

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

Лавренов Никита Геннадьевич

**Позднеголоценовая динамика растительности бассейна верхнего
течения Днепра**

1.5.15 – Экология

1.5.9 – Ботаника

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Москва – 2025

Диссертация подготовлена на кафедре экологии и географии растений биологического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова

Научный руководитель

Ершова Екатерина Георгиевна,
кандидат биологических наук

Официальные оппоненты:

Бобровский Максим Викторович,
доктор биологических наук, доцент,
Институт физико-химических и биологических
проблем почвоведения Российской академии наук –
обособленное подразделение ФГБУН Федеральный
исследовательский центр «Пушкинский научный центр
биологических исследований Российской академии
наук», лаборатория моделирования экосистем,
ведущий научный сотрудник

Рудая Наталия Алексеевна,
доктор географических наук,
ФГБУН Институт археологии и этнографии
Сибирского отделения Российской академии наук,
ведущий научный сотрудник;
лаборатория естественнонаучных методов в
археологии PaleoData, заведующий лабораторией;
Центр коллективного пользования «Геохронология
кайнозоя», заведующий

Кузьмичева Евгения Андреевна,
кандидат биологических наук,
ФГБУН Институт проблем экологии и эволюции
им. А.Н. Северцова Российской академии наук,
лаборатория исторической экологии,
старший научный сотрудник

Защита диссертации состоится «01» апреля 2025 г. в 15 часов 00 минут на заседании диссертационного совета МГУ.015.3 Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова по адресу: г. Москва, Ленинские горы, д.1 стр. 12, факультет почвоведения, аудитория М-1.

E-mail: paramonovata@my.msu.ru

С диссертацией можно ознакомиться в отделе диссертаций научной библиотеки МГУ имени М.В. Ломоносова (Ломоносовский просп., д. 27)
и на портале: <https://dissovet.msu.ru/dissertation/3289>

Автореферат разослан «27» февраля 2025 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат биологических наук

_____ / Т.А. Парамонова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Исследования взаимодействия системы человек—климат—растительность опираются на масштабную сеть палеоархивов, среди которых озёрные, болотные, старичные и пещерные отложения, ледники. Спорово-пыльцевой анализ — один из самых старых и, тем не менее, самых распространенных методов в палеоэкологических исследованиях. Спорово-пыльцевые данные считаются важнейшим источником информации для реконструкции истории землепользования в доисторический период, с их помощью уточняют полученную другими методами динамику климата, отслеживают движение ареалов видов, границ целых природных зон и реконструируют эволюцию биомов в больших географических масштабах. Подобные реконструкции уже доступны для крупных регионов или даже целых материков, однако сделать аппроксимации для малоизученных территорий зачастую затруднительно, и данные из таких мест становятся наиболее ценными для науки.

Смоленская область — один из таких регионов. Согласно базе спорово-пыльцевых данных Neotoma в нём нет ни одной исследованной точки, в то время как исследованные точки в соседних Псковской, Тверской и Московской областях и в Республике Беларусь пусть единичны, но имеются. Анализ литературных источников позволил обнаружить несколько работ по динамике растительности и экосистем этого региона, выполненные в конце 1990-х и начале 2000-х, но они либо выполнены на методически низком, по современным меркам, уровне, либо покрывают непродолжительный отрезок времени (Sedov et al., 1999; Березина, Гольева, 2002; Березина, 2003; Bronnikova et al., 2003; Бронникова, Успенская, 2007).

В последнее десятилетия стали появляться реконструкции динамики экосистем на основе отложений болот, расположенных на границе Смоленской и Псковской областей (Nosova et al., 2019; Tarasov et al., 2019; 2022; Kittel et al., 2020).

Теоретическая и практическая значимость исследования. Работа была инициирована в рамках совместного со Смоленской археологической экспедицией ИА РАН проекта по экосистемной археологии (под руководством Н. А. Кренке). Полученные данные могут быть в дальнейшем использованы в метааналитических работах по реконструкциям палеоклимата, биомов и экосистем Восточной Европы и выявлению волн заселения верховьев Днепра. В работе впервые для региона уточнены сроки формирования современной природной зоны смешанных елово-широколиственных лесов, а также указывает на возможное наличие ещё не открытых археологических памятников бронзового и раннего железного веков близ двух объектов исследования. Полученные данные могут быть также полезны для разработки природоохранных мер и практик предупреждения последствий глобального изменения климата.

Цель и задачи исследования. Целью исследования было реконструировать историческую динамику экосистем российского участка бассейна верховьев Днепра и оценить вклад антропогенного и климатического факторов в формирование растительности региона. Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- проанализировать данные литературы, современные космические снимки и базы спорово-пыльцевых данных, а также базы археологических данных и археологическую литературу для выбора объектов исследования,
- провести спорово-пыльцевой анализ отложений выбранных объектов;
- привязать динамику экосистем к абсолютной хронологической шкале с помощью AMS-радиоуглеродного датирования и математического моделирования на основе байесовских вычислений;
- выделить в динамике растительности и ландшафтов климатический и антропогенный сигналы;
- провести сравнительный анализ динамики экосистемного покрова на разных отрезках Верховьев Днепра и сопредельных территорий.

Предмет исследования — динамика экосистем российского участка верховьев Днепра. **Объектами исследования** стали отложения палеостарицы и четырех болот из пяти районов Смоленской области.

Научная новизна. Полученные результаты проливают свет на динамику экосистем прежде малоизученного региона. Кроме того, исследование выполнено в соответствии с современными мировыми стандартами, данные частично опубликованы в международной базе спорово-пыльцевых данных Neotoma. Это делает возможным дальнейшее использование результатов работы для реконструкции динамики экосистем, биомов, палеоклиматов или палеоареалов растений на больших географических масштабах с более высокими точностью и разрешением.

Кроме того, представленное к защите исследование впервые проливает свет на эффекты климатического и антропогенного факторов на позднеголоценовую динамику экосистем бассейна верховьев Днепра. В частности, выявлен период формирования коренных растительных сообществ региона, впервые с помощью естественно-научных методов зарегистрированы и датированы периоды антропогенного преобразования естественных экосистем.

Методология и методы исследования. Опорным методом для реконструкции динамики экосистем был выбран спорово-пыльцевой анализ отложений. Для привязки его результатов к абсолютной хронологической шкале был использован AMS-радиоуглеродный анализ и математическое моделирование на основе байесовских вычислений. В зависимости от полученных результатов и особенностей разных отложений к ним был применен арсенал дополнительных лабораторных (ботанический анализ макроостатков, анализ потерь при прокаливании) и/или математических (реконструкции палеоклимата методом современных аналогов, количественная реконструкция биомов) методов.

Положения, выносимые на защиту:

1. Формирование коренных экосистем — смешанных елово-широколиственных лесов — в Смоленской области относится к позднему голоцену. На севере региона бореальные элементы внедряются в неморальные сообщества 4200–4000 л. н., на юго-востоке — около 2500–1900 л. н., что подтверждается существенным увеличением доли ели в пыльцевых спектрах и результатами количественной реконструкции биомов.
2. В позднеголоценовых пыльцевых спектрах бассейна верхнего течения Днепра зафиксированы 5 волн антропогенного воздействия: 4200–3500 л. н., 2900–2800 л. н., 2300–2000 л. н., 1700–1150 л. н. и с 900 л. н. по настоящее время. Периоды подтверждаются пиками пыльцы культурных злаков, а также наличием признаков подсечного земледелия и индикаторов выпаса и осветления в пыльцевых спектрах. Полученные результаты согласуются с археологическими данными и дополняют их.
3. Антропогенное преобразование ландшафтов на западе Смоленской области шло непрерывно с бронзового века, тогда как на востоке наблюдается длительный период ослабления антропогенной нагрузки на экосистемы между железным веком и ранним Средневековьем. Это различие подтверждается динамикой антропогенных индикаторов в пыльцевых спектрах исследованных объектов и согласуется с археологическими данными по более восточным регионам.
4. В локальной динамике растительности исследованных олигомезотрофных болот Смоленской области выявлены схожие стадии, несмотря на их удаленное положение друг относительно друга. Их развитие начиналось около 4500–4200 л. н. со стадии эу-мезотрофного болота с участками открытого водоёма. Постепенно они трансформировались в олигомезотрофные болота. Это подтверждается данными литологического и ботанического анализов отложений.

Объём и структура работы. Диссертация состоит из введения, 8 глав, заключения, выводов, списка литературы и 5 приложений. Материал изложен на 136 страницах, включает 32 рисунка, 8 таблиц и 5 приложений. Список литературы содержит 177 наименований, из которых 105 — на иностранных языках.

