

Postglacial peat accumulation in the interfluvium of the Mologa and Sheksna rivers (NW East European Plain)

Short communication

LIMNOLOGY
FRESHWATER
BIOLOGYSadokov D.O.^{1*}, Tsyganov A.N.², Pastukhova Yu.A.², Mazei N.G.², Mazei Yu.A.^{1,2}¹ Shenzhen MSU-BIT University, International University Park Road, 1, Dayun New Town, Longgang District, Shenzhen, Guangdong Province, 518172, P.R. China² Lomonosov Moscow State University, Leninskiye gory, 1, Moscow, 119234, Russia

ABSTRACT. The Mologa-Sheksna Lowland peatlands represent incredibly valuable archives of information for reconstruction of the Holocene regional palaeoenvironmental dynamics. A profound application of multiproxy techniques (AMS dating, XRF scanning, testate amoebae and loss on ignition analyses), coupled with a palaeogeographical review, enabled us to perform a robust reconstruction of peat deposition and main palaeoenvironmental milestones during the Holocene. Peat accumulation started ~11.0 cal. ka BP over the upland watershed areas, preceded by mineral lacustrine sedimentation. In smaller enclosed basins, peat accumulation took place from ~8.7 cal. ka BP. Oscillations in accumulation rates and decomposition degree of peat along the cores provide evidence for dry Middle Holocene (8.6–4.4 cal. ka BP) and a 2-ka time lag in oligotrophic peat deposition onset between the two different geomorphological localities.

Keywords: peatlands, Mologa-Sheksna lowland, Late Holocene, testate amoebae, x-ray fluorescence

For citation: Sadokov D.O., Tsyganov A.N., Pastukhova Yu.A., Mazei N.G., Mazei Yu.A. Postglacial peat accumulation in the interfluvium of the Mologa and Sheksna rivers (NW East European Plain) // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - P. 606-611. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-606

1. Introduction

Holocene palaeoenvironmental evolution of the boggy plains in the central Mologa-Sheksna Lowland (MSL) is poorly investigated. Large palaeolakes occupied the area in the postglacial time, but their configuration and timing remain unclear. Little and scarce data has been obtained recently for the small lakes of the MSL, that enabled to reconstruct mainly Late Glacial sedimentation patterns. The region is very diverse in terms of palaeohydrological dynamics, which conditioned the bog formation greatly. The research is aimed at providing evidence for, and interpretation of peat accumulation variance in the context of regional palaeo-landscape evolution.

2. Materials and methods

Peat sequences were obtained from the central parts of the bogs “Koporskiy Mokh” (N 58.55954° E 37.98909°) and “Bolshoy Mokh” (N 58.54343° E 37.56911°). Both sampling sites are located within the

water divide of the rivers Mologa and Sheksna (Fig. 1) in Darwin Nature Biosphere Reserve (NW of the East-European Plain). The area is characterized by intensive development of mires. Ombrotrophic peatlands are the most typical landscape element in the area. Core sampling was performed using a Russian half-cylindrical peat corer (chamber width 5 cm, length 100 cm). Right after extraction, the cores were photographed, packed into plastic tubes and rolled with film and sticky tape.

The intact cores were XRF-scanned on GeotekCoreWorkstation (MSCL-XYZ) (Rh-anode, resolution 4 mm). After that, the cores were cut to contiguous samples by 1 cm. AMS¹⁴C age values were obtained for 5 samples from the Koporskiy Mokh, and for 7 samples from Bolshoy Mokh deposits (Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences), and calibrated with the use of the IntCal20 calibration curve. Additionally, analyses of testate amoebae (TA) community composition, and loss on ignition (LOI) (550°C) measurements were carried out for the cores from the Koporskiy Mokh.

*Corresponding author.

E-mail address: dmitriisadokov@gmail.com (D.O. Sadokov)

Received: June 10, 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.



