

**ДИНАМИКА ЛАНДШАФТОВ
ТЕРРИТОРИИ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «СЕБЕЖСКИЙ»
НА ПРОТЯЖЕНИИ ПОСЛЕДНИХ 16 000 ЛЕТ**

**Куприянов Д.А.^{1,2}, Писарчук Н.М.³, Шатунов А.Е.¹, Бородина К.А.¹,
Тимашкова А.В.³, Кукса А.А.³**

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,

²Институт археологии РАН,

г. Москва, Российская Федерация,

³Белорусский государственный университет,

г. Минск, Республика Беларусь

pisarchuk@bsu.by

Представлены результаты реконструкции ландшафтов национального парка «Себежский» на основе данных изучения нового разреза методами: спорово-пыльцевой и антракологический анализ, потери при прокаливании и гумификации, моделирование роста отложений, кластерный анализ, радиоуглеродное датирование. Комплексное исследование позволило реконструировать динамику ландшафтов национального парка на протяжении последних 16 000 лет.

Ключевые слова: национальный парк «Себежский», спорово-пыльцевой анализ, антракологический анализ, гумификация торфа, потери при прокаливании, болотные отложения, изменения климата, динамика растительного покрова, лесные пожары, радиоуглеродное датирование.

Введение. Национальный парк «Себежский» является особо охраняемой природной территорией федерального значения и образован Постановлением Правительства РФ 8 января 1996 г. с целью сохранения уникального природного комплекса южной части Псковской области. Для изучения динамики ландшафтов национального парка в качестве модельного участка было выбрано болото Шкреды, представляющий типичный для данной территории комплекс (рисунок 1). Болотные комплексы наряду с озерными являются детальными палеоархивами природной среды за счет высокой сохранности различных органических и неорганических остатков, поступающих в котловину с окружающей территории. Исследования стратиграфии болотных комплексов на основе комплексного анализа отложений позволяют реконструировать процессы, происходившие непосредственно на самом болоте и на прилегающей к нему территории в прошлом.

Материалы и методы исследований. Полевые работы проведены в августе 2020 г. В результате бурения отложений болота Шкреды отобрано 520 см отложений, из которых верхние 335 см представлены торфом, подстилаемым 180 см озёрных отложений (гиттия), ниже (5 см) – органоминеральная смесь со значительным содержанием средне- и крупнозернистого песка. Полученные керны отложений каждые 5 см разрезаны для проведения анализа потерь при прокаливании и гумификации торфа и спорово-пыльцевой анализ, каждый 1 см для проведения анализа концентрации макроскопических частиц угля. Основным методом при изучении болотных отложений был спорово-пыльцевой анализ. Лабораторная обработка образцов поведена по стандартной методике [1]. Подсчет спорово-пыльцевого материала в препарате составлял не менее 500 зерен. Процентное содержание

пыльцы рассчитывалось от общей суммы пыльцы древесных, кустарниковых, кустарничковых растений (AP), травянистых, водно-болотных растений (NAP) и споровых (Spores) – $AP + NAP + Spores = 100 \%$. Обработку данных и построение спорово-пыльцевой диаграммы выполнили с помощью пакета RIOJA в программной среде R [9].