Степень достоверности результатов и апробация работы. Полученные результаты были отмечены премией Международного общества палинологов (The Palynological Society) Vaughn Bryant Award (2021), а также доложены на 7 конференциях: на 6 международных конференциях, 5 из которых зарубежные, и 1 российская с международным участием.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 6 статей, 3 из которых — в рецензируемых научных журналах, индексируемых базами Scopus, Web of Science, RSCI и рекомендованных для защиты в Диссертационном совете МГУ.015.3 по специальности 1.5.15 Экология.

Личный вклад соискателя. Соискатель принимал участие в четырёх экспедициях, в результате которых были отобраны образцы для диссертационного исследования и для проекта по реконструкции палеосреды археологических памятников исследуемого региона. Образцы из безымянного болота близ д. Красный Холм были предоставлены доцентом кафедры экологии и географии растений, научным руководителем представляемого к защите диссертационного исследования к.б.н. Е.Г. Ершовой. Соискатель лично подготовил для спорово-пыльцевого анализа и непосредственно проанализировал образцы водно-болотных отложений, анализ образцов, отобранных в пойме р. Катынки выполнила к.б.н. Е.Г. Ершова. AMS-радиоуглеродное датирование было выполнено в Оттавском университете (A.E. Lalonde AMS Laboratory, University of Ottawa), ботанический анализ макроостатков торфа был выполнен сотрудницей кафедры экологии и географии растений биологического факультета МГУ М.М. Журавковой, анализ потерь при прокаливании был выполнен на кафедре экологии и географии растений студентами биологического факультета в рамках прохождения курса по

палеоэкологии. Построение математических моделей, статистический анализ данных и визуализация результатов выполнены лично соискателем.

В публикации [1] личный вклад соискателя составил 0.15 из 0.16 п.л.; в публикации [2] — 0.17 п.л. из 0.73 п.л., в публикации [3] — 0.21 из 0.28 п.л. Текст диссертации полностью написан автором.

Благодарности. Автор выражает глубочайшие благодарности Екатерине Георгиевне Ершовой, Владимиру Гертрудовичу Онипченко, Николаю Александровичу Кренке, Марии Борисовне Носовой и Валерию Пименову.

Отдельная благодарность сотрудникам, студентам и аспирантам кафедры экологии и географии растений за помощь, чувство плеча и уютную атмосферу: К.Б. Поповой, М.М. Журавковой, А.П. Серёгину, В.Э. Федосову, Д.В. Суховой, А.А. Аксёновой, С.А. Баландину, О.В. Чередниченко, М.Н. Кожину, С.В. Дудову, Виктории Шаталовой.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 19-34-90172).

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

История и современное состояние палинологии

В главе 1 представлен историко-научный очерк о становлении палинологии как важнейшей методической основой палеоэкологических исследований и основных её прорывах, связанных с совершенствованием методологии. Отдельное внимание посвящено становлению палинологии (**глава 1.1**), развитию методологического аппарата и его влиянию на различные аспекты экологии (**глава 1.2**) и современному состоянию палинологии и её инструментарию (**глава 1.3**).

В частности, в главе описаны первые палинологические исследования Л. фон Поста (von Post, 1918) и В.Н. Сукачева (Сукачёв, 1906), положившим начало палинологии в странах Европы, и палеоэкологии и болотоведению — в СССР. Отдельное внимание истории методов радиоуглеродного датирования, массовое распространение которых в 1950-х годах привело к бурному развитию

палеогеографических исследований. К 1970-м спорово-пыльцевой анализ выходит за рамки палеогеографии и начинает находить применение в археологических исследованиях (Bergund, 1969; Wasylikowa et al. 1985). В 1970-х и 1980-х развитие палинологии определяет накопление большого количества данных и математического аппарата для их анализа, активно развивается теоретический базис палинологии, в частности представления о формировании пылевого дождя (Tauber, 1967; Birks, Webb, Berti, 1975).

Современный этап развития палинологии выдающийся палинолог Джон Биркс отсекает по 2000-м годам (Birks, Berglund, 2015), когда стали появляться цифровые общедоступные базы спорово-пыльцевых данных. В последнее время появляется всё больше специализированного программного обеспечения по работе с палинологическими данными, особенно бурно развиваются библиотеки для работы с такими данными в среде R и Python (Githumbi E. et al., 2021; Mottl O. et al., 2021).

Характеристика района исследования

Вторая глава диссертации посвящена разностороннему описанию района исследования и содержит большую часть основных сведений о контексте, который необходимо учитывать при интерпретации полученных результатов. В **главе 2.1** рассмотрено географическое положение района исследования и определены его границы, в **главе 2.2** описан его климат, в **главе 2.3** приведено биогеографическое описание.

Подробного рассмотрения в автореферате достойна **глава 2.4** «Ландшафтно-географическое районирование». Смоленская область (именно на неё приходится российский участок бассейна Верхнего Днепра) интересна тем, что по ней проходят границы последних трёх оледенений. Это определяет её ландшафтно-географическое районирование. По границам плейстоценовых оледенений (рис. 1) в Смоленской области выделяют 3 провинции: первая — провинция Валдайского оледенения — охватывает северо-запад области, она характеризуется моренными формами рельефа, почвами легкого

гранулометрического состава, обилием озёр и торфяных болот ледникового происхождения. Вторая провинция — Московского оледенения — существенно больше двух других по площади. Она охватывает большую часть региона (центральную и восточную), в ней, в свою очередь, выделяют три округа, которые характеризуются почвами тяжелого гранулометрического состава (глинистые и суглинистые почвы). Последняя провинция — Днепровского оледенения — охватывает небольшой по площади участок на самом юге региона, у границы с Брянской областью. Эта провинция характеризуется супесчаными, песчаными и заболоченными почвами. Бассейн Верхнего Днепра и все объекты, исследованные в рамках представленной к защите работы, расположены в пределах провинции Московского оледенения, то есть в последний раз ледником они были покрыты в предпоследнюю ледниковую эпоху (190–130 тыс. л. н.).

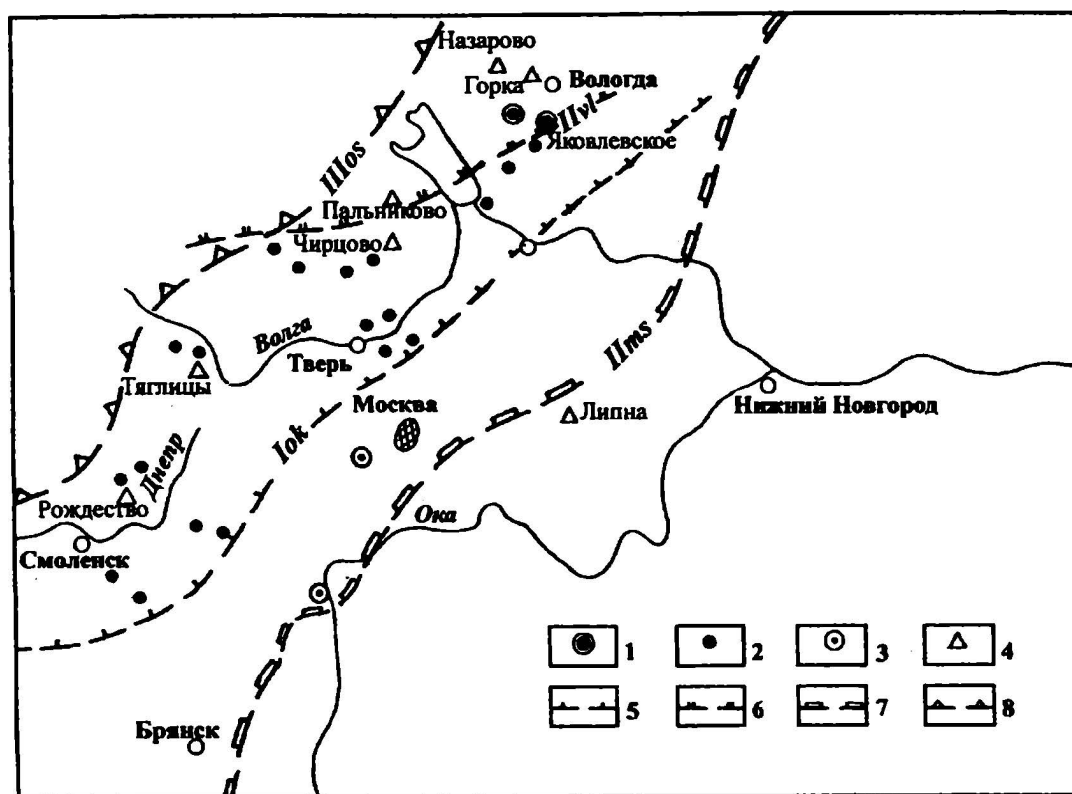


Рисунок 1. Разрезы лихвинских межледниковых отложений (по Шик, 2010): 1 - озерных, под двумя моренами, 2 - озерных, под одной мореной, 3 - аллювиальных, под одной мореной. 4 - Разрезы горкинских межледниковых отложений. Границы распространения ледников: 5 - окского, 6 - вологодского, 7 - московского, 8 - поздневалдайского (осташковского)

