.P. Grichuk (1960), T.I. Smirnova (1966), L.B. Lavrova et al. (2011) and others.

Higher in the section (940-910 cm) the sediments contain a silt component, and among the micropaleontological remains only single specimens of spores, pollen and testate amoebae of the freshwater species *Diffugia schurmanii* and *Cucurbitella dentata* were found.

A member of alternating gray and dark gray fine-grained sands (910-300 cm) probably accumulated during a sharp decrease in the level of the periglacial reservoir and belongs to the coastal lake facies. The descent of the periglacial basins in the Pechora basin occurred as a result of the retreat of the Valdai glaciers. According to D.D. Kvasov (1975), the large lakes of the Bolshezemelskaya tundra, with the exception of Nizhne-Pechora Lake, received runoff to the south and southeast, since in the north this was blocked by a glacier.

3.2. Isolated lake that formed in the site of a proglacial lake

The beginning of peat formation is dated to 12125 ± 49 ^{14}C BP (AMS, GV 04522). In its lower part (300-205 cm), the content and diversity of pollen increases. At the same time, in most samples attributed to this stage of sedimentation, pollen of dwarf birch (up to 53%), wormwood (up to 29%) and goosefoot (up to 12%) still dominates. Only in two spectra (210-205 cm), reflecting the final stage of the lake existence

(8719 ± 44 ^{14}C BP, AMS, GV 04523), the proportion of tree birch pollen increases (28-56%) and the proportion of xerophilic grass pollen sharply decreases. Noteworthy is the appearance of *Pediastrum* algae, typical of reservoirs with transparent water, among the non-pollen palynomorphs. The cryophile *Pediastrum integrum* predominates among them. *P. boryanum* var. *boryanum* and *P. var. rugulosum*, which prefer higher summer temperatures, were also found. Similar complexes of *Pediastrum* algae were found by L.V. Filimonova in the sediments of a periglacial paleolake in the Tolvojarvi Nature Reserve in Karelia (2014). The presence of desmid algae *Cosmarium* in the algal flora and an increase in their proportion up to 10% higher in the section indicate the development of swampy areas in the vicinity of the lake. The species diversity and abundance of freshwater diatoms, mainly benthic forms, significantly increase. The presence of valves of *Denticulatenius* var. *crassula*, *Diatoma hiemale* var. *mesodon*, *Didymosphenia geminate*, *Eucoconeis flexella*, *P. lata* indicates the conditions of a shallow oligotrophic reservoir with cold, clear, oxygen-rich and nutrient-poor water.

3.3. Lake swamping

The final stage of sedimentation is identified in peat sediments in the 205-0 cm interval. Pollen spectra are characterized by a decrease in the participation of dwarf birch pollen (5-25%) due to an increase in the amount of tree pollen: first, woody birch (8-45%) and later, spruce (3-14%). An increase in the proportion of aquatic herbaceous plants (*Typha latifolia*, *Potamogeton*, *Menyanthes trifoliata*) and desmid algae (*Cosmarium* up to 19%, single *Euastrum* and *Staurastrum*) in the 205-175 cm interval reflects the overgrowing of the lake. This is supported by a decrease in the number and diversity of diatoms, as well as the disappearance of *Pediastrum* algae. In the sediments of the roof of the section (~ 5000 ^{14}C years BP to the present, 65-0 cm), the palynomorphs are dominated by *Betula nana* (26%), Vacciniaceae (16%) and Ericales (27%); algal flora was not found.

4. Conclusions

The lithological structure of the outcrop allows us to correlate the formation of the exposed varved clay deposits at its base in the conditions of a periglacial lake. The composition of the spore-pollen spectrum indicates a periglacial environment with a predominance of wormwood-chenopodium and yernik thickets in the vegetation cover. The overlying sandy layer in the depth range of 910-300 cm probably accumulated during the reduction of the area occupied by the periglacial basin. In the time range of $12125 \pm 49 - 8719 \pm 44$ ^{14}C BP, sedimentation occurred in a lake formed in the place of a periglacial lake. This is evidenced by the finds of *Pediastrum* algae in peat samples and the abundance of freshwater diatoms, typical of reservoirs with transparent water. The presence of *P. boryanum* var. *boryanum* and *P. duplex* var. *rugulo-*