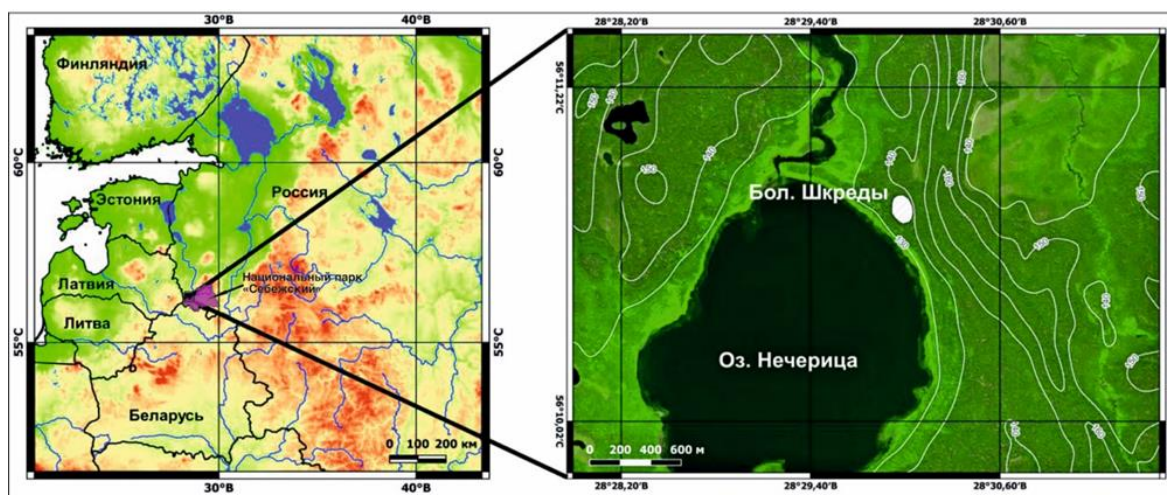


Рисунок 1 – Положение района исследований

Примечание: использован космический снимок съёмочной системы Geoeye-1 с пространственным разрешением 1,65 м, горизонтали сформированы на основе цифровой модели рельефа SRTM и проведены через каждые 10 м.

Анализ концентрации макроскопических частиц угля в торфах и озёрных отложениях, анализ потерь при прокаливании, определение гумификации торфа были основаны на стандартных методиках [6, 7, 10]. Определение абсолютного возраста радиоуглеродным методом выполнено в филиале «Институт геологии» РУП «НПЦ по геологии» для 6 образцов. Калибрация радиоуглеродных дат образцов производилась по Оксфордской международной калибровочной шкале с использованием программы Calib 7.10. Модель роста отложений представлена на рисунке 2.

Представленная территория расположена на стыке бореальных, переходных к суббореальным ландшафтов низменных озёрно-ледниковых песчаных и супесчаных равнин с холмисто-моренными возвышенностями в области валдайского оледенения. Территория характеризуется умеренным, умеренно континентальным климатом, среднегодовыми температурами воздуха $4,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ со средними температурами июля $17 \text{ }^{\circ}\text{C}$, января – минус $8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ и средним годовым количеством осадков в диапазоне 600-700 мм. Заболоченность относительно невелика и для территории национального парка составляет около 8%.

Исследуемое болото Шкреды расположено на террасе озера Нечерица, относящегося к бассейну Западной Двины, на стыке флювиогляциальной и озёрно-ледниковой равнин с преобладанием песков в качестве литогенной основы. Преобладающий растительный покров – сосняки-зеленомошники, характерные для подобных ландшафтов [3]. Однако в целом степень разнообразия растительного покрова относительно велика: для территории национального парка описано 860 видов высших сосудистых растений [4].

