

Prospects for studying the paleo archive of lake sediment from the Sarskoe Bog



Zakharov A.L.^{1*}, Garankina E.V.², Konstantinov E.A.¹, Rudinskaya A.I.¹,
Shorkunov I.G.¹, Yurchenko A.P.¹, Shukhvostov R.S.^{1,2}

¹Institute of Geography RAS, Staromonetny Lane 29/4, Moscow, 119017, Russia;

²Moscow State University, Leninskie Gory 1, Moscow, 119991, Russia

ABSTRACT. In the center of the East European Plain, lake sediments provide the most detailed and high-resolution paleoarchives of the Late Pleistocene and Holocene periods. However, not all lake sediments can be used to reliably reconstruct regional paleoclimate and landscape changes. Factors such as the shape of the lake basin, the type of rocks beneath it, the number and flow of tributaries, and the vegetation present all play a role in determining the rate and composition of sedimentation in lake deposits, creating a unique record of the local environmental conditions. The Sarskoe Bog Basin has promising potential for providing a high-resolution record of the Late Pleistocene period. The core sample collected from the central part of the swamp met all expectations, but during the geophysical study of the geological structure and search for the maximum depth of lake sediments, it was found that the reference well was not in the most appropriate location. The first geophysical surveys conducted in the bog have improved our understanding of the paleorelief of the basin and will allow us to choose a location for the main well that is suitable for our research objectives.

Keywords: radiocarbon dating, geophysical studies, lake sediments, Neopleistocene

For citation: Zakharov A.L., Garankina E.V., Konstantinov E.A., Rudinskaya A.I., Shorkunov I.G., Yurchenko A.P., Shukhvostov R.S. Prospects for studying the paleo archive of lake sediment from the Sarskoe Bog // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - P. 733-736. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-733

1. Introduction

The Sarskoye Bog, which is about 1.8 kilometers by 2.5 kilometers, is located in a deep basin of 35 to 40 meters within the Borisoglebsk Upland. The relief of this area was largely shaped by the glaciation that occurred during the Moscow period. The main tributary to Lake Nero, the Sara River, originates from the southern part of the bog.

The surface of the sphagnum swamp is slightly convex and covered with sparse pine trees that gradually disappear towards the edges. In the central part of the swamp, there is a reference well called GAT-6A. The previously obtained core, which was 19.35 meters long, was extracted using Livingston's manual lake piston drill. The samples were then studied using a variety of analytical methods in the paleoarchive laboratory at the Institute of Geography (IG RAS). These methods included lithological analysis, magnetic susceptibility measurement, and analysis of diatom species composition for a portion of the core. Dates from 14C AMS

(accelerator mass spectrometry) were obtained for plant macrofossils and total carbon content of organic compounds in the lake loam and gittia layers. Geophysical surveys were also conducted to obtain data on maximum sediment thicknesses, which led to the exclusion of further drilling at GAT-6A site and the search for a new core extraction site.

2. Materials and methods

In order to study the geological structure of the Sarsky swamp basin, an electrotomographic survey was conducted using 48-channel electrical exploration equipment, "SKALA 48K12", manufactured by KB Electrometry LLC in Novosibirsk. Four types of installations were used: three-electrode, symmetrical Wenner, Schlumberger, and dipole-axial, in order to achieve maximum depth resolution. The induced polarization method was employed to identify any residual anomalies associated with secondary electrical currents. A

*Corresponding author.

E-mail address: zaanleo@gmail.com (A.L. Zakharov)

Received: June 14, 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.



step size of 5 meters between electrodes provided the maximum reliable depth for the study, up to 70 meters. The data collected was processed using two-dimensional least squares inversion with a smoothing operator to enhance resolution and minimize contrast. As a result, two radial profiles were created, covering the lower portions of the northern and eastern slopes, intersecting at the location of GAT6a's reference well in the center of the basin. The submeridian profile measured 1,075 meters in length, while the sublatitudinal profile measured 955 meters.