sum among them records the warming of the lake water and the increase in summer temperatures. The vegetation cover of the adjacent territory consisted of birch and alder shrub thickets and wormwood-chenopodium associations. Later, up to ~ 4500 ^{14}C BP, sediments accumulated in the conditions of a shallow freshwater swampy reservoir, as indicated by a significant reduction in the species diversity and number of diatom specimens, the disappearance of pediatrum algae, and, on the contrary, a slight increase in the proportion of desmid algae, which prefer an oxidizing environment. Improvement of climatic conditions ~ 9000 ^{14}C BP contributed to the spread of birch and later (7705 ± 43 ^{14}C BP) spruce forests. Then, from ~ 4500 ^{14}C BP, the swamp was drained and modern plant communities of permafrost peat massifs from lingonberry-heather and dwarf birch thickets developed, which was facilitated by gradual climate cooling.

5. Acknowledgments

During the research was used the equipment of the Geoscience Center of the Institute of Geology of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. The work was carried out with the financial support of the Russian Science Foundation. Project No. 23-27-00281.

Conflict of Interest

The authors declare no conflicts of interest.

References

- Filimonova L.V. 2014. History of vegetation in the late glacial and Holocene on the territory of the Tolvoyarvi nature reserve (Karelia). Proceedings of the Karelian Scientific Center 2: 3-13. (In Russian)
- Isakov V.A. 2023. Geological and geomorphological zoning of the Seyda River basin based on the ArcticDEM digital elevation model. Herald of Geosciences 10 (346): 42-50. (In Russian)
- Jankovska V., Andreev A.A., Panova N.K. 2008. Holocene environmental history on the eastern slope of the Polar Ural Mountains, Russia. Boreas 35(4): 650-661. DOI:[10.1111/j.1502-3885.2006.tb01171.x](https://doi.org/10.1111/j.1502-3885.2006.tb01171.x)
- Kvasov D.D. 1975. Late Quaternary history of large lakes and inland seas of Eastern Europe. Leningrad: Nauka. (In Russian)
- Lavrova N.B., Kolka V.V., Korsakova O.P. 2011. Some features of the palynospectra of bottom sediments of small lakes in the northern part of the Belomorskaya lowland. Geology and Useful Fossils of Karelia 14: 197-202. (In Russian)
- Shelekhova T.S. 1995. Diatom flora of Holocene sediments of small lakes in North-West Karelia. Ecology and geography of diatoms [materials of the school on diatoms] 6: 73-74. (In Russian)
- Tolstobrova A.N., Tolstobrov D.S., Korsakova O.P. 2023. Conditions of formation of lake sediments in the Voronya River valley (Kola Peninsula) according to diatom analysis. Proceedings of the Fersman Scientific Session 20: 218-221. (In Russian)
- Zaretskaya N., Utkina A., Baranov D. et al. 2023. Limited extension of the MIS 2 proglacial lake in the Severnaya Dvina valley, south-eastern margin of the last Scandinavian Ice Sheet. Journal of Quaternary Science: 1-20. DOI:[10.1002/jqs.3570](https://doi.org/10.1002/jqs.3570)

Условия озерного осадконакопления в низовье р. Сейды (север Республики Коми, Россия) по данным палинологического и диатомового анализов

Краткое сообщение

LIMNOLOGY
FRESHWATER
BIOLOGY

Голубева Ю.В.*, Марченко-Вагапова Т.И.

Институт геологии, Федеральный исследовательский центр «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук», Первомайская ул., 54, Сыктывкар, 167982, Россия