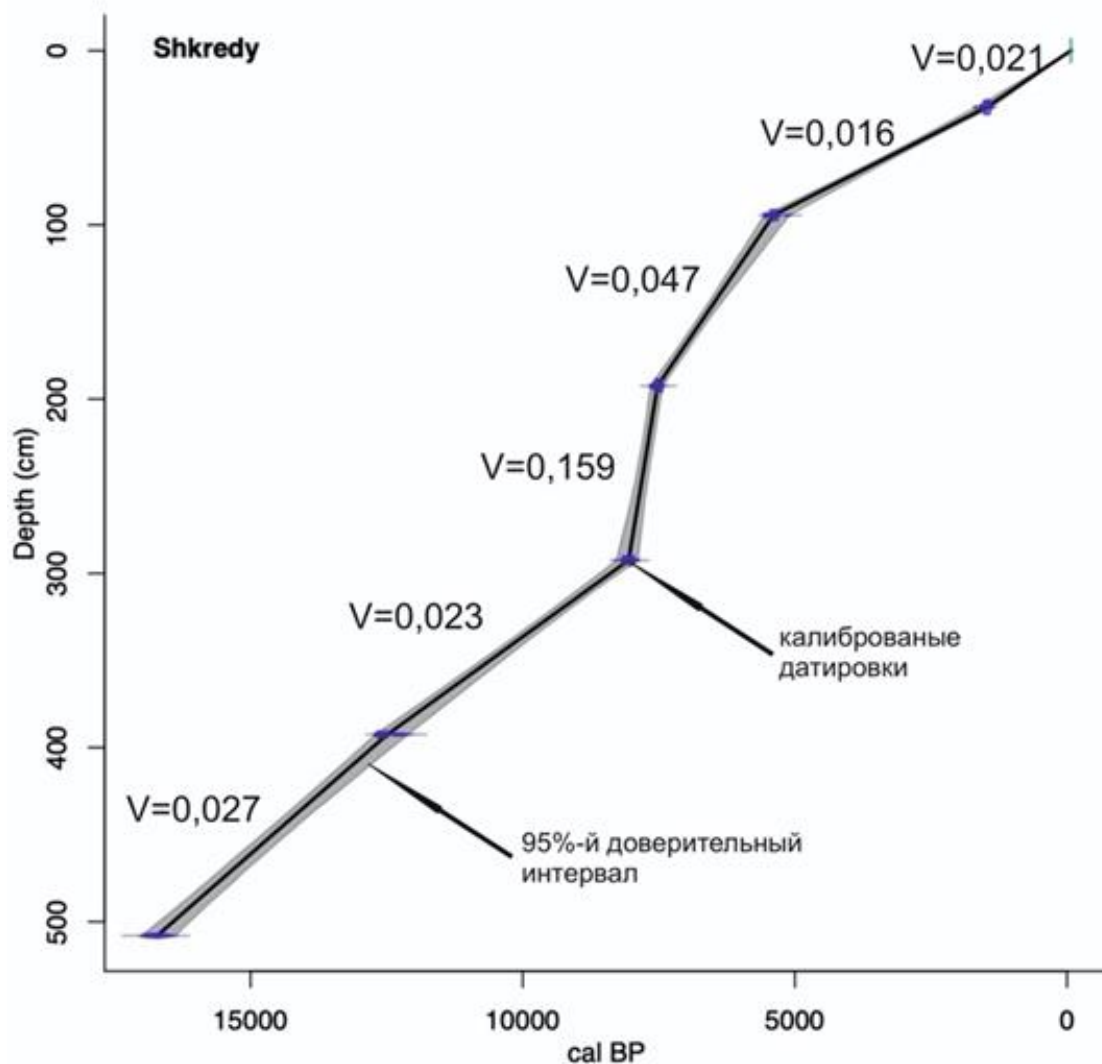


Рисунок 2 – Модель роста отложений болота и скорость накопления отложений (V) разреза Шкреды

Результаты и их обсуждение. Полученные результаты анализа свойств торфяной залежи и спорово-пыльцевого анализа позволили установить несколько этапов развития ландшафтов, прилегающих к изучаемому разрезу. Результаты сопоставления данных представлены на рисунке 3.

На основании изменений в составе спектров выделено восемь пыльцевых зон, объединенных в три фазы развития растительности.