В главе 2.5 изложен археологический контекст — понимание волн заселения региона и распространения технологий важно при оценке антропогенного воздействия на растительность прошлого. В частности, орудия производящего хозяйства — серпы и топоры — в бассейне Верхнего Днепра впервые появляются у культур Бронзового века (Краснов и др., 1997; Янин, 2012). Далее, в Раннем Железном веке, технологии производящего хозяйства совершенствуются, среди находок появляются рала (близкие к плугу приспособления для рыхления почвы). Известны в районе исследования памятники Эпохи великого переселения народов (IV–VII вв. н. э.), эпохи викингов (VIII–XI вв. н. э.), Средневековья (с X вв.) (Шмидт, 1972; Янин, 2012; Шмидт, 2014; Кренке и др. 2015; 2021).

Примечательно, что для Смоленской области не характерен период запустения между Ранним Железным веком и Ранним Средневековьем, свойственный соседней Московской области (Кренке, 2019).

В главе 2.6 приведена голоценовая динамика экосистем района исследования с опорой на исследования Смоленской области (Sedov et al., 1999; Березина, Гольева, 2002; Березина, 2003; Bronnikova et al., 2003; Бронникова, Успенская, 2007), соседних регионов (Kremenetski et al. 2000; Zernitskaya et al., 2015; Miagkaia, Ershova, 2018; Tarasov et al., 2018; 2022) и обзоры (Новенко, 2021). Археологическая периодизация района исследования и геологические эпохи сопоставлены на рисунке 2.

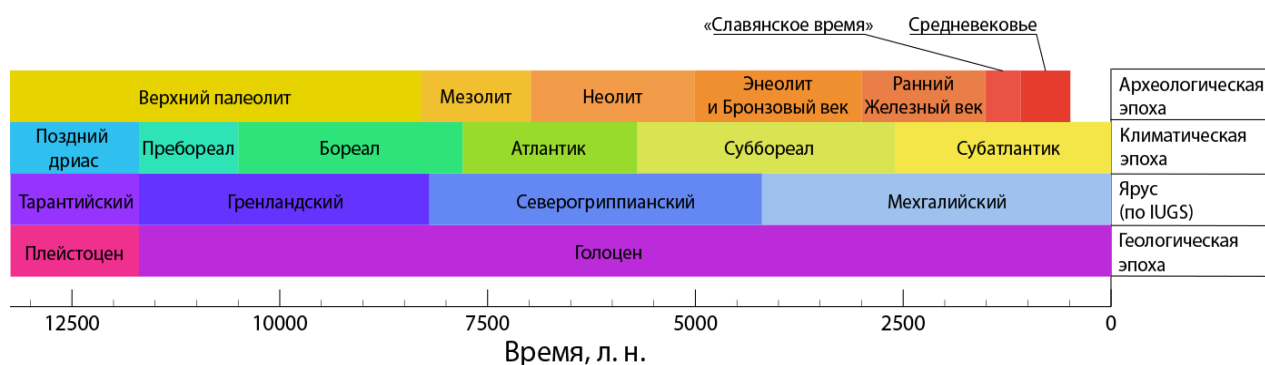


Рисунок 2. Соотнесение геологической периодизации голоцена с археологической, составленной для западных регионов России

Ранний голоцен. Границу плейстоцена и раннего голоцена проводят по резкому падению кривой пылины в пыльцевых спектрах и началу стремительного роста кривых сосны и берёзы, то есть происходит смена открытых ландшафтов облесенными территориями, сложенными пионерными деревьями. Около 9500 л. н. в спектрах появляется примесь ели, которая вскоре исчезает одновременно с появлением пыльцы широколиственных видов деревьев и кустарников: сначала лещины (*Corylus*), затем вяза (*Ulmus*) и липы (*Tilia*), и в последнюю очередь дуба (*Quercus*) и ясеня (*Fraxinus*). То есть в сложившиеся в начале голоцена березово-сосновые леса постепенно внедряются широколиственные породы.

Средний голоцен. Чёткая граница между ранним и средним голоценом в международной классификации проходит по т. н. “8,2 ka event” (Head, 2019; Walker et al., 2019), которое в русскоязычной литературе не имеет общепринятого перевода. Это климатическое событие характеризуется резким похолоданием климата по всему северному полушарию. В бассейне Западной Двины совпадает с появлением и началом роста доли пыльцы дуба в пыльцевых спектрах экосистем, стабильным присутствием и ростом доли ольхи. Дальнейшее атлантическое потепление климата приводит к почти полному исчезновению ели в древостое и формированию многоярусных широколиственных лесов с участием бука и граба, которые сейчас в районе исследования и сопредельных ему регионах не растут.

В период похолодания во время климатического оптимума уменьшение доли широколиственных деревьев в спектрах в 2-3 раза и увеличение доли пыльцы берёзы и сосны, а в последующее потепление происходит обратный процесс. Конец атлантического периода характеризуется снижением участия широколиственных деревьев, и увеличением — берёзы, сосны и ели.

Поздний голоцен. Чёткая границы между средним и поздним голоценовой, проводимой по глобальной засухе 4200 л. н., или “4,2 ka event”, в пыльцевых спектрах, полученных по объектам в пределах подзоны южной

подтайги не прослеживается. Отличительная особенность позднеголоценовой динамики экосистем региона — существенное влияние антропогенной деятельности: доля позднесукцессионных древесных таксонов в спектрах уменьшается, возрастает доля пыльцы древесных таксонов вторичных лесов и травянистых растений, включая культурные злаки и рудеральные растения. Это свидетельствует о сокращении площадей лесов и появлении производящего хозяйства в районе исследования. Если в суббореале антропогенная нагрузка и вызванные ею изменения экосистем носят спорадический характер (то возникает, то затухает), то со второй половины субатлантического периода они становятся непрерывными.

Глава 2.7 посвящена естественнонаучным свидетельствам производящего хозяйства в регионе, отдельное внимание уделено его отражению в пыльцевых спектрах. Особую ценность этой главы представляет таблица, в которую собраны случаи появления пыльцы *Cerealia* (культурных злаков) в пыльцевых спектрах, полученных в ходе палеоэкологических исследований в подзоне южной подтайги (табл. 1).

Материалы и методы исследования

В **главе 3** изложена общая схема исследования (**глава 3.1**), приведена краткая характеристика каждого из предметов исследования (**глава 3.2**) и описаны все инструменты и методики, использованные в работе (**главы 3.3–3.5**).

Локации для исследования (рис. 3) были выбраны так, чтобы покрыть наибольшую площадь исследуемого региона и сравнить районы с высокой плотностью археологических памятников с теми районами, где они отсутствуют. На первых этапах работы была отобрана серия подходящих для спорово-пыльцевого анализа образцов пойменных отложений из разреза на археологическом памятнике в устье р. Катынки, где плотность археологических памятников велика. По ожиданиям, пыльцевые спектры с этого объекта должны

были отражать узко локальную динамику экосистем долины Днепра (в силу особенностей отложений) и историю землепользования.

Чтобы оценить степень антропогенного воздействия, была поставлена цель найти неподалёку от устья р. Катынки такой объект, спорово-пыльцевые спектры которого отражали бы обусловленную большей частью климатическим фактором региональную динамику растительности. По этому принципу было выбрано болото Радомский Мох, расположенное к западу от Смоленска и удалённое от всех известных археологических памятников.

Чтобы более полно покрыть верховья Днепра и более корректно сравнивать полученные данные с аналогичными из бассейна Москвы-реки и Западной Двины, была выбрана серия объектов: безымянное болото близ Акатовского озера, болото Мшары, расположенное на северо-востоке области и являющееся непосредственно истоком Днепра, и безымянное болото у деревни Красный Холм в Вяземском районе.