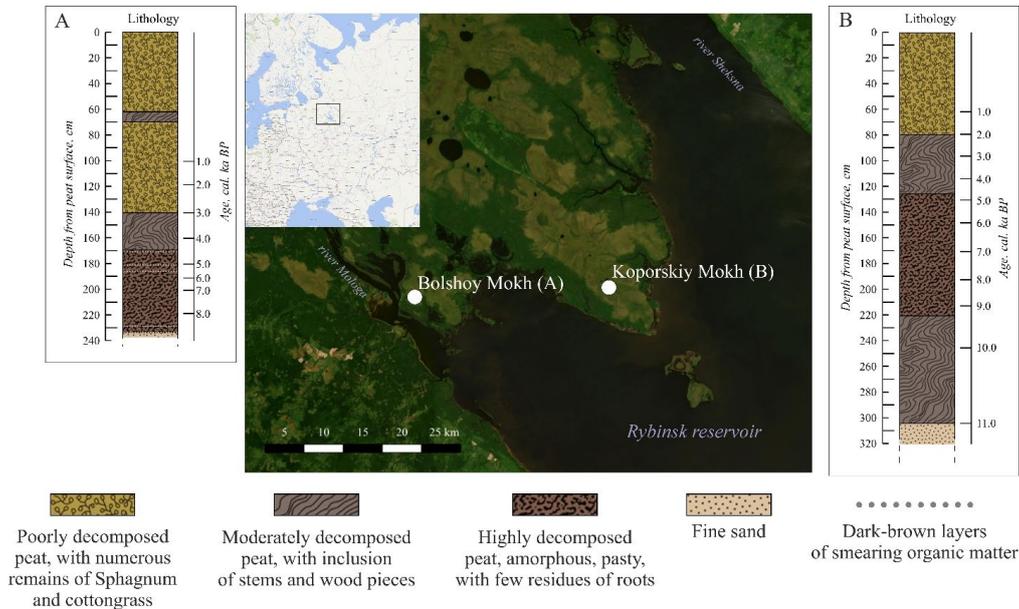


Fig.1. Geographical position of the peat sampling sites (center), lithology and chronostratigraphy of the studied peat deposits from the mires Bolshoy Mokh (A) and Koporskiy Mokh (B).

3. Results and discussion

A sequence of total thickness 320 cm was obtained from the bog “Koporskiy Mokh” in 2021. The oldest strata of silty gyttja, dating back to ~11.2 cal. ka BP, are underlain by fine sand, which is typical for the regional lacustrine-alluvial plain. Geochemical signal (Fe, Ti, K and Si content) provides reliable evidence for the shift from the mineral to organic sedimentation regime, i.e. from a shallow waterlogged lake to a mire, which is a characteristic feature of the Pleistocene / Holocene transition in the area (Sadokov et al., 2022). Additionally, a bioproductivity increase has been noticed for the period 11.0–10.5 cal. ka BP, as derived from ratio $Ca/(Al + Ti + Fe)$ plot and LOI analysis (values raised abruptly from 3% to 93%). The highest peat accumulation rate at Koporskiy Mokh site – 0.5 mm/yr – was determined for the deepest part of the record (11.0 – 9.3 cal. ka BP), then dropped to 0.2 mm/yr and remained at this level during 9.3 – 2.0 cal. ka BP. From ~2.0 cal. ka BP until the present day, peat accumulation rate has been around 0.3–0.4 mm/yr.

Peat sequence from the bog “Bolshoy Mokh”, 237 cm long in total, was obtained in 2022. The age of oldest organic-rich peaty silt was determined as ~8.7 cal. ka BP. The underlying sandy strata had not been retrieved with the corer, but nevertheless, the lowermost peat layers showed notably greater mineral matter content than above, which implies basal bedding of fine sand. This was evidenced by a prominent decline in the composition of mineragenic elements (Fe, Ti) at the bottom, which reflects a transition from enhanced mineral input into the basin to clearly organic sedimentation type. Peat decomposition rate changes upwards from highly humified (8.7–4.4 cal. ka BP, accumulation rate 0.1–0.2 mm/yr) to moderately decomposed (4.4–3.0 cal. ka BP, accumulation rate 0.2 mm/yr), and to poorly decomposed peat (since ~4.4 cal. ka BP, accu-

mulation rate 0.4–0.5 mm/yr). Several pronounced dark-brown layers of smearing organic matter (OM) were observed in the lower part of the sequence within the unit of highly decomposed peat deposits. Visually, these layers have been corresponded to fire events.

A transition from lacustrine to peat sedimentation conditions was traced in the Koporskiy Mokh sequence for the Early Holocene, which is characteristic of stepwise palaeolake drainage, that previously had been covering the central MSL. Presumably, this drainage occurred rapidly 11.2–11.0 cal. ka BP, as derived from the change from mineral to organic deposition, and was followed by progressive peat accumulation (as stated previously by Denisenkov et al., 1976). A short-term period of relatively stable lake level stand at the Koporskiy Mokh site was noticed ~11.1 cal. ka BP (also seen in core lithology as layers of peaty silt), which supposedly lasted less than 100 years. This halt agrees with the course of the overall lacustrine drainage at the Holocene onset reconstructed from the Lake Khotavets sediments (basin of river Mologa) (Sadokov et al., 2022).