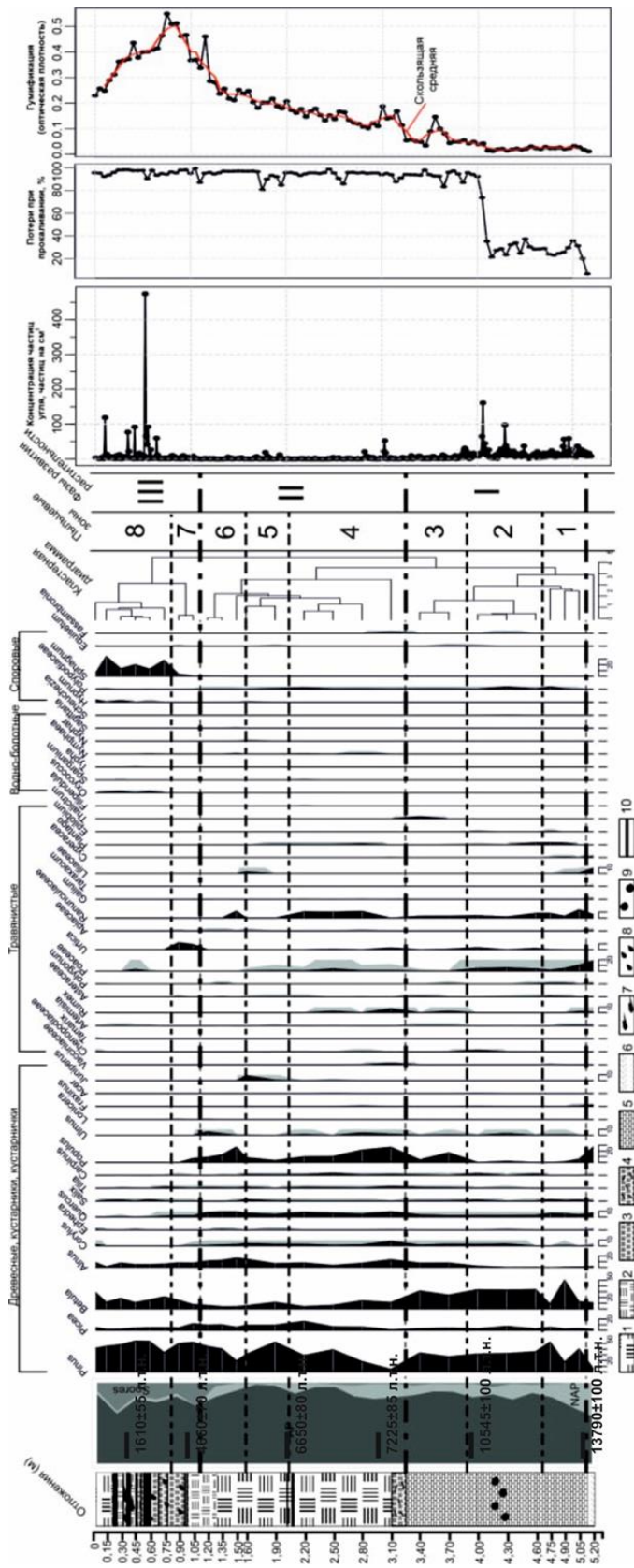


Рисунок 3 – Результаты исследования отложений болота Шкреды

(спорово-пыльцевой анализ, антропологический анализ,

анализ потерь при прокаливании и гумификации, радиоуглеродное датирование):

- 1 – торф, светло-коричневый, сфагново-травяной; 2 – торф коричневый, травяной с включением сфагновых мхов; 3 – торф, темно-коричневый, травяно-сфагновый; 4 – торф, темно-коричневый, слабой степени разложения, моховый; 5 – гиттия; 6 – торф, слабого-коричневый; 7 – торф, слабого-коричневый; 8 – торф, слабого-коричневый; 9 – включения раковин и моллюсков; 10 – угольные прослойки

Пыльцевая зона 1 (520-465 см, 16000-15000 кал.л.н.) характеризуется высоким содержанием пыльцы травянистых растений, из которой господствует пыльца *Ranunculaceae* и злаковых. Присутствует пыльца разнотравья (*Polygonum*, *Asteraceae*, *Artemisia*, *Rumex*) и осоковых. Доля пыльцы древесных пород составляет 60 %. Это зона максимального содержания пыльцы *Betula*. Отмечено участие в спектре пыльцы *Quercus*, *Populus*, из кустарников – *Corylus* и *Salix*. Из споровых в спектрах участвует пыльца *Polypodiaceae*. Отложения представлены гиттией, характеризующейся потерями при прокаливании в диапазоне от 5 % на глубине 515-520 до 22-38 % в вышележащих горизонтах, что говорит о преобладании неорганических остатков в составе отложений. Скорость роста отложений 0,036 см/год.