Объекты расположены, с одной стороны, достаточно близко друг к другу, что позволяет отследить пространственно-временные закономерности изменения растительного покрова. С другой стороны, они достаточно удалены друг от друга, что позволяет экстраполировать полученные результаты на крупный регион.

Отбор проб из всех точек, кроме устья реки Катынки, производился с помощью русского торфяного бура. Старичные отложения и погребенные почвы из долины реки Катынки были отобраны непосредственно из археологического раскопа почвенным буром (схема отбора проб представлена на рисунке 4). Перечень объектов исследования, и характеристики отбора образцов приведены в Таблице 2.

Лабораторные исследования. Подготовка проб к микроскопированию проводилась по стандартной методике (Moore et al., 1991). Отложения из урочища Радомский Мох были проанализированы методом ботанического анализа макроостатков по стандартной методике (Куликова, 1977). Для выявления стадий пересыхания болот близ деревни Красный Холм и Мшары

(истока Днепра) был выполнен анализ потерь органического вещества при прокаливании (LOI) по стандартному протоколу (Santisteban et al., 2004).

Таблица 1. Появление пыльцы культурных злаков в ископаемых спорово-пыльцевых спектрах подзоны южной подтайги (зоны смешанных лесов) запада России. Интервалами приведены калиброванные радиоуглеродные даты (шкала IntCal20, доверительный интервал 95%); остальные датировки приведены приблизительно на основе анализа моделей накопления отложений.

Объект и координаты	Бронзовый век и ранее	Ранний железный век	Римское время	Великое переселение народов	Средневековые – по наст. вр.	Источник
Пригородное 55°33'50"N 31°11'51"E	–	–	–	–	Сер.:нач. с 664–535 по наст. вр. Sec.: 794–658	Tarasov et al., 2019
Сертейка 55°40'N 31°32'E	Сер.: 4650–3178	–	–	–	–	Tarasov et al., 2019
Сертея 2 55°38'58"N 31°31'38"E	Сер.: 4844–4581; 3644–3394	–	–	–	Сер.: с 1420–1293 по наст. вр. Sec.: с 1081–911 по наст. вр.	Tarasov et al., 2019
Змеиное 56°16'53"N 31°15'36"E	–	Сер.: 2968–2730 по наст. вр.				Tarasov et al., 2019
Коровинское 56°16'N, 31°20'E	–	–	–	Сер.: 1748–1403;	Сер.: с 1276–964 по наст. вр.; Sec.: 1276–964; 641–430	Tarasov et al., 2019
Жижицкое 56°16'53"N 31°15'36"E	Сер.: ок. 6000	–	Сер.: нач. с ок 2000 по наст. вр.			Tarasov et al., 2022
Кокоревское 57°12'16"N 30°35'25"E	–	–	Сер.: ок.2500–2000	Сер. ок. 1830–1570	Сер.: ок. 1250; ок. 1059–709; с ок. 540–260 по наст. вр. Sec. с ок. 300	Nosova et al., 2018
Старосельский Мох 56°28'33"N 33°02'10"E	–	Сер.: ок. 3500	–	Сер.: 1890–1549; нач. с 1750–1293 по наст. вр.		Носова и др., 2014
Плавница 57°6'16"N, 30°23'31"E	Сер.: ок 4500	–	Сер.: ок. 2300	Сер.: ок. 1500	Сер.: с ок.1000 по наст.вр. Sec.: с ок. 900 по наст.вр.	Nosova et al., 2017
Долгое 56°04'N 37°20'E	–	–	–	Сер.: нач. с ок. 1660 по наст. вр.		Kremenetski et al., 2000
Лосиный остров 55°50'59"N, 37°50'45"E	Сер.: ок. 3500	Сер.: ок. 2900–1900		–	Сер.: ок. 1050–920; ок. 780; нач. с 650 по настр. вр.	Miagkaia, Ershova, 2020

Объект и координаты	Бронзовый век и ранее	Ранний железный век	Римское время	Великое переселение народов	Средневековые – по наст. вр.	Источник
Радомский Мох 54°42'39"N 31°13'17"E	нет данных	Сер.: 2911–2870	Сер.: ок. 1931	Сер.: ок. 1434	Сер.: ок. 692–427; ок. 297–39	Лавренов и др., 2021; Кренке и др., 2022
Устье р. Катынки 54°45'56"N 31°42'23"E	Сер.: 4854–4624, ок. 4200; ок. 3500 + "подсечные угли"	"подсечные угли"	Сер.: нач. с ок 2000 по наст. вр. + "подсечные угли"			Кренке и др., 2022; Ershova et al., 2020
Акатово 55°9'3"N 31°48'15"E	нет данных	—	нет данных	нет данных	Сер.: 1377; 1176–998; 872–720; 517; 364; 261–157 Sec.: 1046; 847 Tri.: 847	Кренке и др., 2022
Машары 55°51'37"N 33°43'7"E	—	Сер.: 2864–2441	—	Сер.: ок. 1689–1342	Сер.: 1249; 1082–939; 790–699; 608–77 Sec.: 1342; 1011; 699; 537–483; 318–254; 77	Lavrenov et al., 2024; Кренке и др., 2022
Красных Холм 55°5'5"N 34°20'41"E	Сер.: ок. 3408	—	—	—	Сер.: 1021–883; 607–166 Sec.: 416; 326; 257; 189 Tri.: 416; 349–257	Кренке и др., 2022

Таблица 2. Перечень объектов исследования и их краткая характеристика

Объект исследования	Ближайший населенный пункт	Географические координаты	Шаг отбора проб (ср.)	Глубина отбора проб
Катынка	п. Катынь и п. Школьный	54°45'56" N, 31°42'23" E	2 см	0–375 см
Радомский Мох	д. Гусино и д. Комиссарово	54°42'39" N, 31°13'17" E	2,5 см	0–182 см
Акатово	д. Акатово	55°9'3" N, 31°48'15" E	5 см	40–300 см
Аксёнинский Мох (Мшары)	д. Бочарово	55°51'37" N, 33°43'7" E	2,5 см	0–346 см
Красный Холм (Вязьма)	д. Красный Холм	55°5'5" N, 34°20'41" E	2,5 см	20–102 см



Рисунок 3. Карта-схема района исследования и расположение точек отбора проб

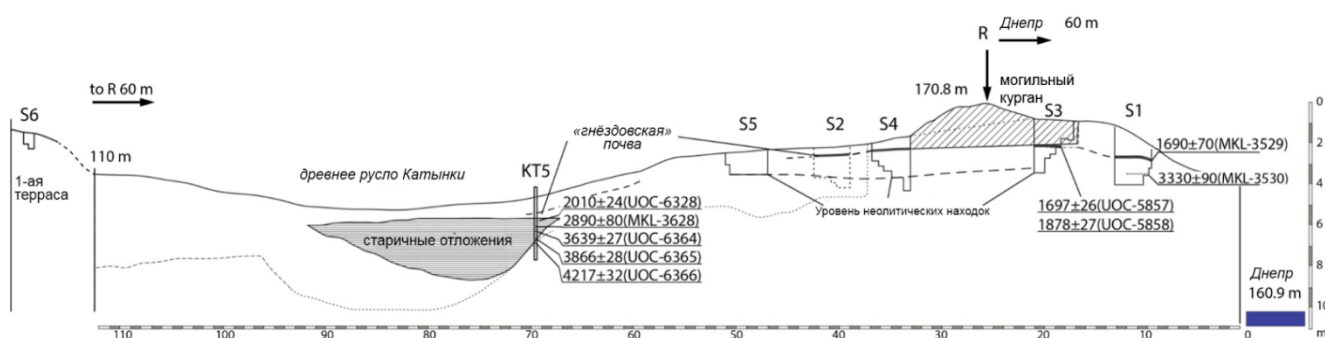


Рисунок 4. Схема устройства долины р. Катинки, расположение точек отбора проб и результаты радиоуглеродного датирования

Математическая обработка данных. Для корректного сравнения образцов абсолютные спорово-пыльцевые данные были преобразованы в процентные. Проценты для таксонов семенных растений были рассчитаны от суммы всех пыльцевых зёрен (за вычетом спор), а проценты споровых растений были рассчитаны от суммы всех выявленных палиноморф, за исключением непыльцевых палиноморф (NPP). Выделение зон в спорово-

пыльцевых колонках было выполнено с помощью иерархического кластерного анализа (с учётом стратиграфии). Для хронологической привязки каждого образца с помощью байесовских алгоритмов были построены модели накопления отложений, в которых для каждого образца была получена моделированная дата. Основой для этих моделей послужили AMS-радиоуглеродные даты (табл. 3), полученные из лаборатории Оттавского университета (A.E. Lalonde AMS Laboratory, University of Ottawa). Радиоуглеродные даты были откалиброваны по шкале IntCal 20 (Reimer, 2020).