3. Results and discussion

The conducted electrotomographic study revealed several electrophysical facies. Facies 1: A surface layer with a constant thickness of 5-9 meters and a high average electrical resistivity (ER) of 100-250 ohm-meters, up to 400-500 ohm-meters. The high parameter of the ER is due to the low mineralization of the water in the near-surface decompressed peat. The facies thickness correlates well with the water-peat layers uncovered in the exploration wells GAT1-5, 7, and reference well GAT-6A.

At the edge of the modern swamp, facies 1 transitions into second high-resistance facies 2, with similar average ER values of 100-200 ohm-meters and up to 300-ohm meters on the eastern side, and 100-300 ohm-meter and up to 550-ohm meter on the northern side. Preliminary data suggest that high ER values in facies 2 may be associated with the sand composition and low moisture content of glacial and glacio-fluvial deposits forming the basin sides. The near-surface thin and low-resistance facies 3, with a thickness of no more than 4 meters and ER values between 40 and 60 Ohm-meters, is confined exclusively to the lower parts of the slopes above the edge of the modern swamp, and is associated with the layer of the loamy sedimentary deposits.

The second and main low-resistance facies, 4, (with values ranging from 10 to 20 Ohm-meter, and up to 30 Ohm-meter) performs the topography of the basin floor, and is represented by a solid layer with an average thickness of 15 to 20 meters, with separate depression in the northern and eastern parts of the swamp (up to 35 to 40 meters and 40 to 45 meters, respectively).

Based on the analysis of core material from the GAT-6A reference well, the main low resistance facies 4 is associated with a thick layer of horizontally stratified lake sediments, consisting of loams and gittia with high mineral content, which account for their good electrical conductivity. The high-amplitude (15-35 m) wavy bottom of the lake sediments (facies 4) is preliminary associated with the primary glacial topography, which

has caused the complex shape of the basin. The lower facies 5, which forms the bottom of the basin, has a resistivity range from 40 to 120 Ohm-meters, which corresponds to indicators of deep-lying glacial deposits, measured earlier on the Borisoglebskaya Upland (Valdai Periglacial Guidebook, 2023).

4. Conclusions

The geomorphological characteristics of the Sarsky Bog basin, including its small size (7.5-7.7 square kilometers) and the limited catchment area, contributed to the directional and cyclic sedimentation process. This process was limited only by the slope, Aeolian (wind-blown) and organogenic (from living organisms) sources of sedimentary material.

Layered variations in the carbon content of organic compounds, carbonates and sandy mineral fractions reveal the local conditions that influenced the activation and attenuation of slope erosion, Aeolian sediment intake, and bioproductivity dynamics in the Late Pleistocene period during the late Valdai time. Thanks to the geophysical surveys and radiocarbon dating conducted, it has been determined that the location of GAT-6A reference well does not correspond to the areas with the highest sedimentation thickness in the basin. This will allow us to choose the best location for extracting cores with a paleo-archive for the Late Pleistocene period, not just for the Last Glacial Maximum and the Late Glacial.

The maximum sedimentation rates detected reach 60 meters and are focused in the central parts of the profiles. This is consistent with the periphery of the swamp rather than the center, where the glacial deposits lie at a depth of only 30 meters.

Acknowledgements

The work was funded by the RSCF (Russian Science Foundation) project No. 23-77-10063, entitled "Reconstruction of natural events based on high-resolution sedimentation paleoarchives from the center of the East European plain over the past 25 thousand years."

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

References

Valdai Periglacial Field Symposium Guidebook, 27–30 August. 2023. In: Garankina E., Konstantinov E., Lobkov V., Makeev A., Panin A., Shorkunov I. (Eds.), Moscow: IG RAS.

