



ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕРА ЗГОНСКОЕ, МОЛОГО-ШЕКСНИНСКАЯ НИЗМЕННОСТЬ

✉ Суворова А.Н.¹, Садоков Д.О.², Савельева Л.А.¹

¹СПбГУ, Санкт-Петербург, Россия

²Университет МГУ-ППИ в Шэньчжэне, Шэньчжэнь, Китай

✉ st069392@student.spbu.ru

Состав и изменение спорово-пыльцевых комплексов голоцена Молого-Шекснинской низменности содержит целый ряд противоречий. С целью изучения динамики растительности в голоцене методом спорово-пыльцевого анализа изучены озерно-болотные отложения озера Згонское. Результаты измерения магнитной восприимчивости и изучения распределения геохимических индикаторов по разрезу позволили выявить динамику интенсивности процессов палеоседimentации, палеоэрозии и палеогидрологии в озере. На основе сопряженных исследований, а также сопоставления полученных палинологических данных с ранее опубликованными, прослежено изменение спорово-пыльцевых комплексов Молого-Шекснинской низменности в течение голоцена. Так, пребореальный период характеризуется доминированием пыльцы *Picea*, бореальный – *Betula* sect. *Albae* или *Pinus*, в атлантическом периоде значительно увеличивается роль пыльцы *Alnus* и широколиственных пород деревьев, а в суббореальном и субатлантическом – уменьшается роль пыльцы широколиственных и резко возрастает роль пыльцы *Picea*. Геохимические индикаторы (K, Fe, Ca/Si, магнитная восприимчивость) позволили выявить в нижней части колонки последовательное снижение палеоэрозии синхронно с ростом биопродуктивности, которая оставалась на высоком уровне в верхней части разреза.

Ключевые слова: голоцен, Молого-Шекснинская низменность, спорово-пыльцевой анализ, рентгенофлуоресцентный анализ, магнитная восприимчивость, озерно-болотные отложения

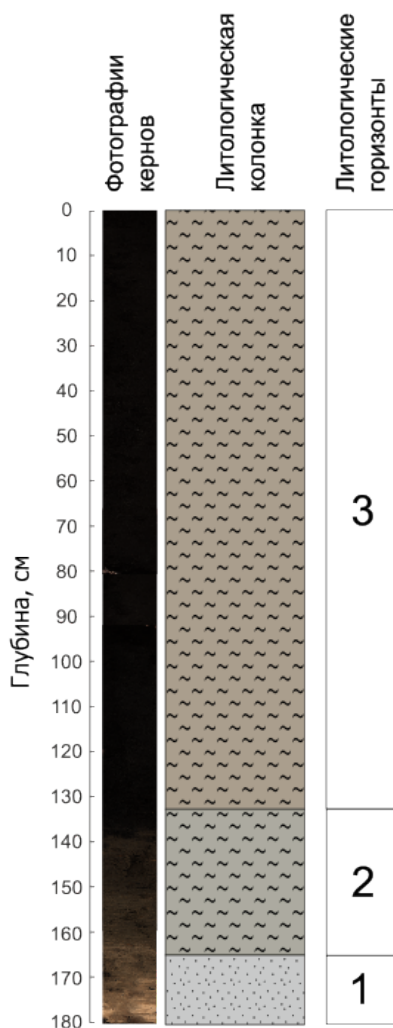
Введение. Молого-Шекснинская низменность (МШН) – малоизученный район северо-запада и центральной частей Русской равнины с точки зрения палеогеографии. История развития растительности в голоцене всё ещё содержит множество спорных моментов и противоречий, особенно в отношении динамики растительного покрова в этот период.