Климатические реконструкции были выполнены методом подбора современных аналогов (Modern Analogues Technique). Анализ был выполнен на основе данных из The European Modern Pollen Database.

После построения моделей накопления отложений для каждого из объектов, для двух из них, данные которых охватывали весь поздний голоцен, была выполнена количественная реконструкция биомов. Для отнесения таксонов к разным биомам была выбрана разработанная для Северной Евразии схема, адаптированная к данным из соседней Псковской области и апробированная на них (Tarasov et al., 2022).

Результаты и обсуждение

В главах 4–7 изложены и обсуждены основные результаты исследования. По результатам радиоуглеродного (табл. 3) и спорово-пыльцевого анализов в качестве опорного объекта для краткого представления результатов исследования была выбрана колонка отложений болота Мшары (исток Днепра): накопление торфяной залежи в нём шло равномерно, явные периоды пересыхания отсутствуют, а пыльцевые спектры отражают экосистемную динамику большой территории всего позднего голоцена с хорошим временным разрешением.

Таблица 3. Результаты радиоуглеродного датирования образцов водно-болотных отложений

Локация	Глубина, см	Лаб. №	¹⁴ С л. н.	Календарных л. н. (1σ)	Календарных л. н. (2σ)
Акатово-1	297,5	UOC-15213	1409±43	1345–1294	1382–1275
Акатово-1	227,5	UOC-15217	1284±27	1274–1179	1288–1174
Мшары	122,5	UOC-14969	462±34	526–498	543–474
Мшары	218,5	UOC-14970	1346±41	1303–1179	1342–1176
Мшары	325	UOC-14971	3632±31	3983–3893	4080–3847
Красный Холм	45	UOC-15210	203±26	293–151	302–???
Красный Холм	79	UOC-15211	1675±26	1587–1533	1692–1521
Красный Холм	104	UOC-15212	4117±27	4800–4572	4815–4526
Радомский Мох	131,25	UOC-13723	2654±27	2775–2746	2846–2737
Радомский Мох	163,75	UOC-13724	2936±26	3160–3009	3173–2969
Радомский Мох	51,25	UOC-15216	588±27	630–548	647–540

В полученных спектрах (рис. 5) было выделено 6 контрастных пыльцевых зон, отражающих 6 контрастных стадий локальной и региональной растительности. Первая пыльцевая зона (до 4000 л. н.) содержит лишь локальный сигнал — в образцах представлена преимущественно пыльца осоковых (предположительно, *Cyperus* sp.), злаковых (предположительно, *Phragmites* sp.) и ив (род *Salix*), — то есть отражает первую стадию заболачивания, а именно, затягивание поверхности озера сплавиной.

Последующие образцы содержат в себе более региональный сигнал. Зона 2 (4000–3600 л. н.) отличается высоким содержанием пыльцы сосны (*Pinus*) и ольхи (*Alnus*), стремительно растут доли дуба (*Quercus*) и ели (*Picea*) в спектре, в то время как доля берёзы (*Betula*) — стремительно сокращается. В этот период в окрестностях болота происходит формирование современной зональной растительности — смешанных елово-широколиственных лесов — путём внедрения бореальных элементов в неморальные экосистемы. Аналогичная динамика прослеживается и в пыльцевых спектрах болота из окрестностей Вязьмы (рис. 6), но там она соответствует периоду 2500–1900 моделированных (мод.) л. н.

Результаты количественной биомизации (рис. 7) позволили более точно зафиксировать время формирования современного типа зональных экосистем: в окрестностях болота Мшары это произошло около 4000 л. н. (а возможно и ранее), а под Вязьмой — около 2500 л. н. То есть граница смешанных елово-широколиственных и широколиственных лесов двигалась довольно медленно в направлении с ССЗ на ЮЮВ.

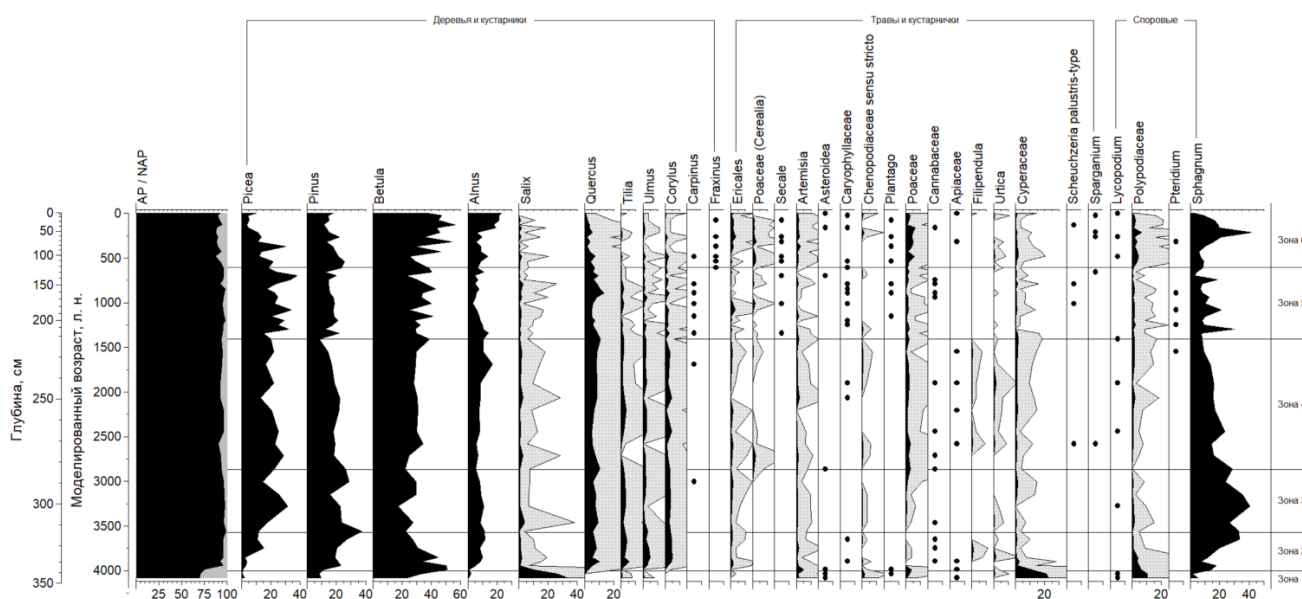


Рисунок 5. Сокращенная спорово-пыльцевая диаграмма отложений болота Мшары (урочище Аксёнинский Мох, исток Днепра), разделенная на зоны, выделенные в соответствии с результатами иерархического кластерного анализа

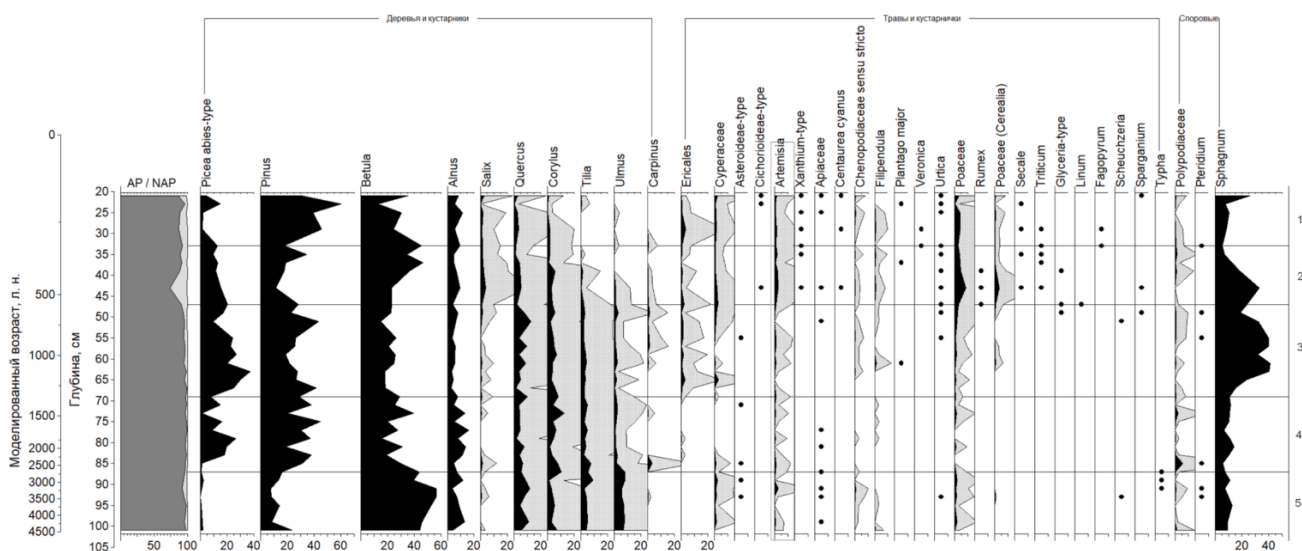


Рисунок 6. Сокращенная спорово-пыльцевая диаграмма отложений безымянного болота близ деревни Красный Холм под Вязьмой. Диаграмма разделена на зоны, выделенные в соответствии с результатами иерархического кластерного анализа

