

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 911.2

В.А. Низовцев¹, Е.Ю. Новенко², Н.М. Эрман³, Н.Г. Мазей⁴, В.М. Матасов⁵, Н.Б. Лаврова⁶, Л.В. Филимонова⁷

ЭВОЛЮЦИЯ ЛАНДШАФТОВ БАСЕЙНА СРЕДНЕЙ ПРОТВЫ В ГОЛОЦЕНЕ

Рассмотрены изменения ландшафтной структуры в бассейне Средней Протвы в голоцене под воздействием природных и антропогенных факторов. Основу исследований составляет сопряженное использование результатов палеоландшафтных реконструкций, детального палинологического анализа, материалов крупномасштабного ландшафтного картографирования и обобщения археологических и исторических данных. Результаты палеоботанических исследований и радиоуглеродного датирования отложений болота Аграфенино позволили установить периодизацию смен растительного покрова и влияния на них пожаров. Широколиственные леса с небольшой примесью ели распространились в бассейне Средней Протвы около 9,2 тыс. кал. л. н. (тысяч календарных лет назад) и сохранялись в доминантных урочищах на протяжении всего среднего голоцена, несмотря на циклические климатические колебания. Начало формирования елово-широколиственных лесов, образующих растительный покров доминантных ландшафтных комплексов междуречных равнин в доаграрный период, относится к временному рубежу 2,5 тыс. кал. л. н., когда при похолодании и увлажнении климата численность ели в древостоях существенно возросла. В интервале 6,2–4,2 тыс. кал. л. н. на изучаемой территории происходили частые и интенсивные лесные пожары, которые привели к уничтожению широколиственных лесов и распространению вторичных березово-сосновых древостоев. Отсутствие прямых антропогенных индикаторов в спорово-пыльцевых спектрах дает основание предположить природные причины увеличения частоты пожаров в этот период. С мезолита началось освоение территории человеком. Однако вплоть до XVII века ландшафтные комплексы междуречий, в отличие от долинных, не претерпевали существенных антропогенных трансформаций.

Ключевые слова: голоцен, ландшафт, палеоландшафтные реконструкции, спорово-пыльцевой анализ, торфонакопление, радиоуглеродное датирование

Введение. Реконструкции ландшафтно-климатических изменений в голоцене и формирования природно-антропогенных ландшафтов центральных районов Европейской части России остаются уже на протяжении многих десятилетий актуальными проблемами ретроспективного анализа взаимодействия человека и окружающей среды [Хотинский, 1977; Величко, 2002; Низовцев, 2005; Матасов, 2017; Khotinsky, 1993; Novenko et al., 2016, 2017].

Особый интерес в рамках данной проблематики представляют староосвоенные территории в бассейнах крупных рек Центральной России и их притоков. Относительно плодородные почвы и высокий ресурсный потенциал зоны хвойно-широколиственных лесов, наличие водных транспортных путей были благоприятными факторами для освое-

ния этих регионов на различных этапах развития человеческого общества и привели к значительной трансформации геосистем под воздействием антропогенного фактора.

Палеоландшафтные реконструкции, представленные в настоящей работе, выполнены по материалам исследований на территории Сатинского учебно-научного полигона географического факультета МГУ. Изучаемая территория расположена в бассейне среднего течения реки Протвы в окрестностях г. Боровск на границе Калужской и Московской областей.

Боровский край может считаться эталоном староосвоенных ландшафтов, испытавших неоднократные смены разных видов природопользования [Евдокимова, 1978; Казьмин, Карпачевский, 2018].

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра физической географии и ландшафтоведения, вед. науч. с., канд. геогр. н.; *e-mail:* nizov2118@yandex.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра физической географии и ландшафтоведения, вед. науч. с., докт. геогр. н.; *e-mail:* lenanov@mail.ru

³ Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН, отдел истории наук о Земле, ст. науч. с., канд. геогр. н.; *e-mail:* erman.natalie@mail.ru

⁴ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра физической географии и ландшафтоведения, ст. науч. с., канд. биол. н.; *e-mail:* natashamazei@yandex.ru

⁵ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра физической географии и ландшафтоведения, науч. с., канд. геогр. н.; *e-mail:* ecoacoustic@yandex.ru