Значительная часть палинологических исследований голоценовых отложений была выполнена в ходе геологической съемки в 60-70-е годы (Ауслендер В.Г., Николаев Ю.В., Смирнов В.И. Отчет о комплексной геолого-гидрогеологической съемке м-ба 1:200000, проведенной в районе г. Устюжны Вологодской области. Л.: ВСЕГЕИ, Инв. № 6439, 1964; Мокриенко З.М., Александрова Н.А., Ауслендер В.Г., Полуэктов Л.Н., Черваков Ю.И., Боровикова Н.А. Отчет о групповой комплексной геолого-гидрогеологической съемке масштаба 1:200 000 бассейна р. Суды Вологодской области (1972–76 гг.) [отчет]. Л.: ВСЕГЕИ. Инв. № 13523, 1976). Большинство разрезов МШН, вскрывающие голоценовые отложения, зачастую неполные и не имеют подтверждения времени образования абсолютными датировками. Современные работы, в которых представлены полные разрезы голоцена с абсолютными датировками, немногочисленны. Это разрезы болот “Дедово поле” и “Закозье” (Информационный отчет о результатах научно-исследовательских работ по “созданию регионального банка микропалеонтологических данных и уточнению микропалеонтологического обоснования стратиграфии четвертичных отложений севера и северо-запада Русской плиты” / книга 1; отв. исполнитель - Плешивцева Э.С., - Санкт-Петербург, 2002. - Инв. № 27290), болота “Серебрянниковское” [Савельева, 2007] и озеро Мотыкино [Камыгина, Ершова, 2024], а также частично опубликованные результаты изучения отложений озера Змеиное, выполненные авторами [Суворова и др., 2024].

С целью дополнения палинологических данных, уточнения изменений спорово-пыльцевых комплексов и последующего составления общей схемы развития растительности на протяжении всего голоцена, подтвержденной результатами абсолютного датирования, а также получения данных о геохимических показателях и магнитной восприимчивости были изучены отложения озера Згонское, которое расположено в юго-восточной части МШН (рис. 1).



Рис. 1. Район исследования.



Район работ и методы исследования. Озеро Згонское ($58^{\circ}43'27''$ с.ш., $37^{\circ}36'17''$ в.д.) — малый внутриболотный бессточный водоем, расположенный в подножье абразионного останца, сложенного лимноаллювием ошашковского возраста [Государственная геологическая..., 2016], на абсолютной высоте 108 м н.у.м. Площадь водоема 0,6 км², глубина 0,6 м. По побережьям озера расположены сфагновые болота, ближе к воде заросли осоки и рогоза, вокруг озера — зеленомошно-черничный сосновый лес.

В августе 2025 года с использованием торфяного бура с длиной пробоотборника 0,93 м получена колонка отложений, отобранная в центральной части озера, общей мощностью 1,75 м. Литологически отложения представлены тремя горизонтами (рис. 2):

Горизонт 1 (165-175 см). Глинистый мелкозернистый кварцевый песок с черными зернами и крупными угольками, с темными прослоями. В верхней части горизонт имеет серо-коричневый цвет, к нижней части плавно переходит в серо-оливкового.

Горизонт 2 (132-165 см). Сапропель оливкового цвета с растительными остатками (листья, стебли); в нижней части с мелкозернистым песком. Переход к нижележащему горизонту плавный, полосчатый.

Горизонт 3 (0-132 см). Органогенный сапропель зеленовато-черного цвета с остатками растений; с глубиной становится более плотным.

Рис. 2. Литологическая колонка.

Рентгенофлуоресцентный анализ методом непрерывного сканирования кернов (РФА логгинг) и измерение магнитной восприимчивости материала (χ) выполнялись в Лаборатории палеоокеанологии Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, на анализаторе Geotek MSCL-XYZ (анод Rh). Для кернов без нарушения их структурной целостности съемка проводилась с разрешением 2 мм для нижних 50 см колонки, и 5 мм для верхних 125 см, с экспозицией съемки 2 секунды в каждой точке.

Спорово-пыльцевой анализ проводился в лаборатории «Геоморфологических и палеогеографических исследований полярных регионов и Мирового океана» им. В.П. Кёппена Института наук о Земле СПбГУ. Предварительная химическая пробоподготовка выполнена для 24 образцов, отобранных с частотой 8 см. Для расчета концентрации пыльцевых зерен были добавлены таблетки с известным числом спор *Lycopodium* [Stockmarr, 1971]. Все пробы были обработаны HCL и NaOH, после чего пробы, содержащие примесь минеральных частиц были обработаны HF суммарно в течение 6 часов на водяной бане. Для проб, в которых минеральная часть не растворилась, была выполнена сепарация в калий-кадмиевой тяжелой жидкости с удельным весом 2,29 г/см³ [Гричук, Заклинская, 1948].