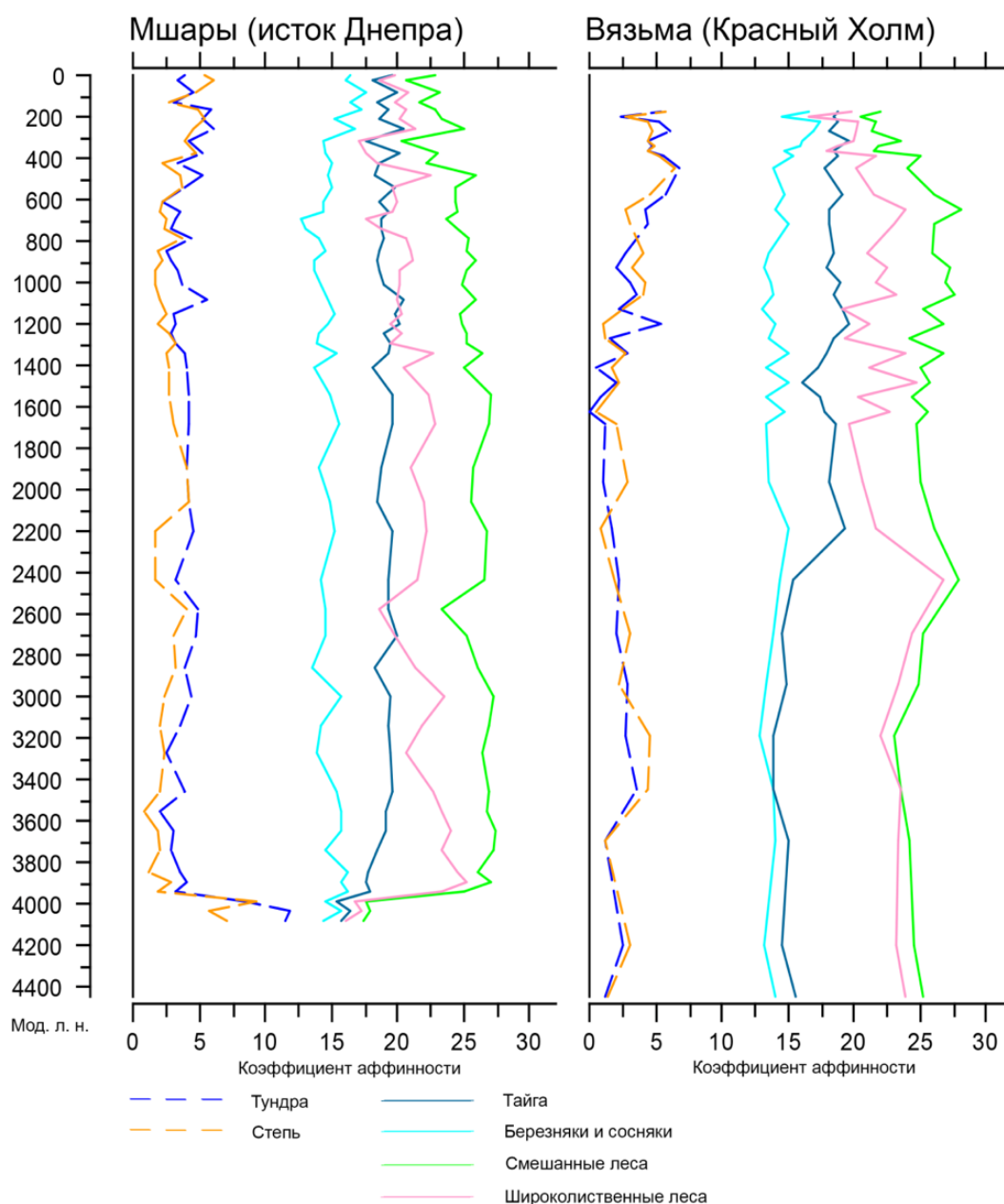


Рисунок 7. Результаты количественной биомизации по пыльцевым данным болот Мшары и под деревней Красный Холм

Пыльцевая зона 3 (3600–2900 л. н.) характеризуется стремительным увеличением доли ели, а под конец — увеличением доли антропогенных индикаторов в спектре и сокращением пропорции пыльцы древесных и недревесных таксонов (AP/NAP), что может служить косвенным свидетельством антропогенной деятельности. Граница 3 и 4 пыльцевых зон (т. е. 2900 мод. л. н.) отмечена появлением пыльцы культурных злаков. Первый образец, содержащий пыльцевые зёрна культурных злаков, из колонки урочища Радомских Мох (рис. 8) был датирован AMS-радиоуглеродным методом, более

надёжным, чем полученная для истока Днепра моделированная дата. Результат — 2846–2737 кал. л. н. (2σ) — сходится. В долине р. Катynки также в этот же период появляются признаки пожарных нарушений: пыльца *Onagraceae*, *Chenopodium* и микроскопические угли. Возможно, нам удалось зафиксировать волну распространения производящего хозяйства границы Бронзового и Раннего Железного веков в Смоленской области. Примечательно, что в окрестностях Вязьмы этот сигнал не считывается.

Пыльцевая зона 4 (2900–1400 л. н.) характеризуется флуктуациями участия таксонов, включенных в группу антропогенных индикаторов, и неоднократным появлением пыльцы культурных злаков в спектре. Помимо обсужденного выше появления пыльцы культурных злаков в спектре, *Cerealia* отмечены также 2300 мод. л. н. и 1700–1350 мод. л. н. В урочище Радомский Мох — 2100–1900 мод. л. н. и 1500–1400 мод. л. н. В спектрах старичных отложений р. Катynки четкие пики производящего хозяйства выделить затруднительно, так как образцы этого периода отобраны уже представляют собой погребенную почву, а не водно-болотные отложения, однако соответствующий период полон разнообразными индикаторами пашни (*Centaurea cyanus*, *Xanthium*, *Lycopodium* и др.) и подсеки (*Onagraceae*, *Pteridium*).

Далее антропогенная нагрузка на экосистемы и масштабы преобразования растительности лишь возрастают, что находит отражение в пыльцевой зоне 5 (1400–600 л. н.). Доля пыльцы широколиственных деревьев стремительно сокращается, а графики динамики пород вторичных лесов — берёзы и сосны — приобретают характерный пилообразный вид, их доля в пыльцевых спектрах увеличивается. Существенно возрастает и доля антропогенных индикаторов, в числе которых и индикаторы осветления (многочисленные таксоны луговых трав), выпаса (*Plantago* и др.), пашни (*Asteraceae* и др.) и непосредственно культурных растений. Стремительно возрастает и доля ольхи.