The main difference between the studied sites is that peat deposition at the Bolshoy Mokh started much later (~8.7 cal. ka BP) than at the Koporskiy Mokh (~11.0 cal. ka BP). It is likely that this discrepancy can be explained by differences of geomorphological setting between the two sites, i.e., the regional flat watershed area (for the Koporskiy Mokh) and well-drained lacustrine delta terrain (for the Bolshoy Mokh).

Both investigated sequences exhibit features of climate drying during the Middle Holocene (8.8/8.6–4.4 cal. ka BP). This evidence is supported mainly by similarity of highly decomposed peat structure from both sites, by testate amoeba community structure that signals of decreased water table depth at the Koporskiy Mokh, and by a series of supposedly fire-induced layers in the Bolshoy Mokh sequence.

Overall oligotrophization of the mires in the interfluvium of the rivers Mologa and Sheksna occurred widely in the Late Holocene, but with a time lag between the localities. Thus, high accumulation rate of poorly decomposed (or almost undecomposed) peat was traced from ~4.4 cal. ka BP for the Bolshoy Mokh and from ~2.0 cal. ka BP for the Koporskiy Mokh, until nowadays. The difference of the ombrotrophic bog stage onset time between the sites may relate to more pronounced internal and surficial runoff, which eventually evolved on the upland watershed of the Koporskiy Mokh, and sustained peat formation with moderate decomposition rate. Thus, by the Late Holocene, the local hydrology caused a 2-ka time lag for the Koporskiy Mokh, in comparison to a steadier peatland development of the Bolshoy Mokh with a smaller local dome.

4. Conclusions

Peat deposition within the central parts of large bogs in the interfluvium of the Mologa and Sheksna rivers started asynchronously between ~11.0 and ~8.7 cal. ka BP. The extensive bogs were preceded by palaeolakes, which drained soon after the Holocene onset. Stepwise palaeolake drainage was recorded in the Mologa-Sheksna central watershed peat sequence in the Early Holocene, with a short stabilization of a shallow lake level ~11.1 cal. ka BP. Dry climate with frequent wildfires is suggested for the Middle Holocene (8.6–4.4 cal. ka BP). The ombrotrophic conditions established

on the bogs of the MSL unequally between ~4.4 and ~2.0 cal. ka BP, which supposedly was caused by local differences in bog hydrology.

Acknowledgements

The authors are grateful to Dr. Dmitriy G. Borisov for assistance with XRF measurements, and to Dr. Andrey V. Kitashov, Dr. Ding Ping for AMS¹⁴C dating. The study was supported by the Russian Science Foundation grant No. 24-14-00065, <https://rscf.ru/project/24-14-00065/>.

Conflict of interests

The authors declare no conflicts of interest.

References

- Denisenkov V., Kalugina L., Khomutova V. 1976. On the palaeobotanical characteristics of bogs of the central Mologa-Sheksna Lowland. North-West of the European part of the USSR: 10. Problems of palaeogeography and geochronology of the upper Pleistocene and Holocene of the Russian Plain Northwest. 113–122 (In Russian).
- Sadokov D., Sapelko T., Fedorov G. 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)

Накопление торфа в междуречье рек Мологи и Шексны (СЗ Восточно-Европейской равнины) в послеледниковье

Краткое сообщение

LIMNOLOGY
FRESHWATER
BIOLOGYСадоков Д.О.^{1*}, Цыганов А.Н.², Пастухова Ю.А.², Мазей Н.Г.², Мазей Ю.А.²¹ Университет МГУ-ППИ в Шэньчжэне, улица Гоцзидасюэюань, 1, Даюньсиньчэн, район Лунган, Шэньчжэнь, провинция Гуандун, 518172, КНР² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Ленинские горы, 1, Москва, 119234, Россия