Изучение образцов происходило на световом микроскопе “ЛОМО” при 400х-кратном увеличении. В каждом образце подсчитано не менее 300 пыльцевых зерен. Спорово-пыльцевая диаграмма (СПД) построена с применением специализированной программы “Tilia” [Grimm, 2004]. При вычислении процентного содержания каждого пыльцевого и спорового таксона за 100% принята сумма пыльцы наземных растений за исключением водных.

Результаты и обсуждение. Результаты измерения магнитной восприимчивости и изучения распределения геохимических индикаторов по разрезу позволяют подразделить всю колонку на три геохимические зоны, с глубинами соответственно: I – 175-165 см, II – 165-132 см, III – 132-0 см.

Геохимическая зона I (глубины 175-165 см) соответствует литологическому горизонту 1, и выделяется по наивысшим по разрезу значениям K и χ , наименьшим значениям индекса Ca/Si и сравнительно сниженному содержанию Fe на фоне остального его распределения.

Геохимическая зона II (глубины 165-132 см) совпадают по границам с литологическим горизонтом 2, и характеризуются снижением значений χ и концентрации K синхронно с ростом Ca/Si. Крутизна кривых на графике для каждого из этих показателей в зоне II изменяется индивидуально (χ сокращается быстрее в нижней части зоны II, Ca/Si возрастает быстрее в её верхней части, а изменение содержания K сравнительно стабильно). В содержании Fe здесь наблюдаются наивысшие значения, снижаясь к верхней границе зоны.

Геохимическая зона III (глубины 132-0 см) совпадает с литологическим горизонтом 1. В пределах этой зоны χ и K демонстрируют стабильно низкие значения, близкие к нулю, и на отдельных интервалах глубин (73 см, 20-0 см) претерпевающие малоамплитудные колебания. Ca/Si в зоне III достигает наивысших значений, и сохраняет этот уровень на протяжении всей зоны, с постепенным трендом к снижению к верхней границе, и непериодическими осцилляциями. В распределении Fe выделяются два интервала с заметно сниженным содержанием (глубины 132-124 см и 108-95 см), разделенные соответственно интервалом с повышенной концентрацией железа. Выше по колонке значения Fe колеблются с небольшой амплитудой на среднем уровне без заметных изменений.

Выбранные индикаторы отражают динамику интенсивности процессов палеоседimentации, палеоэрозии и палеогидрологии в озере [Davies et al., 2015]. По всей вероятности, осадки зоны I накапливались при значительном влиянии физического выветривания и эрозионного переноса кластических минералов при низкой общей биологической продуктивности озера. Ситуация постепенно менялась в течение зоны II,

по мере накопления органического вещества (учитывая предположение о сохранении Са в отложениях преимущественно путем вторичного карбонатообразования) [Kelts, Hsü, 1978]: органогенное осадконакопление сменило минерагенное, а количество поступающего в озеро аллохтонного кластического материала снижалось. Эти процессы указывают на наступление благоприятной обстановки в озере для повышения биопродуктивности, и на стабилизацию почв, что совместно дают основания предположить региональное климатическое потепление. Примечательно, что распределение железа по разрезу вероятнее всего не характеризует палеоэрозийные изменения (в отличие от К), а, по всей видимости, связано с колебаниями окислительно-восстановительной обстановки на протяжении всей истории озера. Такие эффекты возможны прежде всего при близости границы редокс условий к поверхности донных отложений, а значит, в условиях мелководности озера.

Подобные выводы о геохимических условиях были сделаны на основе РФА логгинга для озер Хотавец [Sadokov et al., 2022] и Белого [Садоков и др., 2022] (16 км к югу и 135 км к северо-западу от оз. Згонского, соответственно), также относящихся к МШН. В упомянутых разрезах этих озёр синхронное снижение минерагенной компоненты и рост значений органогенных индикаторов отмечались на рубеже позднеледниковья и голоцена, что дает основания предположить, что геохимические зоны I и II (литологические горизонты 1 и 2) в разрезе оз. Згонского аналогичным образом соответствуют тем же характерным процессам.

По предварительным палинологическим данным растительный покров юго-восточной части МШН реконструируется с позднего дриаса. На полученной спорово-пыльцевой диаграмме выделено 5 палинозон. Так, первая палинозона (PZ-1) предположительно относится нами к позднему дриасу, вторая (PZ-2) – к пребореальному периоду, третья (PZ-3) – к бореальному, четвертая (PZ-4) – к атлантическому, а пятая (PZ-5) палинозона соответствует суббореалу и субатлантику.