В пыльцевой зоне 2 (465-390 см, 15000-12000 кал.л.н.) отмечено увеличение доли древесных пород до 85 %. Значительно участие пыльцы *Pinus* и *Betula*. Немного снижается содержание пыльцы *Quercus* относительно предыдущей зоны, при увеличении доли пыльцы *Corylus* и появлении пыльцы *Carpinus* и *Ulmus*. В пыльцевых спектрах среди травянистых растений снижается содержание пыльцы злаковых и *Ranunculaceae*, появляется пыльца *Chenopodiaceae*. Среди спор в спектрах участвуют *Polypodiaceae* (на прежнем уровне относительно предыдущей зоны) и *Fassambronia*. Отложения представлены гиттией, но при этом анализ потерь при прокаливании показывает резкий рост значений с 21 % до 92-96 % верхней части зоны, что свидетельствует о резкой смене седиментационных условий (вероятно, от открытого озёрного водоёма, к закрытому небольшому озеру болотного типа), сопровождавшейся сокращением поступления неорганического материала и резким увеличением поступления органики. Скорость роста отложений снижается до 0,027 см/год.

Пыльцевая зона 3 (390-325 см, 12000-9500 кал.л.н) отмечается возрастанием доли древесных растений за счет появления в спектрах пыльцы *Alnus*, *Populus*. Содержание пыльцы *Pinus* и *Picea* ниже, чем в предыдущих двух зонах, *Quercus* и *Corylus* на уровне предшествующей зоны. В составе трав появляется пыльца *Thalictrum*, которая в других зонах выше и ниже по разрезу не отмечается. Содержание спор минимально среди выделенных пыльцевых зон. Отложения также представлены органической гиттией, со скоростью роста 0,023 см/год.

Пыльцевая зона 4 (325-200 см, 9500-7500 кал.л.н.) выделена по падению содержания пыльцы *Betula*, возрастанию пыльцы *Picea*, *Quercus*, *Populus* (первый максимум), *Ulmus* (первый максимум), *Carpinus*, появлению в спектрах пыльцы *Tilia*, *Vacciniaceae*. Для зоны характерно устойчивое высокое содержание пыльцы *Ranunculaceae*. Из сопутствующей пыльцы напочвенного яруса характерны *Poaceae*, *Rumex*, *Urtica*, *Plantago*. В пыльцевом спектре начинает появляться пыльца водно-болотных растений (*Nymphaeae*, *Sparganium*). Среди споровых в начале зоны незначительно *Fassambronia*, к концу зоны выпадает из спектра уступающая место *Polypodiaceae*. Отложения представлены торфом, преимущественно состоящим из остатков трав и сфагновых мхов. Скорость роста отложений резко возросла и составляла 0,065 см/год.

В пыльцевой зоне 5 (200-155 см, 7500-6700 кал.л.н.) отмечается пик содержания пыльцы *Pinus*, пыльца *Juniperus* (уникальна для выделенной зоны) при прежних уровнях содержания пыльцы широколиственных (*Q.m.*) и мелколиственных древесных. Относительно выше- и нижележащих зон характеризуется наличием пыльцы *Salix*. Для пыльцы NAP (минимальные показатели для всего разреза) характерно выпадение из спектра отмеченных выше травянистых, появление *Liliaceae*. Из споровых прежние значения *Polypodiaceae*, появление (но на низких значениях) *Equisetum*. Отложения, также, как и в предыдущей зоне, представлены торфом, преимущественно состоящим из остатков трав и сфагновых мхов. Скорость роста отложений несколько снизилась и составляла 0,053 см/год.