⁶ Институт геологии Карельского научного центра РАН, лаборатория геохимии, четвертичной геологии и геоэкологии, науч. с., канд. биол. н.; *e-mail:* lavrova@krc.karelia.ru

⁷ Институт биологии Карельского научного центра РАН, лаборатория болотных экосистем, ст. науч. с., канд. биол. н.; *e-mail:* filimonovaluda@mail.ru

Здесь сохранились памятники всех основных этапов и видов хозяйственной деятельности. Начиная с эпохи мезолита, антропогенному воздействию подверглись практически все ландшафтные комплексы [Низовцев, 2011]. Главный и массово наблюдающийся эффект антропогенного воздействия на морфологические единицы ландшафта проявляется в многочисленных, часто сложно опосредствованных, количественных изменениях свойств компонентов (и прежде всего, биоты), что приводит к формированию длительно производных модификаций и усложнению структуры ПТК, а также к их типологическому разнообразию. Например, площадь земель лесного фонда Сатинского учебного полигона в 2017 г. составляла 43,4% [Казьмин, Карпачевский, 2018], а площадь лесов Боровского района в 2016 г. занимала 35,1% от его общей площади [Антонов с соавт., 2018]. Но эти леса в основном вторичные, производные и малопродуктивные. Среди них только 15% приходится на условно-коренные леса [Микляева с соавт., 2018]. Следовательно, чтобы понять тенденции естественного развития современных ландшафтов и их компонентов необходимо изучение как современных их свойств и структуры, так и ретроспективный анализ динамики природной среды.

Цель представленной работы – реконструкция изменений ландшафтного покрова в бассейне Средней Протвы в голоцене под воздействием природных и антропогенных факторов на основе сопряженного использования результатов детального палинологического анализа, материалов крупномасштабного ландшафтного картографирования и обобщения археологических и исторических данных.

История развития рельефа в плейстоцене и голоцене, формирование долины р. Протвы и эрозионной сети, стратиграфия четвертичных и голоценовых отложений Сатинского полигона хорошо изучены [Строение и история развития ..., 1996; Панин, Каревская, 2000; Антонов, 2004; Еременко с соавт., 2005; Рычагов, 2007; Судакова с соавт., 2008]. Согласно данным спорово-пыльцевого анализа Бутовского болота, расположенного также в пределах Сатинского учебно-научного полигона, пойменного аллювия долины р. Протвы и рыхлых отложений малых эрозионных форм [Панин с соавт., 1999, 2009; Шеремецкая с соавт., 2012], на изучаемой территории в среднем и позднем голоцене были распространены березовые и смешанные хвойно-широколиственные леса. Выявлены этапы постпирогенных сукцессий и антропогенных нарушений растительности [Панин, Каревская, 2000].

В статье представлены новые данные детальных палинологических исследований разреза небольшого мезотрофного болота около д. Аграфенино. Анаэробные условия формирования болотных отложений способствуют хорошей сохранности пыльцы и спор, а высокое содержание органического вещества в торфе дает возможность надежного датирования разреза радиоуглеродным методом. Выполненные исследования позволяют существенно до-

полнить палинологические данные из аллювиальных и делювиальных отложений, уточнить временные границы ландшафтно-климатических изменений. Впервые для территории Сатинского полигона проведен анализ концентрации микрочастиц угля в торфе, изменения которой в торфяной залежи служат индикатором интенсивности пожаров на территории, окружающей болото. Интерпретация полученных данных с учетом современной ландшафтной структуры территории и привлечение материалов крупномасштабного ландшафтного картографирования позволили выполнить реконструкции изменений геосистем в голоцене на уровне урочищ.

Материалы и методы исследований. Ландшафтные особенности района обусловлены его пограничным положением на стыке нескольких физико-географических районов в краевой зоне московского оледенения и вблизи южной границы хвойно-широколиственных лесов. По этой причине на относительно небольшой территории встречаются практически все основные типы ландшафтных комплексов, распространенных в Центральной России [Низовцев, 2007]. Сатинский полигон включает территории четырех ландшафтов, на относительно небольшой площади полигона выявлено 37 видов урочищ, относящихся к 11 разновидностям физико-географических местностей [Низовцев, 2007] (рис. 1). В пределах Сатинского полигона местности междуречных равнин имеют полидоминантный тип морфологической структуры, в которой дополняющие урочища ложбин стока и эрозионной сети образуют коленчато-древовидно-мозаичный пространственный рисунок, осложненный мелкой пятнистостью камовых всхолмлений, заболоченных западин и древнеозерных котловин. Доминантными урочищами служат волнистые, слабонаклонные и плоские вторичные моренные, моренно-водноледниковые и озерно-водноледниковые равнины. Такое строение внедолинных местностей обусловлено, прежде всего, неравномерной аккумулятивной деятельностью ледника и последующей переработкой моренных междуречных равнин ледниковыми водами, а позднее и овражно-балочной эрозией.