АННОТАЦИЯ. Целью исследования является изучение процессов седиментации на протяжении позднеледниковья и голоцена на востоке Большеземельской тундры. Изучено береговое обнажение СД-5 высотой 16 м в низовье р. Сейды (Республика Коми). Аналитические методы включали палинологический и диатомовый анализы, датирование по ^{14}C . При характеристике этапов формирования осадков также идентифицировались водоросли *Pediastrum*, *Desmidiaceae* и другие непыльцевые палиноморфы. Литологическое строение обнажения и полученные результаты позволили проследить трансформации приледникового палеоводоёма и четыре связанные с ними основные этапы седиментации. Ленточная глина в его основании осаждалась в приледниковом озере в перигляциальных условиях. Вышезалегающая пачка переслаивания песков накапливалась в результате спуска приледникового палеоводоёма. Вскрытый в кровле разреза торф образовывался сначала ($12125 \pm 49 - 8719 \pm 44$ ^{14}C л.н.) в холодном глубоководном озере, возникшем на месте приледникового водоёма. Растительный покров состоял из ерниковых и полынно-маревых ассоциаций. Далее (до ~ 4500 ^{14}C л.н.) мелководья зарастали водно-болотными растениями. Улучшение климата способствовало продвижению березовых и позднее (7705 ± 43 ^{14}C л.н.) еловых лесов. Затем с ~ 4500 ^{14}C л.н. происходило осушение и промерзание болотного массива, развитие современных растительных сообществ.

Ключевые слова: Большеземельская тундра, позднеледниковье, голоцен, пыльцевые и непыльцевые палиноморфы, диатомеи

Для цитирования: Голубева Ю.В., Марченко-Вагапова Т.И. Условия озерного осадконакопления в низовье р. Сейды (север Республики Коми, Россия) по данным палинологического и диатомового анализов // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - С. 368-373. DOI: [10.31951/2658-3518-2024-A-4-368](https://doi.org/10.31951/2658-3518-2024-A-4-368)

1. Введение

Интерес к палеогеографическим исследованиям в пределах Большеземельской тундры определяется весьма широким распространением приледниковых палеобассейнов. Так, крупные озера, образовавшиеся при отступании валдайских ледников и продолжавшие существовать в голоцене, были приурочены к Колвинской, Косью-Роговской и Лемвинской депрессиям. В среднем течении р. Усы в озерных котловинах отлагались ленточные глины (Квасов, 1975). Данные палинологического и диатомового анализов подобных объектов позволяют воссоздавать процессы осадконакопления при переходе от позднего неоплейстоцена к голоцену

и в голоцене. Опубликованы результаты анализов образований приледниковых озер на Кольском полуострове (Толстоброва и др., 2023), Карелии (Шелехова, 1995) и в бассейне Северной Двины (Zaretskaya et al., 2023). На особенности распределения в осадках водорослей педиаструм обращают внимание Л.В. Филимонова (2014) при реконструкциях развития болот в Карелии и В. Янковска (2008) на Урале.

В.А. Исаковым с помощью цифровой модели рельефа ArcticDem реконструирована конфигурация приледникового бассейна в долине Сейды, образованного при деградации валдайского оледенения. Согласно ей, в изученном нами обнажении вскрыта краевая часть палеоводоёма (Исаков, 2023).

*Автор для переписки.

Адрес e-mail: ygolubeva@geo.komisc.ru (Ю.В. Голубева)

Поступила: 12 июня 2024; Принята: 28 июня 2024;

Опубликована online: 26 августа 2024

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



2. Материалы и методы

Исследования проводились в береговом обнажении СД-5 (67°18'03,83"с.ш., 62°53'05,66"в.д.) в низовье р. Сейды (Воркутинский район Республики Коми). Диатомовый и палинологический анализы выполнены с шагом опробования 10 см из ленточной глины и 5 см – из торфа. При микроскопировании пыльцевых препаратов также идентифицировались водоросли *Pediastrum*, *Desmidiaceae* и другие непыльцевые палиноморфы. Проведено радиоуглеродное датирование шести образцов в ИГ РАН (г. Москва) и НГУ (г. Новосибирск).

3. Результаты и их обсуждение

В основании разреза залегает 9-метровая толща, сложенная мерзлой серой с сизым оттенком ленточной глиной с прослоями толщиной 1-4 мм. Она наблюдается от уреза воды, но доступной для опробования оказалась ее верхняя часть. Выше по разрезу расположена пачка песков мощностью 4 м, перекрываемая торфом мощностью 3 м. Микропалеонтологические остатки определены в 20 образцах из ленточной глины и 24 образцах торфа. В разделяющей их песчаной толще они обнаружены не были. По составу пыльцевых спектров и комплексов диатомовых водорослей в совокупности с особенностями литологического строения осадков выделены четыре этапа осадконакопления.