Перспективы изучения палеоархива озерных отложений Сарского болота

Краткое сообщение

LIMNOLOGY
FRESHWATER
BIOLOGYЗахаров А.Л.^{1*}, Гаранкина Е.В.², Константинов Е.А.¹, Рудинская А.И.¹, Шоркунов И.Г.¹, Юрченко А.П.¹, Шухвостов Р.С.^{1,2}¹ Институт Географии РАН, Старомонетный переулок 29с4, Москва, 119017, Россия;² МГУ им. М.В. Ломоносова, Ленинские горы 1, Москва, 119991, Россия

АННОТАЦИЯ. В центре Восточно-Европейской равнины наиболее подробными седиментационными палеоархивами позднего плейстоцена и голоцена с высоким временным разрешением являются озерно-болотные отложения. Однако далеко не все колонки озерных осадков могут служить основой для надежных региональных палеоклиматических и палеоландшафтных реконструкций. Комбинация локальных факторов осадконакопления, таких как морфология озерной депрессии (площадь, форма и процессы, протекавшие на водосборном бассейне) состав и свойства подстилающих пород, число притоков и их водность, тип растительности – являются неотъемлемыми переменными в изменчивости состава и темпов осадконакопления озерных отложений и в формировании уникальной записи локальных условий конкретной котловины. Котловина Сарского болота является перспективной для получения палеоархива позднего неоплейстоцена высокого разрешения. Полученный ранее керн из центральной части котловины был изучен и соответствовал всем ожиданиям. Однако при геофизических исследованиях геологического строения осадков котловины и поиске максимальных мощностей озерных отложений, выяснилось, что опорная скважина заложена не в самом удачном месте. Первые геофизические профили, полученные на исследуемом болоте, уточнили наше представление о палеорельефе котловины и позволят выбрать место для бурения основной скважины соответствующее целям исследования.

Ключевые слова: радиоуглеродное датирование, электротомографические исследования, озерные отложения, неоплейстоцен

Для цитирования: Захаров А.Л., Гаранкина Е.В., Константинов Е.А., Рудинская А.И., Шоркунов И.Г., Юрченко А.П., Шухвостов Р.С. Перспективы изучения палеоархива озерных отложений Сарского болота // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - С. 733-736. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-733

1. Введение

Сарское болото (1.8 км на 2.5 км) расположено в котловине глубиной 35–40 м в пределах Борисоглебской возвышенности, рельеф которой в значительной степени сформирован московским оледенением. В южной части болота берет начало река Сара – главный приток озера Неро. Поверхность сфагнового верхового болота слабовыпуклая, покрытая редкими соснами, исчезающими к периферии. В центральной части болота заложена опорная скважина GAT-6A.

Полученный ранее керн, длиной 19.35 м, поднят ручным озерным поршневым буром

Ливингстона. Пробы изучены набором аналитических методов в лаборатории палеоархивов природной среды ИГ РАН: серия литологических методов, магнитная восприимчивость, видовой состав диатомовых водорослей для части колонки. Получены даты ¹⁴C AMS в интервале 7–19.14 м по растительным макроостаткам мха и общему углероду органических соединений вмещающих слоев озерного суглинка и гиттии. Для получения данных о максимальных мощностях озерных отложений выполнены геофизические работы, результат которых исключил дальнейшее бурение скважины GAT-6A и привел к поиску нового места для извлечения керна.

*Автор для переписки.

Адрес e-mail: zaanleo@gmail.com (А.Л. Захаров)

Поступила: 14 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.



2. Материалы и методы

В целях установления геологического строения бортов и днища котловины Сарского болота проведено электротомографическое исследование с помощью 48-канальной электроразведочной аппаратуры «СКАЛА 48K12» (ООО «КБ Электрометрии», г. Новосибирск). Были выбраны четыре установки: трёхэлектродная для достижения максимальной глубины зондирования, а также симметричная Веннера, Шлюмберже и дипольно-осевая для повышения разрешающей способности в верхней части разреза. Для выявления остаточных аномалий, связанных со вторичными электрическими токами, применялся метод вызванной поляризации. Шаг между электродами 5 м обеспечивал максимальную достоверную глубинность исследования до 70 м. Полученные данные были обработаны двумерной инверсией по методу наименьших квадратов с использованием сглаживающего оператора и дополнительной минимизацией контрастности. В результате построены два радиальных профиля, охватывающие нижние части северного и восточного склонов и пересекающихся в районе опорной скважины GAT6a в центральной части котловины. Протяжённость субмеридианального профиля составила 1075, субширотного – 955 м.