Спорово-пыльцевой спектр (СПС) **палинозоны 1** (PZ-1, 175-173 см) характеризуется преобладанием пыльцы древесных (85%) над пыльцой трав (15%). Концентрация пыльцевых зерен низкая, 5190 п.з./г³. Доминирующим таксоном является пыльца *Betula sect. Albae* (30%), субдоминантами – пыльца *Picea* (20%) и *Pinus* (20%). Процент пыльцы *Betula nana* составляет 10%. Единично отмечено присутствие пыльцы *Alnus* и широколиственных пород деревьев (*Ulmus*, *Corylus*, *Tilia*, *Quercus*). В группе трав преобладает пыльца *Roaceae*, *Cyperaceae* и *Artemisia* (по 3%). Споры отмечены единично. Такой СПС характерен для разреженных елово-березовых лесов.

Палинозона 1 предположительно сопоставляется нами с поздним дриасом. Наши результаты не противоречат палинологическим данным болот «Закозье» и «Дедово поле» (Плешивцева, 2002; Инв. № 27290). Однако, в нашем случае поздний дриас выделен лишь по одной пробе, что требует дополнительных исследований.

В **палинозоне 2** (PZ-2, 173-132 см) процент пыльцы древесных уменьшается до 75%. Концентрация пыльцевых зерен плавно увеличивается и достигает 66 591 п.з./г³ к концу палинозоны, в среднем – 32 600 п.з./г³. В спорово-пыльцевом спектре доминирует пыльца *Picea*, процент которой резко увеличивается в начале палинозоны до 41%, а к концу уменьшается до 16%. Содержание пыльцы *Betula sect. Albae* наоборот растет к концу палинозоны с 15% до 36%. Стабильно присутствует пыльца *Pinus* (5-8%) и *Betula nana* (8-11%). В СПС появляется пыльца *Salix*, процент стабильно составляет около 3%. Среди трав отмечено преобладание пыльцы *Roaceae* (8-15%), *Cyperaceae* (5-8%) и *Artemisia* (4-8%). Для данной палинозоны характерно наибольшее таксономическое разнообразие в группе трав. Споры представлены преимущественно спорами *Equisetum* (9-12%). Помимо этого в данной палинозоне отмечено высокое содержание цист зеленых водорослей *Pediastrum* (18-32%). По данному спорово-пыльцевой спектр можно реконструировать еловые тундры (?) с карликовой и древовидной березой, ивой и травами.

Палинозона 2 сопоставляется нами с пребореальным периодом. Полученный спорово-пыльцевой спектр имеет сходство с таковыми из разрезов озера Мотыкино [Камыгина, Ершова, 2024] и болота Серебрянниковское [Савельева, 2007]. В конце пребореала в разрезе болота “Серебрянниковское”, также как и в разрезе озера Згонское отмечается пик спор *Equisetum* (10%).

Спорово-пыльцевой комплекс пребореального периода, полученный для разреза болота “Закозье” (Плешивцева, 2002; Инв. № 27290) несколько отличается от нашего абсолютным доминированием пыльцы *Betula sect. Albae* (до 50%). Также, наши данные значительно отличаются от полученных по разрезу болота “Дедово поле”, где доминирует пыльца *Pinus* (до 60%), при значительном количестве пыльцы *Betula sect. Albae* (до 25%). Однако, здесь, также как и в нашем случае, отмечается значительное количество пыльцы *Typha* (около 10%).

Палинозона 3 (PZ-3, 132-91,5 см) характеризуется увеличением концентрации пыльцевых зерен – 188 219-389 096 п.з./г³, в среднем – 279 400 п.з./г³. В общем составе СПС преобладает пыльца древесных (87-89%). Доминирующая роль принадлежит пыльце *Betula sect. Albae* (43-59%), на фоне которой увеличивается доля пыльцы *Pinus* до 28%. Уменьшается доля пыльцы *Betula nana* до 3-8%. Пыльца *Picea* встречается единично. В конце палинозоны появляется пыльца *Ulmus* (4,8%) и единично *Alnus*, *Tilia* и *Corylus*. В группе трав в небольших количествах присутствует пыльца *Cyperaceae* (3-4%), *Poaceae* (2-3%) и *Artemisia* (2-3%). В значительных количествах появляются споры *Sphagnum* (5-10%) и *Polypodiaceae* (2-5%), а процент спор *Equisetum* сокращается до 1-2%. Процент цист *Pediastrum* сокращается до 2-3%.

