

# The use of macrophytes in paleoreconstructions of lakes and seas coastlines dynamics

Short communication

LIMNOLOGY  
FRESHWATER  
BIOLOGY

Sapelko T.V.<sup>1\*</sup>, Gazizova T.Yu.<sup>1</sup>, Rusanov A.G.<sup>1</sup>, Lapenkov A.E.<sup>1</sup>,  
Korneenkova N.Yu.<sup>1</sup>, Mazei N.G.<sup>2</sup>, Mazei Yu.A.<sup>2</sup>, Grigoriev V.A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Institute of Limnology of the Russian Academy of Sciences, Sevastyanova Str., 9, St Petersburg, 196105, Russia

<sup>2</sup>M.V. Lomonosov Moscow State University, Leninskiye Gory 1, 119991, Moscow, Russia

<sup>3</sup>St Petersburg State University, Universitetskaya Emb., 7/9, St Petersburg, 199034, Russia

**ABSTRACT.** A connection between the dynamics of the distribution of macrophytes in lakes isolated from a large lake or sea with changes in the coastlines of large reservoirs has been established. In the process, there are a change in the composition of macrophytes or their decrease at different stages in the coastlines change of lakes and seas. The conclusions were based on a multi-proxy paleolimnological study of the Lake Ladoga' island lakes and lakes of the Kurgalsky Peninsula on the Gulf of Finland southern coast of the of the Baltic Sea.

**Keywords:** pollen, aquatic vegetation, age, lakes, Lake Ladoga, Baltic Sea

**For citation:** Sapelko T.V., Gazizova T.Yu., Rusanov A.G., Lapenkov A.E., Korneenkova N.Yu., Mazei N.G., Mazei Yu.A., Grigoriev V.A. The use of macrophytes in paleoreconstructions of lakes and seas coastlines dynamics // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - P. 618-623. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-618

## 1. Introduction

Macrophytes are an important component of the lake ecosystems development. However, they are rarely used in paleoreconstructions. Our latest paleolimnological studies of lakes have establish the promise of using pollen and macrofossil of aquatic vegetation to reconstruct the level dynamics of lakes and seas. For the first time, we began methodological research of macrophytes dynamic in the island lakes of Lake Ladoga (Fig. 1). They included pollen, botanical and geobotanical analyzes (Sapelko et al., 2020). All island lakes are located at different absolute altitudes and formed in the second half of the Holocene as a result of isolation from Lake Ladoga (Saarnisto, 2012; Sapelko et al., 2018). Paleolimnological studies on the Putsaari Island (Sapelko and Korneenkova, 2017) showed the need in addition to pollen and botanical analyses geobotanical descriptions. As a result, work using all these methods was continued on the Lunkulansaari' and Valaam' islands lakes, also located in the northern part of Lake Ladoga. The data obtained are used as the basis for new studies of lakes on the Baltic Sea coast in order to study the possibility of using macrophytes to reconstruct the sea coastlines dynamics. For this purpose, lakes Lipovskoye and Belye on the Kurgalsky Peninsula on

the southern coast of the Gulf of Finland (Baltic Sea) were chosen (Fig. 1). The lakes are also located at different absolute elevations above sea level.

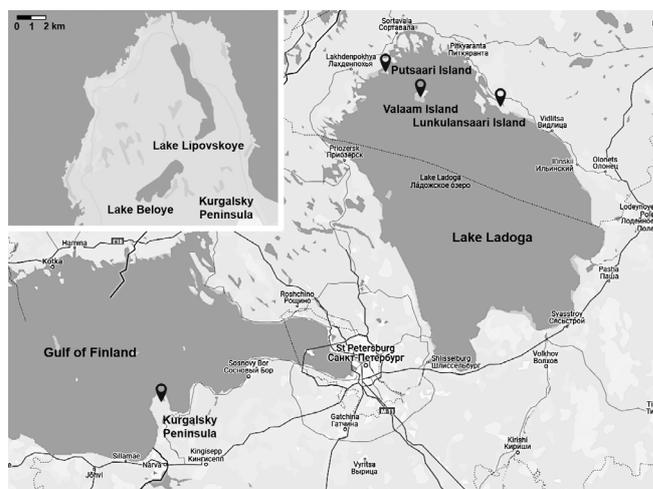


Fig.1. Study area.