Морфологическая структура местностей речных долин характеризуется большей пестротой; составляющие их ПТК отличаются разнообразием почвенно-растительных условий. Доминантные и субдоминантные урочища пойм разного уровня и низкие надпойменные террасы образуют сегментно-ленточный или полосчатый ландшафтный рисунок.

Материалами для реконструкции эволюции ландшафтных комплексов послужили ландшафтная карта изучаемой территории [Низовцев, 2007], а также результаты палеоботанических исследований и радиоуглеродного датирования отложений болота Аграфенино.

Болото Аграфенино (N 55°14'2.2488" E 36°20'9.636") площадью 12 га расположено на северо-востоке Сатинского учебно-научного полигона в ландшафте плоских и слабоволнистых морен-

но-водноледниковых равнин (см. рис. 1), занимающих средний ярус рельефа (170–190 м над ур. м.). Болото имеет овальную форму, средняя мощность торфа составляет около 1 м, с максимумом до 1,5 м. Торф подстилается тяжелым суглинком мощностью до 0,4 м. Центральная слегка повышенная часть болота занята осоково-клюквенно-сфагновым фитоценозом, а срединная кайма представлена сфагново-хвощево-пушицево-осоковым фитоценозом.

Бурение торфяной залежи болота было проведено в июле 2016 г. При описании состава торфяной колонки в полевых условиях отмечались также прослойки угля (пожарные слои). Для разреза торфяной залежи выполнен спорово-пыльцевой анализ и определены потери при прокаливании. Всего изучено по 75 образцов при интервале отбора 2 см. Пробы для спорово-пыльцевого анализа были подготовлены по стандартной методике [Moore et al., 1991] с одновременным учетом микрочастиц угля [Finsinger et al., 2008]. В образцах было подсчитано 500 и более пыльцевых зерен и спор. Для расчетов концентрации пыльцы и микрочастиц угля при обработке проб были добавлены споры *Lycopodium* [Stockmarr, 1971]. Потери при прокаливании образцов торфа определены методом сухого озоления при температуре 450°C. Увеличение поступления минеральных частиц в торфяную залежь рассматривается как индикатор нарушения почвенно-растительного покрова вокруг болота.

Для разреза болота в ЦКП «Лаборатории радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии» Института географии РАН получено 8 датировок (табл.). Калибровка радиоуглеродных датировок проведена в программе Calib7.1 с использованием калибровочной кривой IntCal13 [Reimer et al., 2013]. Расчеты скорости накопления торфа выполнены на основе модели роста отложений при помощи программы Clam 2.2 [Blaauw, 2010].

Реконструкция геосистем в прошлом основана на ландшафтно-эдафическом подходе, предложенном В.А. Низовцевым [Низовцев, Фурманова 1995;