Данная палинозона предположительно соответствует бореальному периоду, для которого реконструируются разреженные сосново-березовые леса с единичными широколиственными породами деревьев, преимущественно вязом. Увеличением количества спор сфагнума отмечается начало формирования верховых болот в районе исследования.

Наши данные сопоставляются со СПС бореального периода, полученными по разрезу болота «Закозье» (Плешивцева, 2002; Инв. № 27290) и Серебрянниковское [Савельева, 2007] и озера Мотыкино [Камыгина, Ершова, 2024].

Отличается спорово-пыльцевой спектр разреза болота “Дедово поле” (Плешивцева, 2002; Инв. № 27290), где наоборот доминирует пыльца *Pinus* (до 60-70%) при подчиненном количестве пыльцы *Betula sect. Albae* (20%). Также в конце палинозоны отмечено значительное увеличение количества пыльцы *Picea* до 30%.

В палинозоне 4 (PZ-4, 91,5-15 см), сопоставленной нами с атлантическим периодом, концентрация пыльцевых зерен достигает наибольших значений – от 418 000 п.з./г³ до 1 075 000 п.з./г³, в среднем – 690 000 п.з./г³. Общий состав спектра характеризуется увеличением процента пыльцы древесных до 95%. Доминирующим таксоном остается *Betula sect. Albae* (25-40%). Вновь появляется пыльца *Picea* и достигает 21,5%. Пыльца *Pinus* стабильно присутствует в спорово-пыльцевом спектре в количестве 15-20%. На протяжении палинозоны плавно растет количество пыльцы широколиственных пород деревьев и достигает максимума в конце палинозоны: *Ulmus* (3-8%), *Tilia* (1-2%), *Quercus* (1-4%) и *Corylus* (1-2%), а также единично отмечены пыльцевые зерна *Carpinus* и *Fraxinus*. Пыльца *Alnus* также появляется и стабильно присутствует на протяжении всей палинозоны в количестве 8-14%. Пыльца трав присутствует в незначительном количестве.

СПС соответствует елово-березовым лесам с сосной и значительной долей широколиственных пород деревьев.

Атлантический период отличается наибольшим разнообразием в спорово-пыльцевых спектрах. Так, СПС разреза «Мотыкино» [Камыгина, Ершова, 2024] и болота Серебрянниковское [Савельева, 2007], также как и полученный нами, характеризуется доминированием пыльцы *Betula*.

На СПД разреза “Дедово поле” (Плешивцева, 2002; Инв. № 27290) атлантический период представлен пылью *Pinus* (50%), на фоне увеличения количества пыли *Picea* до 60% к концу палинозоны. Отличается СПС атлантика разреза “Закозье”, где на протяжении всей палинозоны доминирует пыльца *Picea*.

Палинозона 5 (PZ-5, 15-0 см), сопоставляемая предположительно с суббореальным/субатлантическим периодом голоцена, отличается от предыдущей палинозоны незначительным уменьшением концентрации до 570 000 п.з./г³ в среднем. Доминирующие таксоны остаются прежними. Палинозона выделяется по уменьшению пыли широколиственных пород деревьев. Здесь также реконструируются елово-березовые леса.

Предположительно к суббореальному и субатлантическому периоду на нашей СПД относятся только верхние 15 см. Возможно, в это время был перерыв в осадконакоплении.

СПС данных периодов в разрезах озера Мотыкино [Камыгина, Ершова, 2024] и болота Серебрянниковское [Савельева, 2007] сходны с охарактеризованным нами.

На СПД болота «Дедово поле» (Плешивцева, 2002; Инв. № 27290) суббореал и субатлантик отличаются увеличением доли пыли *Picea* в СПС до 60%, в то время как в разрезе болота «Закозье», наоборот, уменьшается доля пыли *Picea* до 10%.

Заключение. По первым палинологическим и геохимическим данным реконструируются условия природной среды с позднего дриаса по настоящее время, при этом в суббореальном и субатлантическом периодах возможно зафиксирован перерыв в осадконакоплении. Выделено 5 палинологических и 3 геохимические зоны.