Для пыльцевой зоны 6 (155-110 см, 6700-5700 кал.л.н.) характерно снижение пыльцы *Pinus* при прежних значениях *Picea* и *Betula*, возрастании долей *Alnus* и *Quercus*. Для пыльцевой зоны отсечены вторые пики содержания *Populus* и *Ulmus*, появление *Ephedra*, падение участия пыльцы *Corylus*. Основная пыльца среди наземного покрова *Ranunculaceae*, при участии в спектре *Asteraceae*, *Polygonum*. Из пыльцы водно-болотных растений отмечены *Nymphaeae*, *Nyphar*, *Sagittaria*. Содержание споровых незначительно – *Polypodiaceae*, *Sphagnum*. Отложения представлены травяно-сфагновыми торфами и скорость их роста продолжает снижаться (0,046 см/год).

Пыльцевая зона 7 (110-80 см, 5700-4500 кал.л.н.) отмечается резкой сменой общего состава: AP 70 %, NAP 2 %, Spores 28 %. Из древесных высокие значения *Pinus*, снижается содержание пыльцы *Picea*, *Alnus*, *Quercus*, *Populus*, выпадает из спектра *Ulmus*. Среди NAP пика достигает *Urtica*. Среди споровых отмечено планомерное возрастание содержания *Sphagnum*. Скорость роста отложений сократилась вдвое и составила 0,024 см/год.

Пыльцевая зона 8 (80-0 см, 4500 кал.л.н – наст. время) соответствует верхней части разреза. Характерно возрастание пыльцы споровых преимущественно за счет пыльцы *Sphagnum* и *Hypnum*. Выделяется по возрастанию пыльцы *Betula* и снижению пыльцы *Picea*. Вновь появляется пыльца *Salix*. Из травянистых отмечается участие в спектре пыльцы злаковых, *Artemisia*, в верхней части зоны *Chenopodiaceae* и *Polygonum*. На протяжении всей зоны отмечается пыльца *Oxycoccus*. Отложения также представлены торфами, преимущественно состоящими из остатков сфагнома и различных трав. Скорость роста отложений составляла 0,017 см/год.

Выделенные пыльцевые зоны соответствуют трем фазам развития растительности (рисунок 2). Фаза развития растительности I (16000-9500 кал.л.н.) характеризуется преобладанием хвойно-широколиственных лесов со значительным участием березы в древостое. Значительная концентрация макроскопических частиц угля (и сопутствующие им колебания значений потерь при прокаливании) в отложениях I фазы свидетельствуют о значительной роли лесных пожаров в формировании растительных сообществ. Вероятно, именно обилие лесных пожаров могло способствовать значительному участию берёзы в древостоях.

Во II фазу развития растительности (9500-5700 кал.л.н.) по-прежнему сохранялись хвойно-широколиственные леса с более значительным участием термофильных элементов в составе древесного яруса. Показатели концентрации частиц угля и потерь при прокаливании свидетельствуют от том, что пирогенное воздействие на экосистемы было эпизодическим и не приводило к коренным сменам растительных сообществ. При этом показатель гумификации указывает на низкую степень разложения торфа, что является косвенным индикатором относительно влажных климатических условий, благоприятных для участия термофильных элементов в составе растительных сообществ и не способствующих возникновению лесных пожаров. Также о влажных условиях говорит появление в спектрах пыльцы водно-болотных растений, что может говорить об увеличении обводненности территории.