\*Corresponding author.

E-mail address: [tsapelko@mail.ru](mailto:tsapelko@mail.ru) (T.V. Sapelko)

Received: June 16, 2024; Accepted: July 03, 2024;

Available online: August 26, 2024

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



## 2. Materials and methods

Field work on the islands of Lake Ladoga was carried out within topics of the Institute of Limnology, the Russian Academy of Sciences and on the lakes of the Kurgalsky Peninsula - within the framework of the Russian Science Foundation project. Surface samples were taken using a Voronkov sampler, cores with the use a Russian corer (chamber length 1 m, inside diameter 5 cm). The species composition and structure of macrophyte communities were studied from a boat using the generally accepted method of visual mapping (Katanskaya, 1981). Also diving work was done to study modern aquatic vegetation of lakes (Rusanov et al., 2024). Technical treatment of samples for pollen analysis followed a standard method (Grichuk and Zaklinskaya, 1948) with separation by potassium-cadmium heavy liquid. Determination of plant macrofossil was carried out under a microscope with 80x- magnification. During the analysis we were the area occupied by each species was determined as a percentage of the total area of the plant fiber in the field of view of the microscope. To the chronology of events using  $^{210}\text{Pb}$  analysis the age and sedimentation rate were obtained for the upper part of the Lake Lipovskoye sediment. The analysis was performed in the laboratory of St. Petersburg State University in St. Petersburg. Concentrations of  $^{210}\text{Pb}$  were obtained, determined from the activity of  $^{210}\text{Po}$  based on the assumption of the existence of radioactive equilibrium between these isotopes, which is one of the main prerequisites of the non-equilibrium lead-210 method. Radiocarbon dates (AMS) we were obtained for the isolated island lakes stages.

## 3. Results and discussion

Paleoreconstructions of the shoreline of Lake Ladoga using macrophytes were carried out for the lakes of the islands Putsaari, Lunkulansaari and Valaam, located in the northern part of Ladoga. For the Putsaari lakes macrophytes were determined in cores and surface samples using pollen and macrofossil analysis (Sapelko and Korneenkova, 2017). For Hovatanlampi, Kuikkalampi and Sokkasenlampi lakes on the Lunkulansaari Island obtained data on both the modern spatial distribution of higher aquatic vegetation in the lakes littoral zone and the dynamics of macrophyte pollen and macrofossil over the past 3450 years in lake sediment cores. Radiocarbon dating obtained for the Lunkulansaari island correlated the previously identified pollen zones. The role of macrophytes in paleolimnological reconstructions was also studied for Valaam Island lakes. A description of modern overgrowth was made (Gazizova et al., 2023), the macrophytes dynamics of pollen and macrofossil was determined for Germanovskoye, Zimnyakovskoye, Antonievskoye and Vitalievskoye lakes over the last 4200 years (Saarnisto, 2012). The results obtained using the example of Lake Vitalievskoye were compared with data from other methods (Sapelko et al., 2023b). As is known, pollen of aquatic plants is poorly preserved in lake sediments,

however, the lake sediment of the studied island lakes is sufficiently well saturated with macrophyte pollen for study their dynamics. An added method was the analysis of macrofossil, which were recorded in significant quantities in the cores. With paleolimnological studies the study of modern aquatic vegetation of lakes made it possible to clarify the species definitions of macrophyte pollen and identify the most representative indicators for their use in reconstructing the development of past aquatic vegetation. As a result, establishing the dynamics of macrophytes, elevations of lakes and radiocarbon dating of cores made it possible to reconstruct changes in the shoreline of Lake Ladoga.