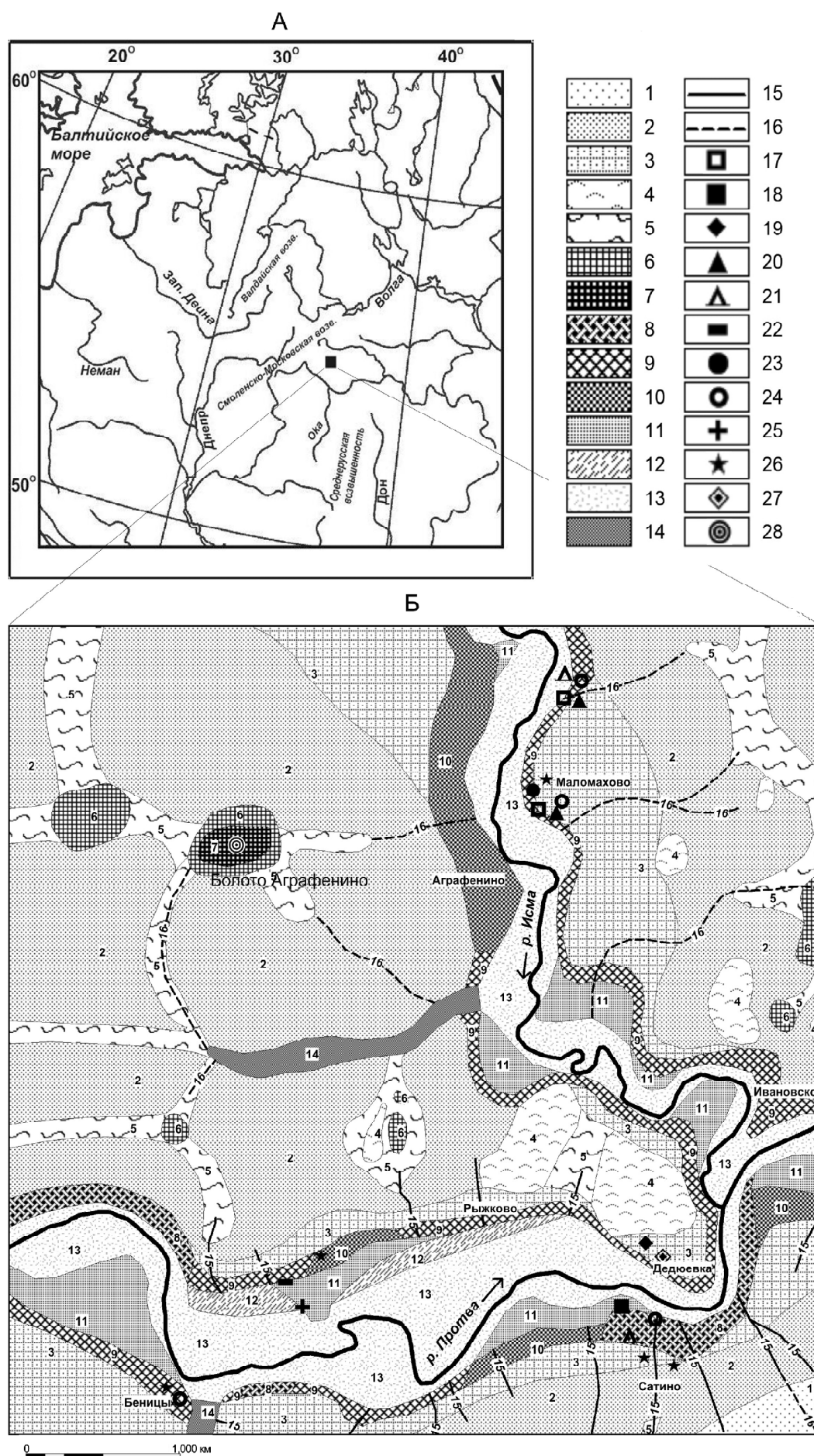
Низовцев, 2011]. Также использована концепция, разработанная А.А. Видиной, Г.А. Исаченко и А.И. Резниковым [Исаченко, Резников, 1996], которая состоит в разделении характеристик элементарных ландшафтов на признаки местоположения (относительно устойчивые параметры рельефа и подстилающих пород, определяющих режим увлажнения) и признаки состояний (более динамичные параметры, растительность и почвы). Согласно этим подходам, карта современных урочищ представляет собой, по сути, карту местоположений, создающих «поле возможностей» для существования растительных сообществ и реализации сукцессионных смен. Используя данные палинологического анализа, мы можем реконструировать эти сукцессионные смены.

Результаты исследований и их обсуждение.

