

# The Holocene evolution of floodplain mire geosystems in the southeastern part of the Meshchera lowlands



Mazei N.G.<sup>1,2,\*</sup>, Shatunov A.E.<sup>1,2</sup>, Novenko E.Yu.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Leninskie Gory, 1, Moscow, 119991, Russia

<sup>2</sup>Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, 29 Staromonetny Lane, building 4, Moscow, 119017, Russia

**ABSTRACT.** The results of paleoecological studies of peat deposits in the area of the southeastern part of the Meshchera lowlands (Mostovoye mire) based on the analyses of peat properties, plant macrofossils, charcoal, pollen and radiocarbon dating are presented. The mire was formed in the oxbow depression on the floodplain of the Goose River around 9480 cal. yr. BP and was eutrophic throughout most of the Holocene. Drastic changes in the dynamics of the mire, namely its transition to the mesotrophic stage, characterized by a decrease in the degree of peat decomposition, occurred about 70 years ago. The results of the pollen analysis show the existence of birch-pine forests in combination with shrub thickets formed by *Betula nana* in the period 9480-8750 cal. yr. BP. In the subsequent stages, the vegetation cover turned to a combination of broad-leaved, birch-pine forests and riverine forests with alder. Frequent fires, both natural and anthropogenic, have favored the development of birch and pine forests over the last millennium.

**Keywords:** Meshchera lowlands, Holocene, peatland, vegetation dynamics, plant macrofossils, pollen analysis

**For citation:** Mazei N.G., Shatunov A.E., Novenko E.Yu. The Holocene evolution of floodplain mire geosystems in the southeastern part of the Meshchera lowlands // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - P. 434-439. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-434

## 1. Introduction

Peatlands play a key role in storing carbon and influencing the levels of greenhouse gases in the atmosphere. The study of vegetation dynamics, peatland initiation and development during the Holocene is of great importance in order to propose appropriate tools for environmental management in a changing climate. Peatlands and forested mires cover 30-35% of the area of the Meshchera lowlands (Dyakov et al., 2020). It's therefore important to understand the patterns and mechanisms of the long-term evolution of peatland landscapes dominated by carbon sink geosystems.

## 2. Materials and Methods

The study area is located in the Klepikovskiy district of the Ryazan region in the southeastern part of the Meshchera lowlands in the vicinity of the Lesunovo village. The relief includes slightly undulating plains with absolute heights of 110–125 m a.s.l., composed of moraine deposits of the Don glaciation, overlain by a thick layer of fluvio-glacial sands (up to 4 m). The

climate is temperate continental. The moisture index is between 1.2 and 1.4, which, together with the flat, slightly undulating topography of the plain, determines the high proportion of peatland in the landscape. The vegetation cover of the region is dominated by pine forests.

Peat cores from Mostovoye bog were subsampled for analysis at 3 cm sampling intervals. Radiocarbon dating, bulk density and loss-on-ignition (GOST 28245-89) measurements, pollen analysis (Moore et al., 1991) and plant macrofossils analysis (Dombrovskaya et al., 1959) were carried out. Radiocarbon dating of the samples was conducted at the Institute of Environmental Management of the National Academy of Sciences of Belarus. The model of peat accumulation was constructed using the package Bacon in the R software environment.

## 3. Results and Discussion

The Mostovoye mesotrophic mire is located on the floodplain of the Goose River in an ancient oxbow depression. The total area of the mire is 4.8 hectares.

\*Corresponding author.

E-mail address: [natashamazei@mail.ru](mailto:natashamazei@mail.ru) (N.G. Mazei)

**Received:** June 10, 2024; **Accepted:** July 01, 2024;

**Available online:** August 26, 2024

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



The peat deposit (120 cm deep) is underlain by lacustrine sediments, with medium and fine-grained gley sands underneath.

The accumulation of lacustrine sediments with high organic matter content began in the Mostovoye mire around 9480 cal. yr. BP. At the initial stage (9480 to 8950 cal. yr. BP), there was a shallow overgrowing lake (Fig.1) marked by indicator species such as *Stratiotes aloides* and *Nymphaea* sp. surrounded by birch-pine forests with Poaceae and Cyperaceae in herbaceous layer. Up to 10% of *Betula nana* pollen in assemblages indicates a presence of shrub plant communities.

Final oxbow shallowing and peat inception occurred at 8950 cal. yr. BP, indicated by a sharp increase in LOI. (Fig. 1).