АННОТАЦИЯ. Торфяники Молого-Шекснинской низменности представляют собой ценные палеоархивы, содержащие большой объем информации для реконструкции региональной голоценовой палеоэкологической динамики. Благодаря применению большого количества аналитических методов (AMS датирование, РФА сканирование, анализ раковинных амёб и потерь при прокаливании), совместно с палеогеографическим обзором, была выполнена реконструкция динамики торфообразования и основных палеоэкологических изменений в голоцене. На водораздельных участках накопление торфа началось ~11.0 кал.тыс.л.н., сменив минерагенную озерную седиментацию. В малых замкнутых котловинах начало накопления торфа фиксируется с ~8.7 кал.тыс.л.н. Колебания скорости торфообразования, степени разложения торфа, изменения в структуре сообщества раковинных амёб и обнаружение характерных минеральных текстур в изученных колонках позволили реконструировать сухие условия в среднем голоцене (8.6-4.4 кал.тыс.л.н.) и задержку в наступлении олиготрофной стадии развития болот (на 2 тысячи лет) для участков в разных геоморфологических условиях.

Ключевые слова: торф, Молого-Шекснинская низменность, голоцен, раковинные амёбы, рентгенофлуоресцентный анализ

Для цитирования: Садоков Д.О., Цыганов А.Н., Пастухова Ю.А., Мазей Н.Г., Мазей Ю.А. Накопление торфа в междуречье рек Мологи и Шексны (СЗ Восточно-Европейской равнины) в послеледниковье // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - С. 606-611. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-606

1. Введение

Природно-климатическая динамика заболоченных равнин центра Молого-Шекснинской низменности (МШН) в голоцене практически не изучена. Крупные палеоозёра занимали территорию низменности в послеледниковое время, однако их конфигурация в пространстве и во времени остаются не исследованными. В последние годы были получены новые результаты по отдельным малым озерам МШН, что позволило реконструировать прежде всего особенности седиментации в позднеледниковье, однако этих данных недостаточно для понимания голоценовой эволюции торфяников. В различных секторах участка исследования характерным образом проявлялась разная палеогидрологическая динамика, что в значительной степени обусловило развитие торфяников. Цель исследования заключается в интерпретации изменений

в динамике накопления торфа в контексте региональной эволюции палеоландшафтов.

2. Материалы и методы

Колонки торфяных отложений были получены в центральных частях болот «Копорский Мох» (58.55954° с.ш., 37.98909° в.д.) и «Большой Мох» (58,54343° с.ш., 37,56911° в.д.). Оба участка расположены в междуречье рек Мологи и Шексны (Рис. 1), в Дарвинском государственном природном биосферном заповеднике (северо-запад Восточно-Европейской равнины). Территория междуречья сильно заболочена, в основном, верховыми торфяниками. Отбор кернов торфяных отложений выполнялся с использованием русского полуцилиндрического бура (диаметр пробоотборника 5 см, длина – 100 см). Сразу после отбора керны фотографиро-

*Автор для переписки.

Адрес e-mail: dmitriisadokov@gmail.com (Д.О. Садоков)

Поступила: 10 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.



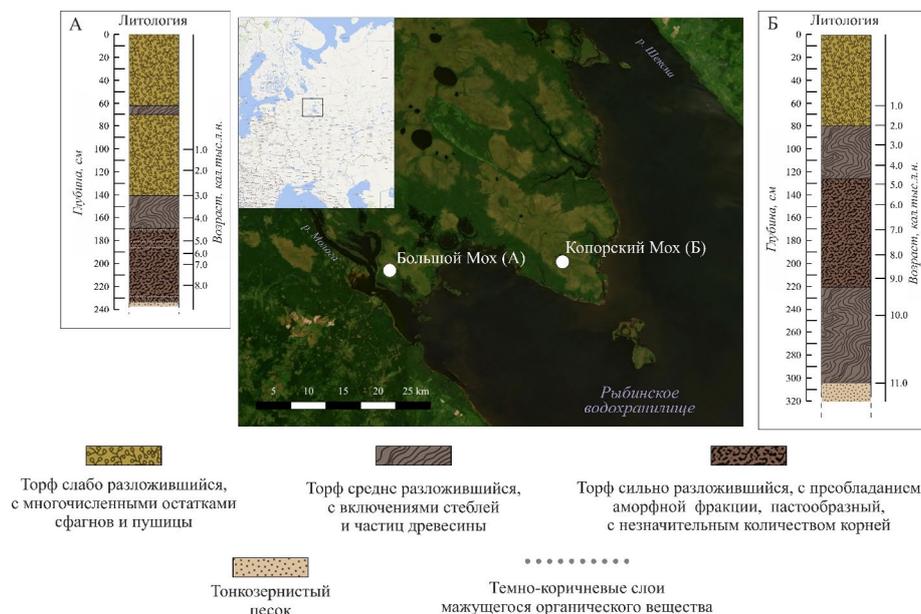


Рис.1. Географическое положение участка отбора образцов торфа (в центре). Литология и хроностратиграфия изученных торфяных отложений с болот «Большой Мох» (А) и «Копорский Мох» (Б).