Выделенные геохимические зоны сопоставляются с палинологическим следующим образом: геохимическая зона I соответствует палинозоне 1 и первой половине палинозоны 2, геохимическая зона II – второй половине палинозоны 2 и геохимическая зона III – палинозонам 3, 4 и 5.

Так, на границе позднего дриаса и пребореала происходила плавная смена минерогенного осадконакопления на органогенное, что отражается в уменьшении К и χ и увеличении Ca/Si и Fe. С бореального периода химические элементы стабильны.

По палинологическим данным реконструируются разреженных елово-березовых леса в позднем дриасе, которые в пребореальном периоде сменяются еловыми лесотундрами с карликовой и древовидной березой, ивой и травами. В бореальном периоде ель исчезает из растительного покрова, а в атлантическом постепенно возвращается в состав растительных сообществ, а также появляется ольха и широколиственные породы деревьев на фоне доминирования березы. В течение суббореального периода лесобразующей породой становится ель, а в субатлантический период сосна или береза вновь становятся доминирующими. Однако, для характеристики суббореального и субатлантического периодов пока недостаточно данных.

Палинологические исследования отложений озера Згонское будут продолжены с более высоким разрешением для уточнения границ периодов голоцена и детализации изменения состава растительности в голоцене.

Авторы выражают благодарность к.г.-м.н. Д.Г. Борисову, ведущему научному сотруднику Лаборатории палеоокеанологии ИО им. П.П. Ширшова РАН, за выполнение РФА логгинга и первичную обработку результатов съёмки.

ЛИТЕРАТУРА

Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Центрально-Европейская. Лист О-37 – Ярославль. Объяснительная записка // Застрожнова О. И., Кротова-Путинцева А. Е., Лукьянова Н. В., Кириков В. П. и др., – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2016. 408 с. + 17 вкл.

Гричук В. П., Заклинская Е. Д. Анализ ископаемых пыли и спор и его применение в палеогеографии. 1948. М. 224 с.

Савельева Л.А. Особенности миграции ели и ольхи в голоцене на Северо-Западе европейской части России (по данным палинологического анализа болотных и озерных отложений). Диссертация на соискание научной степени кандидата географических наук, 2007. 145 с.

Садоков Д.О., Сапелко Т.В., Бобров Н.Ю., Меллес М., Федоров Г.Б. Позднеледниковая и раннеголоценовая история озерного осадконакопления на севере Молого-Шекснинской низменности на примере озера Белого (Северо-Запад России) // Вестник СПбГУ. Науки о Земле. 2022. Т. 67. №2. С. 266-298. doi: 10.21638/spbu07.2022.204

Камыгина А.В., Еришова Е.Г. Палинология озера Мотыкино в голоцене (Вологодская область, Северо-Запад европейской части России) // Limnology and Freshwater Biology. 2024. № 4. С. 340-345. doi: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-340

Суворова А.Н., Садоков Д.О., Петров А.Ю., Савельева Л.А. Изменчивость растительного покрова Молого-Шекснинской низменности в голоцене по данным изучения озера Змеиное: первые результаты // LXXVI Герценовские чтения. География: развитие науки и образования. Материалы международной научно-практической конференции, Т.1. 2023. С. 369-374

Davies S.J., Lamb H.F., Roberts S.J. Micro-XRF core scanning in paleolimnology: recent developments. In: Croudace I.W., Rothwell R.G. (Eds.), Micro-XRF Studies of Sediment Cores. Springer, 2015. P. 189-226. doi: 10.1007/978-94-017-9849-5_7

Grimm E. C. TGView version 2.0.2. Illinois State Museum, Research and Collections Center, Springfield. 2004.

Sadokov D.O., Sapelko T.V., Fedorov G.B. Late-Glacial and Early Holocene history of Lake Khotavets (Mologa Sheksna Lowland, NW Russia): a geodiversity conservation case study // Limnology and Freshwater Biology. 2022. № 4. P. 1562-1564. doi: 10.31951/2658-3518-2022-A-4-1562

Stockmarr J.A. Tablets with spores used in absolute pollen analysis // Pollen Spores. 1971. Vol. 13. Is. 4. P. 615–621.