In the period 8750–6850 cal. yr. BP (depth 118–100 cm), the local vegetation was dominated by *Carex rostrata*, *C. lasiocarpa*, *Menyanthes trifoliata* and other grasses, with a low proportion of feather mosses, indicating the eutrophic stage of peatland development. The composition of the pollen assemblages suggests that broad-leaved forests were spreading across the surrounding landscape (*Quercus*, *Tilia*, *Ulmus* contributed up to 10–15% of the pollen assemblages).

In the period 6850–6300 cal. yr. BP (100–95 cm) peat consists (up to 95%) of woody residues (*Betula* sp., *Alnus* sp., *Pinus* sp.), which is probably due to fires, as the peaks of wood remains coincide with charcoal particles in the peat layers.

In the period 6300–3800 cal. yr. BP (depth 95–76 cm), changes in the climate and the water regime of the floodplain led to the flooding of the peat bog. The proportion of different *Sphagnum* moss species in the peat increased (up to 30%), while the proportion of sedges decreased slightly. A rise in the amount of *Alnus* pollen (up to 20%) indicates the predominance of riverine forests around the mire. Broad-leaved forests with an admixture of pine and birch were widespread in the watersheds.

During the next phase, from 3800 to 2200 cal. yr. BP (depth 76–64 cm), the mire was periodically burned and a woody birch peat was formed. *Pinus*, *Betula*, *Tilia* and *Quercus* formed the terrestrial forests, while the

spruce gradually increased its abundance.

The period of 2200–1100 cal. yr. BP (depth 64–52 cm) is characterized by increasing of peatland moisture. A significant amount of *Alnus* pollen indicates the spread of floodplain forests. The occurrence of *Sphagnum subsecundum*, *Sphagnum* sp. with admixtures of *Eriophorum* sp., *Carex rostrata*, *C. lasiocarpa*, *C. sp.* in the peat indicates the formation of a sedge-sphagnum fen.

At a depth of 50–47 cm (985–810 cal. yr. BP) a layer of birch peat with a wood residue content of up to 65% was found. A high abundance of macroscopic charcoal particles was also observed in this layer, that may indicate a large fire with a significant area and impact. A series of charcoal layers in peat in this interval can be interpreted as either controlled burning of forests or as fires in already human fragmented forests. The proportion of *Artemisia*, Poacea, Cerealia pollen and anthropogenic indicator species in the pollen assemblages increases sharply. Drastic changes in peat-forming plants, such as the expansion of woody vegetation into the peatland, also indicate significant changes in the local environmental conditions and surface wetness (obviously, the Medieval climatic optimum).

In the period from 810 cal. yr. BP to mid XXth century AD (depth 47–27 cm), the mire was characterized by eutrophic conditions. Highly decomposed sedge peat occurred with an increasing amount of *Carex* and the remains of *Betula* sp.

At a depth of 36 cm, a very sharp boundary in the peat sequences was recorded, which appeared as sharp changes in the colour of the peat and its degree of decomposition. This boundary is marked by a 0.2 cm layer of charcoal. Radiocarbon dating for the charcoal layer indicates its formation after 1950 AD (approximately 70 years ago).

The upper peat horizon at a depth of 36–27 cm is represented by slightly decomposed sedge peat (*Carex rostrata*, *C. lasiocarpa*, *Eriophorum*), with small inclusions of birch bark.

The uppermost 27 cm of the peat core is represented by loose, watered mesotrophic *Sphagnum* peat (*Sphagnum majus*, *S. fallax*) with a low content of