Следующая фаза развития растительности – III (5700 кал.л.н. – нас. время) – березово-сосновые леса с повсеместным развитием процессов заболачивания лесных геосистем, о чем свидетельствует появление в спектрах значительного участия *Sphagnum*. На протяжении всей фазы характерны частые лесные пожары, сопровождающиеся незначительным притоком неорганического вещества в болотную котловину. При этом анализ гумификации торфа свидетельствует о том, что относительно сухие климатические условия были характерны в первую очередь для первых двух третей фазы, а для последней трети климатические условия характеризовались меньшей тепло- и влагообеспеченностью (вероятно, данный этап соответствует малому ледниковому периоду), но при этом активность лесных пожаров сохранялась на том же уровне, что косвенно свидетельствует о высокой пирогенной активности в экосистемах для данной фазы развития растительности. Объясняется как естественным климатическим фактором, так и антропогенным прессом. В целом, такая ситуация характерна для большинства ландшафтов с песчаной литогенной основой (как более чувствительных к пожарам) центральной части Восточно-Европейской равнины [5, 8]. Аналогичная картина синхронного снижения доли *Picea* и увеличения доли *Betula* в пыльцевых спектрах также отмечена и в наиболее близко расположенному к изучаемому разрезу болоту «Освея» [2], где эта смена интерпретируется как иссушение климата, что в случае разреза Шкреды подтверждается результатами анализа гумификации торфа, где показан резкий рост степени разложения торфа, вызванного, вероятно, снижением уровня болотных вод.

Заключение. Проведенные исследования показали, что ландшафты национального парка Себежский за последние 16000 лет прошли три фазы развития растительности: I – преобладание хвойно-широколиственных лесов со значительным участием березы, II – распространение хвойно-широколиственных лесов со значительным участием термофильных элементов, III – господство березово-сосновых лесов и развитие процессов заболачивания.

Благодарности. Исследования выполнены при финансовой поддержке БРФФИ № X21PM-043 и РФФИ № 20-55-04003.

Библиографические ссылки

1. Гричук, В.П. Методика обработки осадочных пород, бедных органическими остатками для целей пыльцевого анализа. В: Проблемы физической географии, 1940. Вып. 8. С. 53-58.
2. Зерницкая, В.П., Матвеев, А.В., Ракович, В.А., Колосов, И.Л. Позднеледниковая и голоценовая история развития Освейского водно-болотного комплекса на севере Беларуси. В: Літасфера, 2019. № 1 (50). С. 26-41.
3. Иванов, И.А., Спасов, В.П., Иванов, А.И. Почвы Псковской области и их сельскохозяйственное использование. Великие Луки, 1998. 272 с.
4. Конечная, Г.Ю. Видовой список сосудистых растений. Национальный парк «Себежский». В: Псковские особо охраняемые природные территории федерального значения. Вып. 1. Псков, 2005. С. 244-264.
5. Куприянов, Д.А., Новенко, Е.Ю. Реконструкция истории лесных пожаров в южной части Мордовского заповедника в голоцене по данным анализа макроскопических частиц угля в торфе. В: Труды Мордовского государственного природного заповедника им. П.Г. Смидовича, 2021. Вып. 26. С. 176-192.
6. Chambers, F.M., Beilman, D.W., Yu Z. Methods for determining peat humification and for quantifying peat bulk density, organic matter and carbon content for palaeostudies of climate and peatland. In: Mires and Peat, 2010. Vol. 7. P. 1–10.
7. Dean W.Jr. Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: comparison with other methods. In: Journal of Sediment Research, 1974. Vol. 44. P. 242-248.
8. Novenko, E., Tsyganov, A., Volkova, E., Kupriyanov, D.A., Mironenko, I.V., Babeshko, K.V., Utkina, A.S., Popov, V., Mazei, Y.A. 2016. Mid- and Late Holocene vegetation dynamics and fire history in the boreal forest of European Russia: A case study from Meshchera Lowlands. In: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. Vol. 459. P. 570-584.
9. Juggins, S. Rioja: Analysis of Quaternary Science Data, R Package Version, 0.9-15, 2017.
10. Mooney, S., Tinner W. The analysis of charcoal in peat and organic sediments. In: Mires and Peat, 2011. Vol. 7. P. 1-18.