As our studies of lakes on the Kurgalsky Peninsula have shown, macrophytes can also be used in paleoreconstructions of the dynamics of sea coastlines. The sediment sequences and surface samples were obtained from both lakes (Sapelko et al., 2023a). The sediments of lakes include macrophyte pollen. According to preliminary results plant macrofossil are extremely rare in the sediments of these lakes. Studies of modern aquatic vegetation on lakes made it possible to establish the depth of distribution of submerged macrophytes: in the Lake Belye it reaches 4 m and in Lake Lipovskoye - 3.5 m The gentle slope of the bottom and high-water transparency contribute to a more dominance of submerged plants in the Lake Belye compared to the Lake Lipovskoye (Rusanov et al., 2024). The pollen spectra of the surface layer of both lakes were studied (Gazizova et al., 2024). Based on the results of a comparison of pollen and geobotanical analysis data the pollen spectra clearly reflect the species composition of submerged hydrophytes of Lake Lipovskoye and floating rooting hydrophytes of both lakes. The composition of helophytes is reflected less clearly. Qualitative diversity indices show an average level of similarity for all macrophytes of both lakes. However, in some cases, pollen of currently widespread macrophytes was not found. In this time Lake Belye is oligotrophic. In modern time the submerged hydrophyte *Lobelia dortmanna* is dominated In Lake Belye, but its pollen was not found in surface samples.

A high content of macrophyte pollen was found in the upper part of the Lake Lipovskoye sediment sequence. Based on the preliminary results of pollen analysis of the upper 15 cm of the core, the first data on changes in plant communities of the past were obtained. Their slight change during the accumulation of this layer of bottom sediments allowed us to draw a preliminary conclusion about the modern age of the studied sediments and their formation in the last subzone of the Subatlantic period (SA-3). Based on this conclusion, samples from the studied sediments were selected for  $^{210}\text{Pb}$  dating. The results obtained confirmed the age on the basis of pollen analysis. The top 15 cm of the sediment sequence accumulated over  $76.3 \pm 6.9$  years. The rate of sedimentation over this period of time is estimated to be  $1.8 \pm 0.2$  mm/year. The sediments of the Subatlantic period allowed us to identify three pollen zones corresponding to SA-1, SA-2 and SA-3. Vegetation in this period changing mainly under the influence of human impact. However, in gen-

eral, also climate changes influenced the vegetation. The strongest influence of human impact was in SA-2, when the maximum development of open landscapes associated with logging and fires was reconstructed. The significant content of charcoals in sediments of this period, founded during pollen analysis, confirms this conclusion. This same time, judging by the abundance and composition of macrophyte pollen, is became the period of maximum overgrowth of the lake. The appearance of *Betula nana* together with *Cladium mariscus* and *Caltha palustris* indicates some swamping of the shores. Interestingly, the appearance of *Najas marina* pollen only at the beginning of SA-3, which may indicate a stronger influence of the Baltic Sea from the middle of the 20th century. Human activities with varying degrees of influence are reflected in the vegetation dynamics during the all Subboreal period. New studies of modern macrophyte of the Lake Lipovskoye based on a comparison of the modern macrophytes development and the surface pollen data, showed an incomplete reflection of macrophytes in the pollen spectra. However, in general, the pollen spectra reflect the species composition dynamics and the presence of macrophytes.

#### 4. Conclusion

The results of studies of the Lake Ladoga' island lakes and the coast of the Gulf of Finland of the Baltic Sea made it possible to obtain data on the use of macrophytes for reconstructing the dynamics of the coastlines of lakes and seas in the Holocene. A change in the composition of macrophytes their decrease at different stages in the coastlines change of lakes and seas has been established.

#### 5. Acknowledgments

The study was supported by the Russian Science Foundation under grant No. 23-27-00128 (<https://rscf.ru/project/23-27-00128/>).