Радиоуглеродное датирование торфа показало, что заторфовывание небольшой депрессии, которую занимает в настоящее время болото Аграфенино, началось в конце бореального периода голоцена, около 9,3 тыс. кал. л. н. В соответствии с расчетами по модели скорости роста отложений (рис. 2), скорость вертикального прироста торфа на ранних стадиях развития болота была высокой и составляла 1,2 мм/год (9,3–8,9 тыс. кал. л.н.). В начале атлантического периода (8,9–8,4 тыс. кал. л.н.) она снизилась до 0,2 мм/год. Во второй половине атлантика и в первой половине суббореала скорость торфонакопления в среднем не превышала 0,05 мм/год. В слоях торфа, сформировавшихся в этот период, зафиксированы многочисленные прослойки угля, что может указывать на выгорание части торфяной залежи и перерывы в осадконакоплении. Наибольшая частота пожарных слоев и максимальное количество находок фрагментов обгорелой коры и древесины в торфе, согласно расчетам по модели роста отложений, соответствуют возрастному интервалу 6,2–4,0 тыс. кал. л. н. Во вторую половину суббореального периода и в субатлантический период скорость торфонакопления изменялась в пределах

Результаты радиоуглеродного датирования отложений болота Аграфенино

Лабораторный номер	Материал для датирования	Глубина, см	Возраст ^{14}C лет назад / pMC, %	Интервал калиброванного возраста, 2σ (вероятность)
ИГ РАН 5421	торф	20–22	102,67±2,26	—
ИГ РАН 5422	торф	30–33	102,98±2,17	—
ИГ РАН 5423	торф	50–53	150,27±2,36	—
ИГ РАН 5428	торф	63–65	1610±90	1327–1708 (1,000)
ИГ РАН 5424	торф	80–85	3280±70	3370–3644 (0,978)
ИГ РАН 5425	торф	110–113	7630±80	8350–8605 (1,000)
ИГ РАН 5426	торф	127–130	8280±120	9006–9504 (0,997)
ИГ РАН 5427	торф	147–150	8330±110	9069–9524 (0,965)



от 0,08 до 0,1 мм/год. Верхние горизонты слабо и среднеразложившегося сфагнового торфа (общая мощность 53 см) сформировались в течение последних 100 лет, о чем свидетельствуют 3 радиоуглеродные даты. Наличие четкого угольного прослоя, отделяющего эти горизонты торфа от нижележащих слоев торфяной залежи, резкие смены типа торфа и состава растений-торфообразователей могут быть признаками нарушения торфяной залежи в результате пожара и утраты некоторых горизонтов.

Спорово-пыльцевая диаграмма разреза болота Аграфенино включает 8 п. з. (пыльцевых зон, рис. 3). Полученные данные о составе и соотношениях основных компонентов спорово-пыльцевых спектров и скоростях торфонакопления позволили выделить основные фазы изменения окружающей среды на территории вокруг болота (рис. 4). Для реконструкции интенсивности лесных пожаров были привлечены 14 радиоуглеродных датировок фрагментов углей, полученных А.В. Паниным [Панин с соавт., 1999, 2009] из пойменного аллювия и рыхлых отложений малых эрозионных форм на территории Сатинского полигона в радиусе нескольких километров от изучаемого болота. В данной статье мы не обсуждаем геоморфологическую позицию и условия залегания этих углей, их возможное перемещение. Мы принимаем возраст угля как дату некоторого пирогенного события, имевшего место в непосредственной близости от болота. На рис. 4 показана медиана вероятности калиброванного возраста фрагментов угля. Имевшие место пожары образуют две возрастные группы: 5,4–4,2 и 0,9–0,5 тыс. кал. л. н. (см. рис. 4).

Полученные данные показали, что в бореальном периоде голоцена (п. з. 1; см. рис. 3) в бассейне Средней Протвы произрастали сосново-березовые леса, что хорошо согласуется с данными, полученными по Бутовскому болоту [Шереметская с соавт., 2012] и региональными реконструкциями