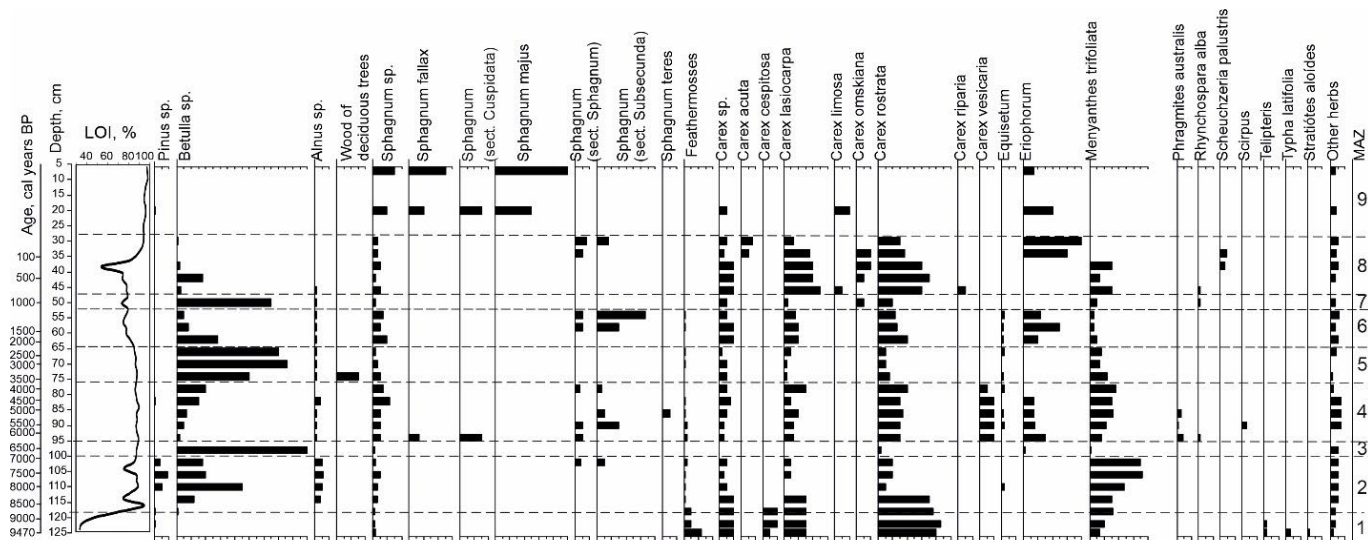


Fig.1. Diagram of the plant macrofossils composition and loss-on-ignition (LOI) of the peat core from the Mostovoye mire.

*Eriophorum* (7%). The area around the mire was occupied by *Pinus-Betula* forests, with some *Alnus* and a small amount of *Picea*.

#### 4. Conclusions

1. The evolution of the Mostovoye mire in the Holocene was determined both by specific hydrological and geomorphological factors, as well as by the processes of peatland self-development and accumulation of peat. According to the data obtained, the transition of the peatland from an oxbow lake to a fen was detected at 8950 cal. yr. BP. The fen-bog transition occurred only ca. 70 years ago.
2. In the period 9480–8750 cal. yr. BP regional vegetation was represented by a mosaic of birch-pine forests with shrub thickets of *Betula nana*. In the following stages, the vegetation cover consisted of different combinations of deciduous broad-leaved and pine forests and riverine woodlands with alder.

#### Acknowledgements

The study was carried out with the financial support of the Russian Science Foundation (project No. 24-27-00096).

#### Conflict of interests

The authors declare that there is no conflict of interests.

#### References

- GOST 28245-89. 1990. Peat. Methods for determining the botanical composition and degree of decomposition. Moscow.
- Dombrovskaya A.V., Koreneva M.M., Prizon S.N. 1959. Atlas of plant residues found in peat. Moscow: State Energy Publishing House.
- Dyakonov K.N., Novenko E.Y., Mazei N.G. et al. 2020. The age of peatlands and peatland formation stages in plesie landscapes of the East European Plain. *Doklady Earth Sciences* 492(2): 464–470.
- Moore P.D., Webb J.A., Collinson M.E. 1991. *Pollen Analysis*. Blackwell, Oxford.

# Эволюции пойменных болотных геосистем юго-восточной части Мещерской низменности в голоцене

Краткое сообщение

LIMNOLOGY  
FRESHWATER  
BIOLOGYМазей Н.Г.<sup>1,2,\*</sup>, Шатунов А.Е.<sup>1,2</sup>, Новенко Е.Ю.<sup>1,2</sup><sup>1</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, Ленинские горы, д.1, Москва, 119991, Россия<sup>2</sup> Институт географии РАН, Старомонетный переулок, дом 29, стр. 4, Москва, 119017, Россия

**АННОТАЦИЯ.** В статье представлены данные комплексных палеоэкологических исследований территории юго-восточной части Мещерской низменности. Приведены результаты изучения свойств торфяной залежи, ботанического анализа торфа, содержания прослоев угля, спорово-пыльцевого анализа и радиоуглеродного датирования разреза болота Мостовое. Полученные данные показали, что болото сформировалось в старичном понижении высокой поймы реки Гусь около 9480 кал. л.н. и на протяжении почти всего периода своего существования находилось на эвтрофной стадии развития. Резкие изменения в геосистеме болота – переход к мезотрофной стадии, уменьшение степени разложения торфа произошли около 70 лет назад. Согласно результатам палинологического анализа на исследуемой территории в период 9480–8750 кал. л.н. были распространены березово-сосновые леса в сочетании с кустарниковыми сообществами, образованными *Betula nana*, которые очевидно, были унаследованы от перигляциальной растительности. На последующих этапах растительный покров представлял собой сочетание широколиственных, берёзово-сосновых лесов и пойменных лесов с участием ольхи. Развитию березово-сосновых лесов в течение последнего тысячелетия способствовали частые пожары, обусловленные, как действием естественных причин, так и влиянием антропогенного фактора.