#### Conflict of interests

The authors declare no conflicts of interest.

#### References

Gazizova T. Yu., Rusanov A. G., Sapelko T. V. 2023. The similarity assessment of the macrophyte species composition

between modern aquatic vegetation and subrecent pollen spectra of small lakes on the Valaam Island (Lake Ladoga). Trudy Karelskogo nauchnogo tsentra RAN. Transactions of the Karelian Research Centre RAS. 6: 73–83. doi: [10.17076/lim1703](https://doi.org/10.17076/lim1703)

Gazizova T., Rusanov A., Sapelko T. et al. 2024. Subrecent pollen spectra and modern aquatic vegetation from the Kurgalsky Peninsula lakes, Baltic Sea, Russia. Theses of International Conference XV International Palynological Congress and XI International Organization of Palaeobotany Conference. J. Bek, J. Frojdova (eds.). 27–31 May 2024, Prague, Czech Republic. P. 227 <https://prague2020.cz/wp-content/uploads/2024/05/IPC-IOPC2024-programme-abstracts-r29.pdf>

Grichuk V.P., Zaklinskaya E.D. 1948. Analysis of fossil pollen and spores and its application in paleogeography. Moscow: Geografiz Publ. (In Russian)

Katanskaya V. M. 1981. Higher aquatic vegetation of continental water bodies in the USSR. Methods of study. Leningrad: Nauka; 187 p. (In Russian)

Saarnisto M. 2012. Late Holocene land uplift/neotectonics on the island of Valamo (Valaam), Lake Ladoga, NW Russia. Quat. Int. 260: 143–152 [10.1016/j.quaint.2011.09.005](https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.09.005)

Sapelko T.V., Korneenkova N.Yu. 2017. Reconstruction of the island lakes history according to palynological and botanical analyses. Actual problems of the modern palynology: Proceedings of XIV All-Russian Palynological Conference. Moscow: Geographical faculty of Lomonosov Moscow State University. 311–315 (in Russian)

Sapelko T.V., Terexov A.V., Amantov A.V. 2018. Ladoga Transgression: reconstruction of the final stage and subsequent decline in the northern part of the lake. Regionalnaya geologiya i metallogeniya. 75: 23–34 (in Russian)

Sapelko T., Kuznetsov D., Ludikova A. et al. 2020. The development of island lakes of Lake Ladoga during the Late Pleistocene Holocene. Limnology and Freshwater Biology. 4: 470–471 [10.31951/2658-3518-2020-A-4-470](https://doi.org/10.31951/2658-3518-2020-A-4-470)

Sapelko T.V., Lapenkov A.E., Gazizova T.Yu. et al. 2023. First results of expeditional work on the lakes of the Kurgalsky Peninsula (southern coast of the Gulf of Finland). Relief and Quaternary deposits of the Arctic, Subarctic and North-West Russia. Proceedings of the annual conference on the results of expedition research. St.Petersburg. 10: 395-400. DOI: [10.24412/2687-1092-2023-10-395-400](https://doi.org/10.24412/2687-1092-2023-10-395-400)

Sapelko T.V., Gazizova T.Y., Moiseenko A.D. et al. 2023. Lake Vitalievskoye (Valaam Island) isolation process and vegetation dynamics due to changes in the level of the Lake Ladoga during the late Holocene. Geomorfologija i paleogeografiâ. 54 (4): 72-89. doi: [10.31857/S2949178923040126](https://doi.org/10.31857/S2949178923040126)

Rusanov A.G., Gazizova T.Yu., Lapenkov A.E. et al. 2024. Current state of vegetation cover of lakes Beloe and Lipovskoe (Kurgalsky Peninsula). Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS. 2: 51–64. doi: [10.17076/lim1864](https://doi.org/10.17076/lim1864)