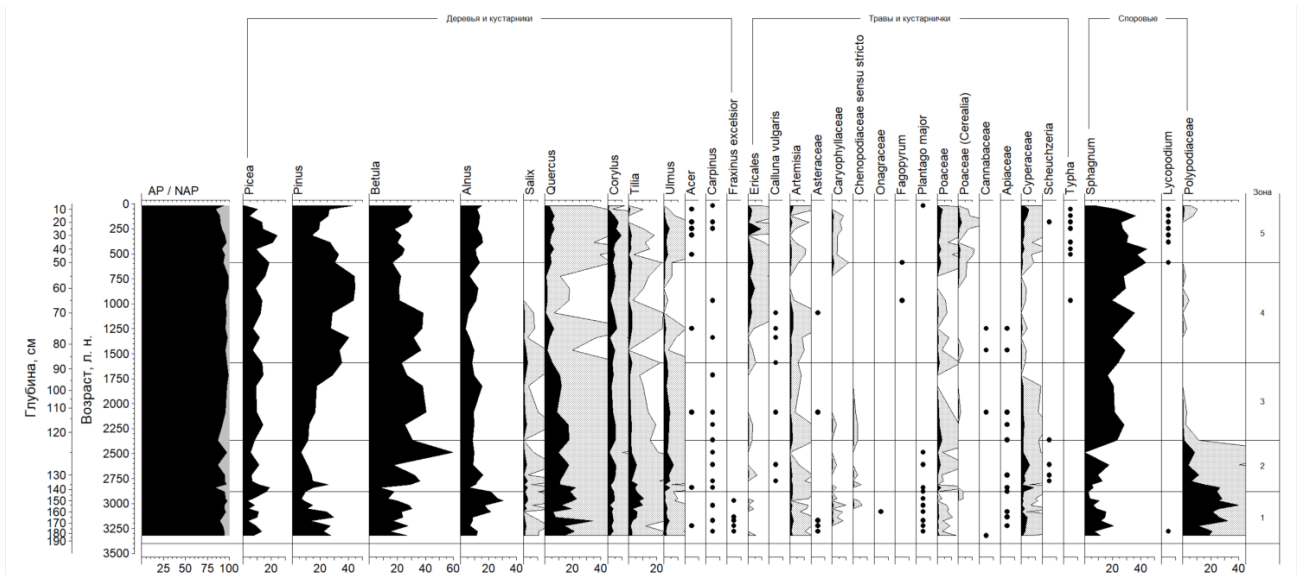


Рисунок 8. Сокращённая спорово-пыльцевая диаграмма отложений болота Радомский Мох. Пыльцевые зоны выделены в соответствии с результатами иерархического кластерного анализа

Можно предположить, что в I тысячелетии н. э. хозяйственная активность людей перемещается с окрестностей водоема на водораздел, что приводит к восстановлению ольшаника и массовому сведению коренных лесов. По присутствию культурных злаков в спектре можно сделать вывод, что последняя волна производящего хозяйства в окрестностях истока Днестра началась 900 л. н. (то есть в Раннем Средневековье) и продолжается по сей день. Сопоставимая дата получена для урочища Радомский Мох (850 л. н., что в пределах погрешности), в то время как под Вязьмой начало этого этапа датируется 650 л. н., то есть Поздним Средневековьем.

Особый интерес представляет сравнение результатов, полученных по истоку Днестра со спорово-пыльцевой диаграммой небольшого болота около деревни Акатово (рис. 9). Трёхметровая колонка отложений этого болота с хорошим временным разрешением отражает локальную динамику экосистемы за последние 1400 лет. Вокруг Акатово известно несколько археологических памятников разных эпох, и влияние человека на окрестную растительность здесь наиболее ярко отражается в пыльцевом сигнале.

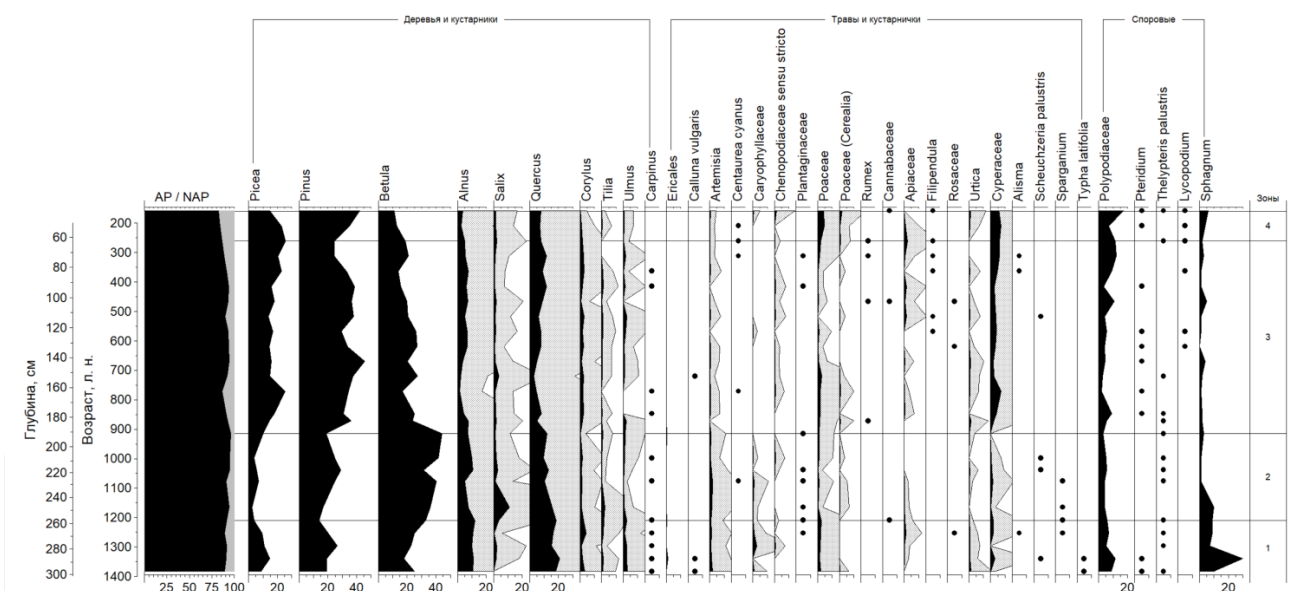


Рисунок 9. Сокращенная спорово-пыльцевая диаграмма отложений безымянного болота близ Акатовского озера, разделенная на зоны, выделенные в соответствии с результатами иерархического кластерного анализа

Начиная с нижнего из отобранных образцов (в силу инструментальных ограничений были отобраны лишь верхние 3 м залежи; её полная мощность неизвестна) в спектре присутствует пыльца культурных злаков. Существенное сокращение долей широколиственных деревьев в спектре отмечено, начиная с 1200 л. н.

Набор антропогенных индикаторов и вторичных пород деревьев в пыльцевых спектрах постоянно менялся. Около 920 л. н. происходит смена доминирования одной породы вторичных лесов, берёзы, на другое, сосну. Это может свидетельствовать о более редких циклах сведения леса, что, в свою очередь, может свидетельствовать о переходе с подсечно-огневого земледелия на переложное. Также в период с 1400 до 920 л. н. регулярно отмечается наличие пыльцы индикаторов выпаса (*Plantago* sp.) в пыльцевом спектре, в то время как после 920 л. н. их появления единичны. Возможно, это связано с тем, что в X веке в окрестностях болота земледелие начинает преобладать над скотоводством. После 620 л. н. в спектре стабильно присутствуют индикаторы пашен (*Lycopodium*, *Centaurea cyanus*, *Xanthium*, *Asteraceae* (Cichorieae) и др.), среди Cerealia впервые отмечены пыльцевые зёрна ржи (*Secale*). Смена одних

антропогенных индикаторов на другие может свидетельствовать о смене технологии земледелия (вероятно, с подсечно-огневого на переложное).

В силу высокого разрешения колонки, в пыльцевых спектрах отчетливо читается период запустения 520–350 мод. л. н., соответствующий малому ледниковому периоду, на него же приходится и смутное время. Доля антропогенных индикаторов в этот период существенно сокращается, снижается соотношение AP/NAP, плавно увеличиваются доли ели и широколиственных деревьев в спектре. После малого ледникового периода антропогенная нагрузка на окрестные экосистемы возвращается на прежние уровни.

Влияние малого ледникового периода на региональную растительность сигнал запечатлен в пыльцевой зоне 6 (от 600 л. н. по наст. время) спектра болота Мшары: доли широколиственных деревьев в этот период продолжают сокращаться, в то время как на графике ели возникает яркий пик. Малый ледниковый период также отчётливо читает на климатических реконструкциях. Судя по ним, среднеиюльская, среднегодовая и среднеянварская температуры резко понизились на 1,5–2 °С.

После малого ледникового периода хозяйственная активность стремительно возвращается на прежние уровни, площади открытых ландшафтов возрастают, что находит отражение в спектрах всех исследованных объектов. В верхних, субрецентных, образцах из болота Мшары и урочища Радомский Мох рост отношения AP/NAP, что можно интерпретировать как снижение антропогенной нагрузки и зарастание пашен.

Примечательно, что в окрестностях болота Мшары и урочища Радомский Мох археологических памятников не известно. В то же время пыльца растений, которые образуют группу антропогенных индикаторов, не способна распространяться дальше, чем на несколько километров. Вероятно, в окрестностях этих болот находятся археологические памятники, которые ещё только предстоит открыть.