3.1. Осадконакопление в условиях приледникового озера

Ленточная глина: 1100-940 см. В спорово-пыльцевом комплексе преобладает пыльца карликовых берез (до 80 %), полыни (до 77 %) и маревых (до 33 %). Присутствие множества микрочастиц угля, обломков и единичных створок диатомей *Parallia sulcata*, других центральных водорослей, спикул, силикофлагеллат при большой доле дочетвертичной пыльцы (до 87 %) обусловлено их транспортировкой ледниковым покровом. Ранее подобные особенности состава палиноморф из ленточных глин, указывающие на суровые климатические условия, были выявлены М.П. Гричук и В.П. Гричуком (1960), Т.И. Смирновой (1966), Л.Б. Лавровой и др. (2011) и др.

Выше по разрезу (940-910 см) в осадках появляется алевритовая составляющая, а среди микропалеонтологических остатков встречены лишь единичные экземпляры спор, пыльцы и раковинных амеб пресноводных видов *Diffflugia schurmanii* и *Cucurbitella dentata*.

Пачка переслаивания серых и темно-серых мелкозернистых песков (910-300 см), вероятно, накопилась при резком снижении уровня приледникового водоема и относится к прибрежной озерной фации. Спуск приледниковых бассейнов в бассейне Печоры происходил в результате отступления валдайских ледников. По мнению Д.Д. Квасова (1975), крупные озера Большеземельской тундры, за исклю-

чением Нижне-Печорского озера, получили сток на юг и юго-восток, так как на севере преградой этому был ледник.

3.2. Изолированное озеро, возникшее на месте приледникового озера

Начало образования торфа датировано 12125 ± 49 ^{14}C л.н. (AMS, GV 04522). В его нижней части (300-205 см) увеличивается содержание и разнообразие пыльцы. При этом в большинстве образцов, отнесенных к этому этапу седиментации, по-прежнему доминирует пыльца карликовой березы (до 53 %), полыни (до 29 %) и маревых (до 12 %). Лишь в двух спектрах (210-205 см), отражающих завершающую стадию существования озера (8719 ± 44 ^{14}C л.н., AMS, GV 04523), увеличивается доля пыльцы древовидной березы (28-56 %) и резко сокращается доля пыльцы ксерофильных трав. Обращает на себя внимание появление среди непыльцевых палиноморф типичных для водоемов с прозрачной водой водорослей педиаструм. В их числе преобладают холодолюбивые *Pediastrum integrum*. Также встречены *P. boryanum* var. *boryanum* и *P. var. rugulosum*, предпочитающие более высокие летние температуры. Подобные комплексы водорослей педиаструм выявлены Л.В. Филимоновой в осадках приледникового палеоозера на территории заказника «Толвоярви» в Карелии (2014). Участие в составе альгофлоры десмидиевых водорослей *Cosmarium* и рост их доли выше по разрезу до 10 % свидетельствует о развитии в окрестностях озера заболоченных участков. Существенно увеличивается видовое разнообразие и численность пресноводных диатомей, преимущественно бентосных форм. Присутствие створок *Denticulatenuis* var. *crassula*, *Diatoma hiemale* var. *mesodon*, *Didymosphenia geminate*, *Eucocconeis flexella*, *P. lata* указывает на условия мелководного олиготрофного водоёма с холодной, прозрачной, насыщенной кислородом и бедной биогенными элементами водой.

3.3. Заболачивание озера

Заключительный этап седиментации выделен в торфяных осадках в интервале 205-0 см. Пыльцевые спектры отличаются сокращением участия пыльцы карликовой березы (5-25 %) за счет увеличением количества пыльцы деревьев: сначала – древовидной березы (8-45 %) и позднее – ели (3-14 %). Рост доли водных травянистых растений (*Typha latifolia*, *Potamogeton*, *Menyanthes trifoliata*) и десмидиевых водорослей (*Cosmarium* до 19 %, единичные *Euastrum* и *Staurastrum*) в интервале 205-175 см отражает зарастание озера. В пользу этого свидетельствует уменьшение количества и разнообразия диатомей, а также исчезновение водорослей педиаструм. В осадках кровли разреза (~5000 ^{14}C л.н. по наст. время, 65-0 см) среди палиноморф доминируют *Betula nana* (26 %), *Vacciniaceae* (16 %) и *Ericales* (27 %), альгофлора не обнаружена.