# Использование макрофитов в палеореконструкциях динамики береговых линий озер и морей

Краткое сообщение

LIMNOLOGY  
FRESHWATER  
BIOLOGY

Сапелко Т.В.<sup>1</sup>, Газизова Т.Ю.<sup>1</sup>, Русанов А.Г.<sup>1</sup>, Лапенков А.Е.<sup>1</sup>,  
Корнеев Н.Ю.<sup>1</sup>, Мазей Н.Г.<sup>2</sup>, Мазей Ю.А.<sup>2</sup>, Григорьев В.А.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт озероведения РАН, 196105, Санкт-Петербург, ул. Севастьянова стр. 9

<sup>2</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 119991, Москва Ленинские горы, д. 1, Россия

<sup>3</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7/9

**АННОТАЦИЯ.** Установлена связь между динамикой распространения макрофитов в озерах, отделяющихся от большого озера или моря, с изменениями береговых линий крупных водоемов. При этом происходит смена состава макрофитов или их сокращение на разных этапах изменения береговых линий озер и морей. Выводы сделаны на основании комплексного палеолимнологического изучения островных озер Ладожского озера и озер Кургальского полуострова на южном побережье Финского залива Балтийского моря.

**Ключевые слова:** палинология, водная растительность, возраст, озера, Ладога, Балтика

**Для цитирования:** Сапелко Т.В., Газизова Т.Ю., Русанов А.Г., Лапенков А.Е., Корнеев Н.Ю., Мазей Н.Г., Мазей Ю.А., Григорьев В.А. Использование макрофитов в палеореконструкциях динамики береговых линий озер и морей // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - С. 618-623. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-618

## 1. Введение

Макрофиты являются важным компонентом развития озерных экосистем. Однако в палеореконструкциях их используют редко. Наши последние палеолимнологические исследования озер показали перспективность использования пыльцы и макроостатков высшей водной растительности для реконструкций динамики озер и морей. Впервые методические исследования мы начали проводить на островных озерах Ладожского озера (Рис.1). Они включали в себя палинологический, ботанический и геоботанический анализы (Sapelko et al., 2020). Все островные озера расположены на различных абсолютных высотных отметках и образовались во второй половине голоцена в результате изоляции от Ладожского озера (Saarnisto, 2012; Сапелко и др., 2018). Палеолимнологические исследования на о. Путсаари (Сапелко и Корнеев, 2017) показали необходимость, помимо палинологического и ботанического анализов, выполнять и геоботанические описания. В результате, работы, включающие все эти методы, были продолжены на озерах островов Лункулансаари и Валаам, также расположенных в северной части Ладожского озера. Полученные данные взяты за основу новых исследований озер

на побережье Балтийского моря с целью изучения возможности применения макрофитов для реконструкции динамики береговых линий морей. Для этой цели были выбраны озера Липовское и Белое на Кургальском полуострове на южном побережье Финского залива (Рис.1). Озера также расположены на разных абсолютных отметках над уровнем моря.

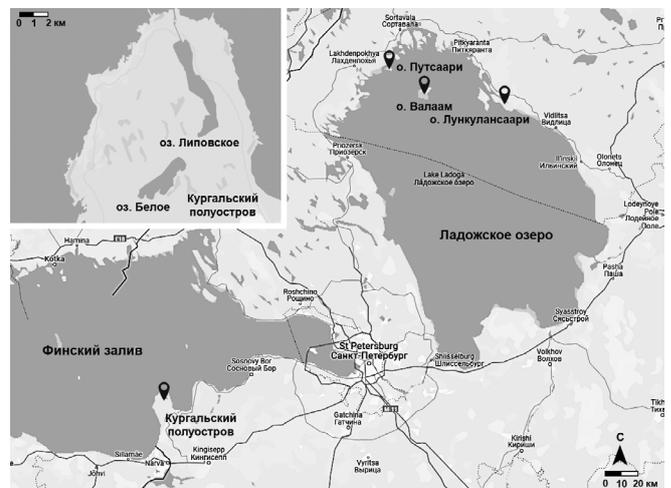


Рис.1. Район исследований.