**Ключевые слова:** Мещерская низменность, голоцен, болотные геосистемы, динамика растительности, ботанический состав торфа, спорово-пыльцевой анализ

Для цитирования: Мазей Н.Г., Шатунов А.Е., Новенко Е.Ю. Эволюции пойменных болотных геосистем юго-восточной части Мещерской низменности в голоцене // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - С. 434-439. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-434

## 1. Введение

Исследования истории болотообразовательного процесса в Мещерской низменности, где болота и заболоченные леса охватывают значительные площади (около 30-35% территории) и занимают, как правило, субдоминантные, а иногда и доминантные урочища, в настоящее время особенно актуальны (Дьяконов и др., 2020). Болота играют ключевую роль в накоплении углерода и оказывают влияние на содержание парниковых газов в атмосфере. В условиях меняющегося климата изучение динамики растительности, возраста болот и выявление факторов, определяющих эти процессы на протяжении голоцена, приобретает большое значение для решения вопросов охраны окружающей среды и оптимизации природопользования.

## 2. Материалы и методы исследований

Исследуемая территория находится в Клепиковском районе Рязанской области в юго-восточной части Мещерской низменности в окрестностях деревни Лесуново. В рельефе района исследований представлены слабоволнистые равнины с абсолютными высотами 110-125 м н.у.м., сложенные моренными отложениями донского оледенения, перекрытыми мощной толщей флювиогляциальных песков (до 4 м). Климат умеренный, умеренно-континентальный. Коэффициент увлажнения – 1,2–1,4, что совместно с условиями плоского рельефа и слабой расчленённости территории определяет большую степень заболоченности региона. В растительном покрове региона преобладают сосновые леса.

Материалами для реконструкции эволюции

\*Автор для переписки.

Адрес e-mail: [natashamazei@mail.ru](mailto:natashamazei@mail.ru) (Н.Г. Мазей)

Поступила: 10 июня 2024; Принята: 01 июля 2024;

Опубликована online: 26 августа 2024

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



пойменных болот послужили материалы детальных исследований болота Мостовое: радиоуглеродного датирование, определения объемного веса и зольности торфа (ГОСТ 28245-89), спорово-пыльцевой анализ (Moore et al., 1991), ботанический анализ торфа (Домбровская и др., 1959). Интервал отбора образцов составлял 3 см. Радиоуглеродное датирование образцов проведено в Институте природопользования НАН Беларуси. Модель скорости аккумуляции торфа была выполнена при помощи программы *Vacon* в программной среде R.

### 3. Результаты и обсуждение

Мезотрофное болото Мостовое расположено на высокой пойме реки Гусь. Общая площадь болота составляет 4,8 га. Торфяная залежь (мощностью 120 см) подстилается оторфованными старичными отложениями, ниже которых залегает песок средне- и мелкозернистый глеевый.

Судя по составу отложений и положению в рельефе, болото Мостовое начало свое развитие в старичном понижении на высокой пойме реки Гусь примерно 9480 кал. л.н. (календарных лет назад). В период с 9480 до 8950 кал. л.н. на месте современного болота существовал мелкий зарастающий водоем (рис.1), отмечены индикаторы озерной стадии: *Stratiótes aloídes*, *Nymphaéa* sp) вокруг которого произрастали березово-сосновые леса, с преобладанием в травянистом ярусе растений семейства *Roaceae*, *Cyperaceae*, отмечено до 10% пыльцы *Betula pana*.

Окончательное обмеление водоема и начало болотной стадии развития относится к рубежу 8950 кал. л., отмечается резкий рост потерь при прокаливании (рис. 1).

В период 8750-6850 кал. л.н. (глуб. 118-100 см) в локальной растительности преобладали *Carex rostrata*, *C. lasiocarpa*, *Menyanthes trifoliata* и другие травы с небольшим участием зеленых мхов, что указывает на эвтрофную стадию развития болота. В спорово-пыльцевых спектрах отмечено участие широколиственных пород (*Quercus*, *Tilia*, *Ulmus*, до 10-15%), отражающее распространение широколиственных формаций в районе исследований.

В период 6850-6300 кал. л.н. (100-95 см) торф представлен остатками древесных растений (*Betula* sp., *Alnus* sp., *Pinus* sp.), их доля достигает 95% что, вероятно, обусловлено пожарами, поскольку пики их содержания совпадают со скоплениями угольков в образцах и визуальными различиями прослоями угля в торфяной колонке.