3. Результаты и обсуждение

Проведённое электротомографическое исследование выявило ряд электрофизических фаций. Фация 1: поверхностный слой постоянной мощности 5–9 м с высокими средними показателями удельного электрического сопротивления (УЭС) – 100–250 Ом*м, до 400–500 Ом*м. Высокие показатели УЭС обусловлены крайне низкой минерализацией воды в приповерхностных разуплотнённых торфах, мощность фации хорошо коррелирует с мощностью водно-торфяной толщи, вскрытой в разведочных скважинах GAT1-5, 7 и опорной – GAT-6A. У края современного уреза болота приповерхностная фация 1 замещается (и подстилается) второй высокоомной фацией 2 с близкими средними показателями УЭС: 100–200 Ом*м, до 300 Ом*м на восточном борту и 100–300 Ом*м, до 550 Ом*м – на северном. Высокие показатели УЭС фации 2 предварительно связаны с песчаным составом и низкой влажностью ледниковых и водноледниковых отложений, формирующих борта котловины. Приповерхностная маломощная низкоомная фация 3 мощностью не более 4 м с показателями УЭС 40–60 Ом*м приурочена исключительно к нижним частям склонов выше уреза современного болота и связана с толщиной склоновых суглинистых отложений. Вторая и основная низкоомная фация 4 (10-20 Ом*м, до 30 Ом*м) выполняет неровности днища котловины и представлена сплошной линзой средней мощностью 15–20 м с отдельными переуглублениями в северной (до 35–40 м) и восточной части (до 40–45 м) современного болота. На основании анализа кернового материала опорной скважины GAT-6A основ-

ная низкоомная фация 4 связана с мощной толщей горизонтально-слоистых озёрных отложений: суглинков и гиттии с высокой минерализацией, обуславливающих их хорошую электропроводность. Высокоамплитудная (15-35 м) волнистая подошва озёрных осадков (фация 4) предварительно связана с первичной ледниковой топографией, обусловившей сложную форму котловины. Нижняя фация 5, формирующая днище котловины, имеет диапазон УЭС от 40 до 120 Ом*м, что соответствует показателям глубоко залегающих ледниковых отложений, измеренным ранее на Борисоглебской возвышенности (Valdai Periglacial Guidebook, 2023).

4. Заключение

Геоморфологическая автономность и малая площадь водосбора (7.5–7.7 км²) котловины Сарского болота способствовали направленному и циклическому седиментогенезу, ограниченному лишь склоновыми, эоловыми и органогенными *in situ* источниками осадочного материала. Послойные вариации показателей содержания углерода органических соединений, карбонатов, а также крупнопылеватой и песчаных фракций минеральной массы вскрывают локальные условия активизации и затухания склоновой эрозии в котловине, эолового поступления вещества и динамики биопродуктивности палеозера в позднем валдае.

Благодаря проведенным геофизическим исследованиям и полученным радиоуглеродным датировкам выяснилось, что расположение скважины GAT-6A не соответствует самым большим мощностям заполнения котловины, что позволит в будущем правильно выбрать место для извлечения керна с палеоархивом на весь поздний неоплейстоцен, а не только на максимум оледенения и позднеледниковье. Обнаруженные максимальные мощности достигают 60 метров и приурочены к центральным частям профилей, что соответствует скорее периферии болота, а не центру, где кровля ледниковых отложений залегает на глубине всего лишь 30 метров.

Благодарности

Работа выполнена в рамках гранта РФФ 23-77-10063 «Реконструкция природных событий по высокоразрешающим седиментационным палеоархивам центра Восточно-Европейской равнины за последние 25 тысяч лет».

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

Valdai Periglacial Field Symposium Guidebook, 27–30 August. 2023. In: Garankina E., Konstantinov E., Lobkov V., Makeev A., Panin A., Shorkunov I. (Eds.), Moscow: IG RAS.