\*Автор для переписки.

Адрес e-mail: [tsapelko@mail.ru](mailto:tsapelko@mail.ru) (Т.В. Сапелко)

Поступила: 16 июня 2024; Принята: 03 июля 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

Полевые работы на островах Ладожского озера проводились в рамках экспедиций ИНОЗ РАН, на озерах Кургальского полуострова – в рамках проекта РНФ. Поверхностные пробы отбирались с помощью лота Воронкова, колонки донных отложений отбирались с помощью Русского бура (длиной 1 м и диаметром 5 см). Видовой состав и структура сообществ макрофитов изучались с лодки общепринятым методом глазомерного картирования (Катанская, 1988). Для изучения современной водной растительности озер также выполнялись водолазные работы (Русанов и др., 2024). Пробоподготовка для спорово-пыльцевого анализа осуществлялась по модифицированной стандартной методике (Гричук и Заклинская, 1948) с использованием калий-кадмиевой тяжелой жидкости. Определение растительных макро остатков проводилось под микроскопом с 80-кратным увеличением. При анализе устанавливалась площадь, занимаемая каждым видом, в процентах от общей площади растительного волокна в поле зрения микроскопа.

Для определения хронологии событий с помощью анализа  $^{210}\text{Pb}$  получен возраст и скорость осадконакопления для верхней части колонки донных отложений оз. Липовского. Анализ выполнен в лаборатории СПбГУ в г. Санкт-Петербурге. Получены концентрации  $^{210}\text{Pb}$ , определенные по активности  $^{210}\text{Po}$  на основе допущения о существовании радиоактивного равновесия между этими изотопами, что является одной из основных предпосылок метода неравновесного свинца-210. Для этапов отделения островных озер получены радиоуглеродные (AMS) датировки.

## 3. Результаты и обсуждение

Палеореконструкции береговой линии Ладожского озера с использованием макрофитов выполнялись для озер островов Путсаари, Лункулансаари и Валаам, расположенных в северной части Ладоги. Для озер о. Путсаари макрофиты определялись в колонках и поверхностных пробах с помощью палинологии и анализа макрофитов (Сапелко и Корнеенкова, 2017). Для озер Ховатанлампи, Куйккалампи и Соккасенлампи на о. Лункулансаари получены данные как современного пространственного распределения высшей водной растительности на литорали озер, так и динамики пыльцы и макроостатков макрофитов за последние 3450 лет по колонкам озерных отложений. Радиоуглеродные датировки, полученные для о. Лункулансаари, подтвердили выделенные ранее палинозоны. Роль макрофитов в палеолимнологических реконструкциях изучалась также для озер о. Валаам. Выполнено описание современного зарастания (Газизова и др., 2023), определена динамика пыльцы и макроостатков макрофитов для озер Германовское, Зимняковское, Антониевское и Витальевское в течение последних

4200 лет (Saarnisto, 2012). Полученные результаты на примере оз. Витальевского сопоставлялись с данными других методов (Сапелко и др., 2023b). Как известно, пыльца водных растений плохо сохраняется в донных отложениях, однако колонки донных отложений изученных островных озер достаточно хорошо насыщены пылью макрофитов для изучения их динамики. Вспомогательным методом при этом стал анализ макроостатков, которые в значительном количестве отмечены в колонках. Одновременное с палеолимнологическими исследованиями изучение современной водной растительности озёр дало возможность уточнить видовые определения пыльцы макрофитов и выявить наиболее репрезентативные показатели для их использования в реконструкции распространения водной растительности прошлого. В результате, установление динамики макрофитов, высотные отметки озер и радиоуглеродные датировки для колонок донных отложений позволили реконструировать изменение береговой линии Ладожского озера.