4. Заключение

Литологическое строение обнажения позволяет соотнести формирование вскрытых в его основании отложений, сложенных ленточной глиной, в условиях приледникового озера. Состав спорово-пыльцевого спектра указывает на перигляциальную обстановку с преобладанием полынно-маревых и ерниковых зарослей в растительном покрове. Вышезалегающая песчаная толща в интервале глубин 910-300 см аккумулировалась, вероятно, при сокращении площади, занимаемой приледниковым бассейном.

Во временном диапазоне $12125 \pm 49 - 8719 \pm 44$ ^{14}C л.н. седиментация происходила в озере, образованном на месте приледникового озера. Об этом свидетельствуют находки в образцах торфа водорослей *Pediastrum* и обилие пресноводных диатомей, типичных для водоемов с прозрачной водой. Присутствие в их числе *P. boryanum* var. *boryanum* и *P. duplex* var. *rugulosum* фиксирует прогрев озерной воды и повышение летних температур. Растительный покров прилегающей территории состоял из кустарниковых зарослей березы и ольховника и полынно-маревых ассоциаций.

В дальнейшем до ~ 4500 ^{14}C л.н. накопление осадков происходило в условиях мелководного пресноводного заболачивающегося водоема, на что указывает значительное сокращение видового разнообразия и количества экземпляров диатомей, исчезновение водорослей педиаструм, и, напротив, некоторое увеличение доли десмидиевых водорослей, предпочитающих окислительную обстановку. Улучшение климатических условий ~ 9000 ^{14}C л.н. способствовало распространению березовых и позднее (7705 ± 43 ^{14}C л.н.) еловых лесов. Затем с ~ 4500 ^{14}C л.н. происходило осушение болота и развитие современных растительных сообществ многолетне-мерзлого торфяного массива из зарослей бруснично-верескоцветных и карликовой березки, чему способствовало постепенное похолодание климата.

Благодарности

Исследования проводились с привлечением оборудования ЦКП «Геонаука» ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ. Проект № 23-27-00281.

Конфликт интересов

Авторы заверяют, что конфликт интересов отсутствует.

Список литературы

Исаков В.А. 2023. Геолого-геоморфологическое районирование бассейна р. Сейды на основе цифровой модели рельефа ArcticDEM. Вестник геонаук 10 (346): 42-50.

Квасов Д.Д. 1975. Позднечетвертичная история крупных озер и внутренних морей Восточной Европы. Ленинград: Наука.

Лаврова Н.Б., Колька В.В., Корсакова О.П. 2011. Некоторые особенности палиноспектров донных отложений малых озер северной части Прибеломорской низменности. Геология и полезные ископаемые Карелии 14: 197-202.

Толстоброва А.Н., Толстобров Д.С., Корсакова О.П. 2023. Условия формирования озерных отложений в долине р. Воронья (Кольский полуостров) по данным диатомового анализа. Труды Ферсмановской научной сессии 20: 218-221.

Филимонова Л.В. 2014. История растительности в позднеледниковье и голоцене на территории заказника «Толвоярви» (Карелия). Труды Карельского научного центра 2: 3-13.

Шелехова Т.С. 1995. Диатомовая флора голоценовых отложений малых озер Северо-Запада Карелии. Экология и география диатомовых водорослей [материалы школы по диатомовым водорослям] 6: 73-74.

Jankovska V., Andreev A.A., Panova N.K. 2008. Holocene environmental history on the eastern slope of the Polar Ural Mountains, Russia. Boreas 35(4): 650-661. DOI:[10.1111/j.1502-3885.2006.tb01171.x](https://doi.org/10.1111/j.1502-3885.2006.tb01171.x)

Zaretskaya N., Utkina A., Baranov D. et al. 2023. Limited extension of the MIS 2 proglacial lake in the Severnaya Dvina valley, south-eastern margin of the last Scandinavian Ice Sheet. Journal of Quaternary Science: 1-20. DOI:[10.1002/jqs.3570](https://doi.org/10.1002/jqs.3570)