В период 6300-3800 кал. л.н. (глуб. 95-76 см) изменения климата и водного режима поймы привели к обводнению болота увеличению участия в сложении торфяной залежи различных видов *Sphagnum* (до 30%), небольшому снижению участия осок. Появление значительного количества пыльцы *Alnus* (до 20%) говорит о преобладании пойменных лесов вокруг болота. На водоразделах сохранялись широколиственные леса с участием сосны и березы.

В течение следующей фазы с 3800 до 2200 кал.

л.н. (глуб. 76-64 см) болото периодически горело, формировался древесный березовый торф. Лесные сообщества формировали сосна, береза, липа и дуб, постепенно начала увеличивать свое участие ель.

С периодом 2200-1100 кал. л.н. (глубина 64-52 см) связан новый этап увеличения влажности в болотной геосистеме. Значительное количество пыльцы *Alnus*, свидетельствует о разрастании пойменных лесов, а представленные в торфяной залежи *Sphagnum subsecundum*, *Sp. sp.*, с примесью *Eriophorum* sp., *Carex rostrata*, *C. lasiocarpa*, *C. sp.* указывают на формирование низинного осоково-сфагнового торфа.

На глубине 50-47 см (период 985-810 кал. л.н.) выделен прослой березового торфа, в котором содержание древесных остатков составляет 65%. Здесь же отмечен и резкий всплеск макрочастиц угля, что может указывать на значительный по площади и воздействию крупный пожар, а остальные колебания макрочастиц угля на данном этапе можно интерпретировать либо как контролируемые выжигания лесов, либо как возгорания уже фрагментированных антропогенным воздействием лесных массивов. В спорово-пыльцевых спектрах резко увеличивается доля полыни, злаков и видов-антропогенных индикаторов. Наблюдаемая резкая смена растений торфообразователей указывает на существенные изменения и условий среды, распространение древесной растительности на болоте в период 1200-810 кал. л.н. (очевидно, Средневековый климатический оптимум).

В период с 810 кал. л.н. до середины XX века н.э. (глуб. 47-27 см) в болоте существовали эвтрофные условия. Формировался сильно разложившийся осоковый торф, в ботаническом составе торфа значительно увеличивается доля осок с примесью остатков *Betula* sp.

На глубине 36 см в торфяной залежи болота зафиксирована очень резкая граница, выделенная по цвету торфа и степени разложения, отделенная от вышележащих слоев прослоем угля, толщиной 0.2 см. Радиоуглеродная датировка для этого прослоя указывает на его формирование после 1950 г. н.э. (приблизительно 70 лет назад). Верхний горизонт торфа на глубине 30-36 см представлен слабо-разложившимся осоковым торфом (*Carex rostrata*, *C. lasiocarpa*, *Eriophorum*), с небольшими включениями коры березы.

Выше по разрезу степень разложения торфа уменьшается, верхние 27 см разреза представлены рыхлым, обводненным сфагновым переходным торфом (*Sphagnum majus*, *Sp. fallax*) с небольшим содержанием пушицы (7%). Окружающая болота растительность на данном этапе представлена сосново-березовыми лесами с примесью ольхи и небольшим количеством ели.

### 4. Выводы

1. Эволюция болота Мостовое в голоцене определялось как конкретными гидрологическими и геоморфологическими факторами, так и про-

цессами саморазвития болота и накопления торфяной залежи. Согласно полученным данным переход болотной геосистемы из стадии низинного болота в стадию переходного произошел только около 70 л. н.

2. В период 9480–8750 кал. л.н. на исследуемой территории были распространены березово-сосновые леса и ерниковые сообщества с *Betula nana*, очевидно, унаследованные от перигляциальной растительности. На последующих этапах растительный покров представлял собой различные сочетания широколиственных, березово-сосновых лесов и пойменных лесов с участием ольхи.

### Благодарности

Исследование выполнено при поддержке проекта РНФ № 24-27-00096.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Список литературы

- ГОСТ 28245-89. 1990. Торф. Методы определения ботанического состава и степени разложения. Москва.
- Домбровская А.В., Коренева М.М., Тюремнов С.Н. 1959. Атлас растительных остатков, встречаемых в торфе. М.: Государственное энергетическое издательство.
- Дьяконов К.Н., Новенко Е.Ю., Мазей Н.Г. и др. 2020. Возраст болот и этапы болотообразования в полесских ландшафтах Восточно-Европейской равнины. Доклады РАН. №2, С.464-470.
- Moore P.D., Webb J.A., Collinson M.E. 1991. Pollen Analysis. Blackwell, Oxford.