Заключение

Несмотря на ограниченное число радиоуглеродных дат, схожесть полученных по разным объектам результатов даёт основание предположить, что датирование было достаточным, и полученные в результате моделирования хронологические привязки довольно точны. Таким образом, использованием данных спорово-пыльцевого анализа и дополнительных методов была реконструирована динамика экосистем бассейна верховьев Днепра за последние 4,5 тыс. лет и выделены определяющие её формирования факторы.

На протяжении всего позднего голоцена растительность бассейна верхнего течения Днепра формировалась под действием антропогенного и климатического факторов.

В полученных пыльцевых спектрах зарегистрирован период формирования экосистем коренного типа (смешанных хвойно-широколиственных лесов): около 4200 л. н. на севере района исследования и около 2500 л. н. — на юго-востоке. Формирование современной растительности шло по механизму внедрения бореальных элементов в неморальные сообщества в направлении с ССЗ на ЮЮВ.

Было выявлено 5 волн антропогенного преобразования экосистем региона: 4800–3500 л. н. (бронзовый век – ранний железный век), 2900–2800 л. н. (ранний железный век), 2300–2000 л. н. (римское время), 1700–1150 л. н. (эпоха Великого переселения народов и раннее средневековье). и 900 л. н. (средневековье – современность), причем характер воздействия человека на коренные растительные сообщества в разные волны заселения не одинаков. Первая волна индицируется по специфическим почвенным углям, индицирующим подсеки, синхронно с которыми в пыльцевых спектрах отмечаются колебания долей древесных таксонов коренных и вторичных лесов. Вторая волна, главным образом, определяется по синхронному пику кривой *Cerealia* и в некоторых объектах — по всплеску вторичных древесных пород. Третья волна заселения сопровождалась сведением ольшаников близ исследуемых объектов, четвёртая и пятая — резким сокращением площадей коренных лесов и увеличением площадей открытых пространств. Во

всех исследуемых спектрах наблюдается резкое снижение антропогенного сигнала во время малого ледникового периода.

Выявленные волны антропогенного преобразования экосистем исследуемого региона позволяют сделать предположения о степени заселённости региона в доисторическом прошлом и степени археологической изученности региона. По-видимому, в окрестностях всех исследованных болот присутствуют ещё не открытые археологические памятники.

Вопрос происхождения исследуемых болот требует дальнейшего изучения. Три из них образовались в результате заболачивания открытых водоёмов в узкий интервал времени (4500–3500 л. н.). Формирование исследуемых объектов происходило по схожей схеме: начиналось со стадии эу-мезотрофного болота с участками открытой воды, плавно переходя к олиго-мезотрофной стадии.

Полученные результаты восполняют пробел в географическом покрытии Средней России палеогеографическими и палеоэкологическими исследованиями, а также ставят ряд вопросов. В частности, осталось не ясным, что именно инициировало процессы болотообразования в районе исследования около 4500–4000 л. н., где именно проходит граница расселения культур эпохи великого переселения народов и чем она может быть обусловлена. Остаются не до конца выясненной динамика климата района исследования: полученные по пыльцевым данным результаты позволяют делать выводы о трендах (похолоданиях и потеплениях, увеличении и уменьшении количества осадков), но не о количественных характеристиках климата. Для их более точных количественных реконструкций, вероятно, следует использовать более широкий набор индикаторных объектов.

Выводы

1. Установлено, что смешанные елово-широколиственные леса в бассейне верхнего течения Днепра сформировались в позднем голоцене. На севере региона этот процесс начался около 4200–4000 л. н., тогда как на юго-востоке — значительно позже (2500–1900 л. н.). Это подтверждается ростом доли пыльцы *Picea abies* и результатами количественной реконструкции биомов, отражающими внедрение таёжных элементов в неморальные сообщества.
2. Антропогенный фактор оказал значительное влияние на изменение экосистем региона в позднем голоцене. Выявлено пять волн антропогенного влияния на экосистемы Смоленской области: 4200–3500 л. н. (бронзовый век), 2900–2800 л. н. (бронзовый век, начало раннего железного века), 2300–2000 л. н. (ранний железный век), 1700–1150 л. н. (эпоха Великого переселения народов, раннее средневековье), с 900 л. н. по настоящее время (средневековье и современность). Это подтверждается увеличением доли вторичных лесов, наличием пиков пыльцы культурных растений, индикаторов выпаса и осветления. Большая часть пыльцевых сигналов антропогенной деятельности коррелируют с имеющимися археологическими данными.
3. На западе Смоленской области антропогенная трансформация ландшафтов носила постепенный характер, начиная с бронзового века. На востоке отмечен период запустения между железным веком и ранним средневековьем. Эти различия подтверждаются динамикой пыльцевых спектров.
4. Малый ледниковый период (520–350 л. н.) оказался важным этапом в исторической динамике региона. В этот период наблюдается снижение антропогенного воздействия на экосистемы, сопровождающееся восстановлением лесных площадей, что отражается в пыльцевых спектрах.
5. Возможно наличие археологических памятников, еще не обнаруженных в исследуемых районах. В частности, пыльцевые спектры из районов, удаленных от известных археологических объектов, свидетельствуют о наличии человеческой активности, что может указывать на присутствие еще не открытых археологических памятников.

6. Исследованные болота имеют общие закономерности формирования: большинство из них начали образовываться примерно 4500–4000 л. н., проходя стадии развития от эу-мезотрофных болот с участками открытых водоемов до олиго-мезотрофных болот. Этот процесс болотообразования совпадает с климатическими изменениями и антропогенным воздействием.
7. Применение AMS-радиоуглеродного датирования, байесовского моделирования и интеграция данных в международные базы повысили точность хронологических и палеоэкологических реконструкций, выполненных в Смоленской области. Это создаёт основу для метаанализов в масштабах Восточной Европы. Полученные также могут быть использованы для уточнения археологических данных и разработки мер по охране природных экосистем в условиях глобальных климатических изменений.

Статьи в рецензируемых научных журналах, входящие в списки Web of Science, Scopus, RSCI:

[1] **Lavrenov N.**, Ershova E., Pimenov V. 71. Mshary Mire (Source of the Dnieper River, Western Russia) // Grana. 2024. V.63. №2. P. 185–187. DOI:10.1080/00173134.2024.2347651. Q3, SJR 0.360. Личный вклад соискателя 0.15 п.л. из 0.16 п.л.

[2] Кренке Н. А., Ершова Е. Г., Ершов И. Н., Раева В. А., Ганичев К. А., Александровский А. Л., Кулькова М. А., Киттель П., Певзнер М. М., Пономаренко Е. В., **Лавренов Н. Г.**, Лавриков М. В., Чаукин С. Н. Радиоуглеродное датирование археологических и природных объектов Смоленщины в 2014–2021 гг. // Краткие сообщения Института археологии. 2022. Т. 267. С. 330–344. DOI: 10.25681/IARAS.0130-2620.267.320-344. K1, ИФ РИНЦ 0,842. Личный вклад соискателя 0.17 п.л. из 0.73 п.л.

[3] **Лавренов Н.Г.**, Ершова Е.Г., Кренке Н.А., Журавкова М.М. Ландшафты Смоленской области как следствие древней антропогенной деятельности: Палеоэкологическое исследование болота Радомский Мох // Поволжская археология. 2021. Т.38. №4. С. 235–246. DOI: 10.24852/ra2021.4.38.235.246. K1, ИФ РИНЦ 0,618. Личный вклад соискателя 0.21 п.л. из 0.28 п.л.

Иные:

- Ershova E.G., Krenke N.A., Kittel P., **Lavrenov N.G.** Archaeological sites in the Katynka river basin (Smolensk Region): Paleogeographic study // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. V. 438. P. 012007. DOI: 10.1088/1755-1315/438/1/012007. Q3, SJR 0.199.
- **Лавренов Н.Г.**, Ершова Е.Г., Журавкова М.М., Кренке Н.А. Влияние человека на ландшафт Смоленской области в последние 2000 лет // Экология древних и традиционных обществ. Материалы VI международной научной конференции. 2020. Тюмень: ТюмНЦ СО РАН. Вып. 6. С. 115–117.
- Ершова Е.Г., Кренке Н.А., Киттель П., **Лавренов Н.Г.** Палеогеографическое изучение археологических памятников в бассейне р. Катынки (правый приток Днепра) // Динамика экосистем в голоцене. Конференция посвященная 110-летию со дня рождения проф. Л.Г. Динесмана. Материалы конференции. 2019. М: Ин-т географии РАН. С. 98–100.

Полный список публикаций на странице соискателя в ИАС «Истина»:

<http://istina.msu.ru/profile/NikitaLavrenov>