вались, обрачивались в полиэтиленовую пленку и упаковывались в пластиковые трубы.

Рентгенофлуоресцентное (РФА) сканирование целых кернов выполнялось на оборудовании GeotekCoreWorkstation (MSCL-XYZ) (Rh-анод, разрешение 4 мм). После этого керны были разделены на образцы по 1 см. Определение возраста выполнялось методом AMS¹⁴C в Институте геохимии Гуанчжоу (Китайская Академия наук), для 5 образцов с болота Копорский Мох и для 7 образцов с болота Большой Мох. Полученные значения возраста были откалиброваны с использованием калибровочной шкалы IntCal20. Для образцов с болота Копорский Мох также были выполнены анализы структуры сообщества раковинных амёб (РА) и потерь при прокаливании (ППП) при 550°C.

3. Результаты и обсуждение

На участке Копорский Мох в 2021 году была получена колонка отложений общей мощностью 320 см. Наиболее древние горизонты, представленные алевритистой гиттией, имеют возраст ~11.2 кал.тыс.л.н., и подстилаются супесями, что характерно для местных озерно-аллювиальных равнин. По геохимическому сигналу (содержание Fe, Ti, K и Si) надежно определяется смена режима осадконакопления с минерагенного на органогенное. Это, в свою очередь, соотносится с переходом мелководного зарастающего озера в торфяно-болотную стадию, что по времени и характеру изменений согласуется с известными региональными реконструкциями на этапе завершения плейстоцена и начала голоцена (Sadokov et al., 2022). Кроме того, по результатам применения соотношения Ca/(Al+Ti+Fe) и ППП (рост значений с 3% до 93%) 11.0- 10.5 кал.тыс.л.н. отмечается увеличение палеобиопродуктивности и накопления органического вещества. Наибольшая скорость торфонакопления

для Копорского Мха (0.5 мм/год) была получена для самой глубокой части разреза (11.0-9.3 кал.тыс.л.н.), после чего скорость снизилась до 0.2 мм/год и оставалась на этом уровне в течение времени 9.3- 2.0 кал.тыс.л.н. Начиная с ~2.0 кал.тыс.л.н. и до настоящего времени скорость накопления торфа составляет 0.3-0.4 мм/год.

Колонка торфа с болота Большой Мох общей мощностью 237 см была отобрана в 2022 году. Биогенные (торф и торфосапропель) отложения на этом участке охватывают временной интервал до ~8.7 кал.тыс.л.н. Подстилающие песчаные слои не были отобраны в ходе бурения, однако их близость подтверждается наличием значительно большего количества минерального вещества в нижних горизонтах колонки. Также, резкий спад содержания минерагенных химических элементов (Fe, Ti), при движении от основания колонки вверх, отражает переход от активного привноса минерального материала в бассейн к типично органогенному седиментогенезу. Степень разложения торфа изменяется снизу вверх, от хорошо разложившегося (8.7- 4.4 кал.тыс.л.н., скорость накопления 0.1-0.2 мм/год) к умеренно разложившемуся (4.4- 3.0 кал.тыс.л.н., скорость накопления 0.2 мм/год), и к слабо разложившемуся до практически неразложившегося торфа (с ~4.4 кал.тыс.л.н. до наших дней, скорость накопления 0.4-0.5 мм/год). В нижней части колонки выделяются несколько заметных темно-коричневых слоев мажущегося органического вещества (ОВ), в составе фации хорошо разложившегося торфа (Рис. 1). По визуальному обследованию эти слои были приняты за следы пожаров (насыщенные углями).