Как показали наши исследования озер на Кургальском полуострове, макрофиты могут быть использованы и при палеореконструкциях динамики береговых линий морей. Из обоих озер отобраны колонки донных отложений и поверхностные пробы (Сапелко и др., 2023a). Донные отложения озер включают в себя пыльцу макрофитов. По предварительным результатам растительные макроостатки в донных отложениях этих озер встречаются крайне редко. Проведенные на озерах исследования современной высшей водной растительности позволили установить глубину распространения погруженных макрофитов: в оз. Белом она достигает 4 м, а в оз. Липовском - 3,5 м. Пологий уклон дна и высокая прозрачность воды способствуют более выраженному доминированию погруженных растений в оз. Белом по сравнению с оз. Липовским (Русанов и др., 2024). Изучены пыльцевые спектры поверхностного слоя обоих озер (Gazizova et al., 2024). По результатам сопоставления данных пыльцевого и геоботанического анализов в палиносpekтрах хорошо отражен видовой состав погруженных гидрофитов Липовского озера и плавающих укореняющихся гидрофитов обоих озер. Состав гелофитов отражен слабее. Индексы качественного разнообразия показывают средний уровень сходства для всех макрофитов обоих озер. Однако в некоторых случаях пыльца распространенных в настоящее время макрофитов не встречена. Так, в настоящее время в олиготрофном оз. Белом доминирует погруженный гидрофит *Lobelia dortmanna*, однако его пыльца в поверхностных пробах озера не обнаружена.

Высокое содержание пыльцы макрофитов обнаружено в верхней части колонки донных отложений оз. Липовского. По результатам предварительного палинологического анализа верхних 15 см колонки получены первые данные по изменению растительных сообществ прошлого. Их незначительное изменение в период накопления этого слоя донных отложений позволило сделать предварительное заключение о современном возрасте изу-

ченных отложений и о формировании их в последней подзоне субатлантического периода (SA-3). На основании этого заключения образцы из изученных отложений были отобраны для датирования с помощью  $^{210}\text{Pb}$ . Полученные результаты подтвердили заключение о возрасте, сделанное на основании палинологического анализа. Верхние 15 см колонки донных отложений накопились за  $76,3 \pm 6,9$  лет. Скорость осадконакопления на протяжении этого промежутка времени оценена как  $1,8 \pm 0,2$  мм/год. Изученные отложения субатлантического периода позволили выделить три палинозоны, соответствующие SA-1, SA-2 и SA-3. Растительность в данном периоде менялась в основном под влиянием антропогенных факторов. Однако в целом на характер растительности влияли также и изменения климата. Наиболее сильное влияние антропогенных факторов отмечено в SA-2, когда было реконструировано максимальное распространение открытых ландшафтов, связанное с вырубками и пожарами. Значительное содержание микроуглей в отложениях этого периода, обнаруженное при спорово-пыльцевом анализе, подтверждает сделанные выводы. Это же время, судя по обилию и составу пыльцы макрофитов, стало периодом максимально выраженного зарастания озера. Появление *Betula pana* вместе с *Cladium mariscus* и *Caltha palustris* свидетельствует о некотором заболачивании берегов. Интересно появление пыльцы *Najas marina* только в начале SA-3, что может свидетельствовать о более сильном влиянии моря с середины XX века. Деятельность человека с разной степенью влияния отражена в динамике растительности на протяжении всего суббореального периода. Обобщение результатов новых исследований современного зарастания оз. Липовского на основании сопоставления современного распространения макрофитов и результатов спорово-пыльцевого анализа поверхностных проб показало неполное отражение макрофитов в спорово-пыльцевых спектрах. Однако в целом динамику видового состава и наличие произрастающих макрофитов спорово-пыльцевые спектры отражают.