FIRST RESULTS OF BOTTOM SEDIMENT RESEARCH OF ZGONSKOYE LAKE, MOLOGA-SHEKSNA LOWLAND

Suvorova A.N.¹, Sadokov D.O.², Savelieva L.A.¹

¹Institute of Earth Sciences, St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

²Shenzhen MSU-BIT University, Shenzhen, China

The composition and changes of the pollen complexes during the Holocene on the Mologa-Sheksna Lowland contain a number of contradictions. In order to investigate the dynamics of vegetation, the bottom sediments of Lake Zgonskoye were studied using a method of spore-pollen analysis. The results of magnetic susceptibility measurement and distribution of inorganic geochemical proxies through the section revealed the dynamics of the intensity of paleosedimentation, paleoerosion, and paleohydrology processes in the lake basin. Based on comparison of the obtained palynological results with published data, the change in the pollen complexes of the Mologa-Sheksna lowland during the Holocene was traced, and corresponding palynostratigraphical units were correlated. The Preboreal period is marked by the dominance of *Picea* pollen, while the Boreal period is characterized by *Betula* sect. *Albae* or *Pinus*. The role of *Alnus* pollen and broad-leaved tree species increases significantly in the Atlantic period, and decreases in the Subboreal and Subatlantic periods. Inorganic geochemical proxies (K, Fe, Ca/Si and magnetic susceptibility) were utilized to reveal steady paleoerosion decrease alongside with lacustrine bioproductivity increase in the core bottom, and enhanced level of bioproductivity in the upper part of the section.

Keywords: *Holocene, Mologa-Sheksna lowland, pollen analysis, X-ray fluorescence, magnetic susceptibility, lake and peat sediments*

REFERENCES:

The State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1 : 1 000 000 (third generation). The Central European series. Sheet O-37 – Yaroslavl. Explanatory note // Zastrozhnova O. I., Krotova-Putintseva A. E., Lukyanova N. V., Kirikov V. P. et al., Saint Petersburg: Cartographic Factory VSEGEI, 2016. 408 p. (in Russian).

Grichuk V. P., Zaklinskaya E. D. Analysis of fossil pollen and spores and its application in paleogeography. M. 1948. 224 p. (in Russian).

Savelieva L.A. Features of spruce and alder migration during the Holocene in the North-West of the European part of Russia (according to palynological analysis of peat and lake sediments). Dissertation for the degree of Candidate of Geographical Sciences, 2007. 145 p. (in Russian).

Sadokov D.O., Sapelko T.V., Bobrov N.Yu., Melles M., Fedorov G.B. Late Glacial and Early Holocene lacustrine sedimentation history of the northern Mologa-Sheksna Lowland derived from Lake Beloye sediments (NW Russia // *Vestnik of St. Petersburg State University. Earth Sciences*. 2022. Vol. 67. Is. 2. P. 266-298. doi: 10.21638/spbu07.2022.204

Kamygina A.V., Yershova E.G. Palynology of Lake Motykino in the Holocene (Vologda region, Northwestern part of European Russia) // *Limnology and Freshwater Biology*. 2024. № 4. P. 340-345. doi: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-340

Suvorova A.N., Sadokov D.O., Petrov A.Yu., Savelyeva L.A. Variability of vegetation cover of the Mologo-Sheksninskaya lowland in the Holocene according to the study of Lake Zmeinoye: the first results // LXXVI Herzen readings. Geography: development of science and education. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, vol. 1. 2023. P. 369-374. (in Russian).

Davies S.J., Lamb H.F., Roberts S.J. Micro-XRF core scanning in paleolimnology: recent developments. In: Croudace I.W., Rothwell R.G. (Eds.), *Micro-XRF Studies of Sediment Cores*. Springer, 2015. P. 189-226. doi: 10.1007/978-94-017-9849-5_7

Grimm E. C. TGView version 2.0.2. Illinois State Museum, Research and Collections Center, Springfield. 2004

Sadokov D.O., Sapelko T.V., Fedorov G.B. Late-Glacial and Early Holocene history of Lake Khotavets (Mologa Sheksna Lowland, NW Russia): a geodiversity conservation case study // *Limnology and Freshwater Biology*. 2022. № 4. P. 1562-1564. doi: 10.31951/2658-3518-2022-A-4-1562

Stockmarr J.A. Tablets with spores used in absolute pollen analysis // *Pollen Spores*. 1971. Vol. 13. Is. 4. P. 615–621.