В раннем голоцене в отложениях с Копорского Мха отмечается переход от озерных к торфяно-болотным условиям седиментации, что сможет быть сопоставлено с постепенным дренированием одного из крупных палеозер, существовавших в центре

МШН в позднем плейстоцене. Предположительно, дренирование было стремительно направленным около 11.2- 11.0 кал.тыс.л.н. На это указывает характер смены режима седиментогенеза, а также последовавшее прогрессивное накопление торфа (на что ранее указывали Денисенков и др., 1976). В течение короткого периода ~11.1 кал.тыс.л.н., длительность которого, по всей видимости, не превышала 100 лет, была зафиксирована кратковременная стабилизация уровня палеоводоёма (что также выражено в литологии в виде тонкого прослоя торфосапропеля). Эта приостановка спада уровня на фоне общей направленной древнеозерной регрессии в начале голоцене, корректно соотносится с аналогичными выводами, сделанными при исследованиях донных отложений озера Хотавец (бассейн р. Мологи) (Sadokov et al., 2022).

Основная разница в ходе биогенной седиментации между двумя обследованными участками заключается в том, что на болоте Большой Мох торфонакопление началось значительно позже (~8.7 кал.тыс.л.н.), чем на болоте Копорский Мох (~11.0 кал.тыс.л.н.). Вероятно, эти различия могут быть объяснены разницей в геоморфологических характеристиках обоих участков, а именно – приуроченности Копорского Мха к плоской водораздельной поверхности более высокой ступени рельефа, в отличие от Большого Мха, занимающего хорошо дренируемые участки озёрной дельты с более динамичными гидрологическими условиями.

В обеих изученных колонках были отмечены признаки наступления засушливых условий в среднем голоцене (8.8 / 8.6- 4.4 кал.тыс.л.н.). В частности, на это указывает сходство структуры хорошо разложившегося торфа на диапазонах глубин, соответствующих представленным датам, а также характеристика сообществ амеб, отражающих понижение уровня болотно-грунтовых вод на участке Копорского Мха, и серия слоёв, ассоциируемых с палеопожарами, в разрезе с болота Большой Мох.

Олиготрофизацию болот в междуречье рек Мологи и Шексны можно считать общерегиональным ландшафтообразующим процессом в позднем голоцене, охватившим практически все болотные массивы, однако, в разные временные промежутки. Так, резкое возрастание темпов накопления слабо разложившегося (или практически неразложившегося) торфа отмечаются между ~4.4 кал.тыс.л.н. для Большого Мха и ~2.0 кал.тыс.л.н. для Копорского мха. Различия в наступлении олиготрофной стадии заболачивания между изученными участками могут быть связаны с более активными процессами болотного и поверхностного (ручьевого) стока, характерно проявившимися на возвышенном водораздельном участке Копорского Мха, которые удерживали болотную систему в мезотрофном состоянии (и способствовали накоплению торфа умеренной степени

разложения). Таким образом, можно предположить, что к позднему голоцену местные гидрологические условия обусловили разницу в 2 тыс.л. в наступлении олиготрофной стадии болота Копорский Мох, в отличие от более направленной эволюции и прироста купольного торфяника Большой Мох, достигшего этой стадии ранее.

4. Заключение

Накопление торфа в центральных частях крупных болот междуречья рек Мологи и Шексны началось асинхронно между ~11.0 и ~8.7 кал.тыс.л.н. Заболачивание началось после дренирования палеоозер в начале голоцена. Последовательное снижение уровня палеоозёр в раннем голоцене отразилось на структуре торфяной залежи центрального водораздела р. Мологи и р. Шексны. В ходе дренирования отмечается короткий эпизод стабилизации древнеозёрного уровня около ~11.1 кал.тыс.л.н. Для среднего голоцена (8.6- 4.4 кал.тыс.л.н.) были реконструированы сухие климатические условия с частыми пожарами. Близкие к современным олиготрофные условия начали устанавливаться на болотах МШН неравномерно, между ~4.4 кал.тыс.л.н. и ~2.0 кал.тыс.л.н., что предположительно было обусловлено местными различиями в гидрологии болот.

Благодарности

Авторы выражают благодарность Д.Г. Борисову за помощь в выполнении РФА сканирования. Исследование было выполнено в рамках проекта РНФ № 24-14-00065, <https://rscf.ru/project/24-14-00065/>.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

Денисенков В.П., Калугина Л.В., Хомутова В.И. 1976. О палеоботанической характеристике болот центральной части Молого-Шекснинской низменности. Северо-Запад европейской части СССР. Вып. 10. Проблемы палеогеографии и геохронологии верхнего плейстоцена и голоцена Северо-Запада Русской равнины. 113-122.

Sadokov D., Sapelko T., Fedorov G. 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)