#### 4. Заключение

Полученные результаты исследований островных озер Ладожского озера и побережья Финского залива Балтийского моря позволили получить данные по использованию макрофитов для реконструкций динамики береговых линий озер и морей в голоцене. Установлена смена состава макрофитов или их сокращение на разных этапах изменения береговых линий озер и морей.

#### Благодарности

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств гранта Российского научного фонда № 23-27-00128 (<https://rscf.ru/project/23-27-00128/>)

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Список литературы

- Газизова Т.Ю., Русанов А.Г., Сапелко Т.В. 2023. Оценка сходства видового состава макрофитов современной водной растительности и субрецентных спорово-пыльцевых спектров малых озер на острове Валаам (Ладожское озеро). Труды КарНЦ РАН. Сер. Лимнология и океанология 6: 73–83. DOI: [10.17076/lim1703](https://doi.org/10.17076/lim1703)
- Гричук В.П., Заклинская Е.Д. 1948. Анализ ископаемых пыльцы и спор и его применение в палеогеографии. Москва: Географгиз.
- Катанская В.М. 1988. Высшая водная растительность. Методические аспекты лимнологического мониторинга. Л.: Наука. С. 102–113
- Сапелко Т.В., Корнеевская Н.Ю. 2017. Реконструкция истории островных озер по данным палинологического и ботанического анализов. Актуальные проблемы современной палинологии. Мат-лы XIV Всерос. палинологической конф. М.: Географический факультет МГУ. С. 311–315.
- Сапелко Т.В., Терехов А.В., Амантов А.В. 2018. Ладожская трансгрессия: реконструкция финальной стадии и последующего спада в северной части озера. Региональная геология и металлогения 75: 23–34.
- Сапелко Т.В., Лапенков А.Е., Газизова Т.Ю. и др. 2023. Первые результаты экспедиционных работ на озерах Кургальского полуострова (южное побережье Финского залива). Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России 10: 395–400. DOI: [10.24412/2687-1092-2023-10-395-400](https://doi.org/10.24412/2687-1092-2023-10-395-400)
- Сапелко Т.В., Газизова Т.Ю., Моисеенко А.Д. и др. 2023. Особенности процесса изоляции озера Витальевского (остров Валаам) и динамика растительности в связи с изменением уровня Ладожского озера в позднем голоцене. Геоморфология и палеогеография 54 (4): 72–89. DOI: [10.31857/10.31857/S2949178923040126](https://doi.org/10.31857/10.31857/S2949178923040126)
- Русанов А. Г., Газизова Т. Ю., Лапенков А. Е., Сапелко Т. В. 2024. Современное состояние растительного покрова озер Белое и Липовское (Кургальский полуостров). Труды Карельского научного центра РАН. Серия: Лимнология и океанология 2: 51–64 <http://journals.krc.karelia.ru/index.php/limnology/article/view/1864>
- Gazizova T., Rusanov A., Sapelko T. et al. 2024. Subrecent pollen spectra and modern aquatic vegetation from the Kurgalsky Peninsula lakes, Baltic Sea, Russia. Theses of International Conference XV International Palynological Congress and XI International Organization of Palaeobotany Conference. J. Bek, J. Frojdova (eds.). 27–31 May 2024, Prague, Czech Republic. P. 227 <https://prague2020.cz/wp-content/uploads/2024/05/IPC-IOPC2024-programme-abstracts-r29.pdf>
- Saarnisto M. 2012. Late Holocene land uplift/neotectonics on the island of Valamo (Valaam), Lake Ladoga, NW Russia. Quat. Int 260: 143–152. DOI: [10.1016/j.quaint.2011.09.005](https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.09.005)
- Sapelko T., Kuznetsov D., Ludikova A. et al. 2020. The development of island lakes of Lake Ladoga during the Late Pleistocene Holocene. Limnology and Freshwater Biology. 4: 470–471. DOI: [10.31951/2658-3518-2020-A-4-470](https://doi.org/10.31951/2658-3518-2020-A-4-470)