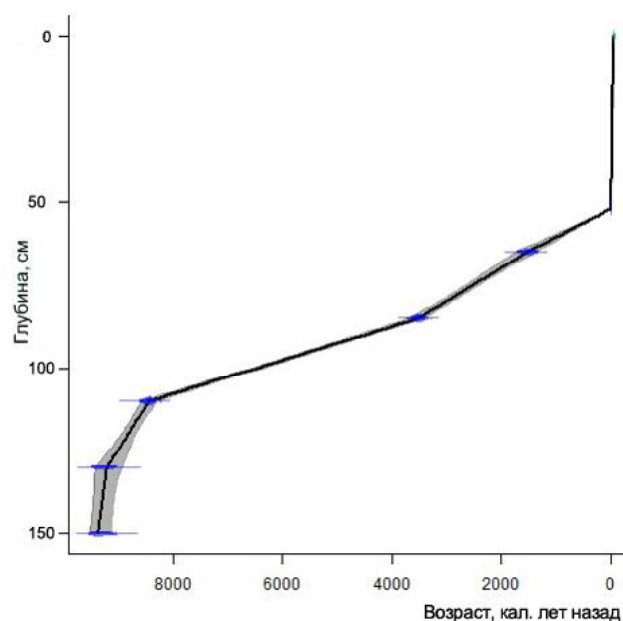


Рис. 2. Модель роста отложений торфяной залежи болота Аграфенино

Fig. 2. Age-depth model of the peat strata from the Agraferino peatland

растительности для лесной зоны Восточно-Европейской равнины [Хотинский, 1977; Величко, 2002]. В небольшом количестве в составе древостоев принимали участие широколиственные породы деревьев. Подъем кривых пыльцы липы, вяза, дуба, ольхи и лещины в спектрах (п. з. 2) соответствует временному рубежу около 9,2 тыс. кал. л. н. (конец бореала) и позволяет реконструировать распространение на изучаемую территорию широколиственных лесов.

Колебания в содержании пыльцы широколиственных пород, сосны и березы, а также серия пиков повышения концентрации микроугля в интервале 9,2–7,8 тыс. кал. л. н. указывают на нарушение

Рис. 1. Положение района исследований на Восточно-Европейской равнине (А) и ландшафтная позиция болота Аграфенино (Б). Условные обозначения: Ландшафтные комплексы (1–16): 1 – вторичные моренные равнины волнистые и плоские, 2 – моренно-водноледниковые равнины слабохолмистые, 3 – озерно-водноледниковые равнины плоские и пологонаклонные, 4 – камовые всхолмления, 5 – малые плоскодонные ложбины древнего стока, 6 – котловины древнеозерные, 7 – котловины с переходными торфяниками, 8 – склоны долин крутые, сложного профиля, 9 – склоны долин крутые, делювиального типа, 10 – склоны долин крутопокатые и покатые делювиального типа, 11 – террасы надпойменные плоские или пологонаклонные, 12 – делювиальные шлейфы пологие и покатые, 13 – поймы высокие, 14 – долины ручьев и рек, крутосклонные и слабоврезанные, 15 – овраги, 16 – балки и лощины. Археологические памятники (17–27): 17 – мезолит, стоянки; 18 – неолит, стоянка; 19 – неолит, отдельные находки; 20 – ранний железный век, городище; 21 – ранний железный век, селище; 22 – роменская культура, славянский период, селище; 23 – Древнерусский период, городище; 24 – Древнерусский период, селище; 25 – Древнерусский период, курганный могильник; 26 – средневековый период, селище; 27 – средневековый период, отдельные находки керамики; 28 – точка бурения

Fig. 1. Location of the study area within the East European Plain (A) and the landscape position of Agraferino peatland (B). Legend: landscape complexes (1–16): 1 – moraine plains undulate and flat, 2 – moraine-fluvioglacial plains slightly undulate, 3 – lacustrine-fluvioglacial plains flat and gently inclined, 4 – kames, 5 – small flat valleys of fluvioglacial flows, 6 – depressions of former lakes, 7 – depressions with mesotrophic peatlands, 8 – slopes of river valleys steep with complex profile, 9 – slopes of river valleys steep of diluvia type, 10 – slopes of river valleys sloping and gentle of diluvia type, 11 – floodplain terraces flat or gently inclined, 12 – deluvial foreslopes gentle and sloping, 13 – floodplains, 14 – valleys of small rivers and brooks with steep slopes and slightly incut, 15 – ravines, 16 – small flat-bottom valleys and gullies. Archaeological findings (17–27): 17 – Mesolithic, sites; 18 – Neolithic, sites; 19 – Neolithic, separate findings; 20 – Early Iron Age, hillfort; 21 – Early Iron Age, settlement; 22 – Romenskaya culture, Slavic period, settlement; 23 – Old Russian Period, hillfort; 24 – Old Russian Period, settlement; 25 – Old Russian Period, burial mound; 26 – Medieval period, settlement; 27 – Medieval period, separate findings of pottery. 28 – location of peat core

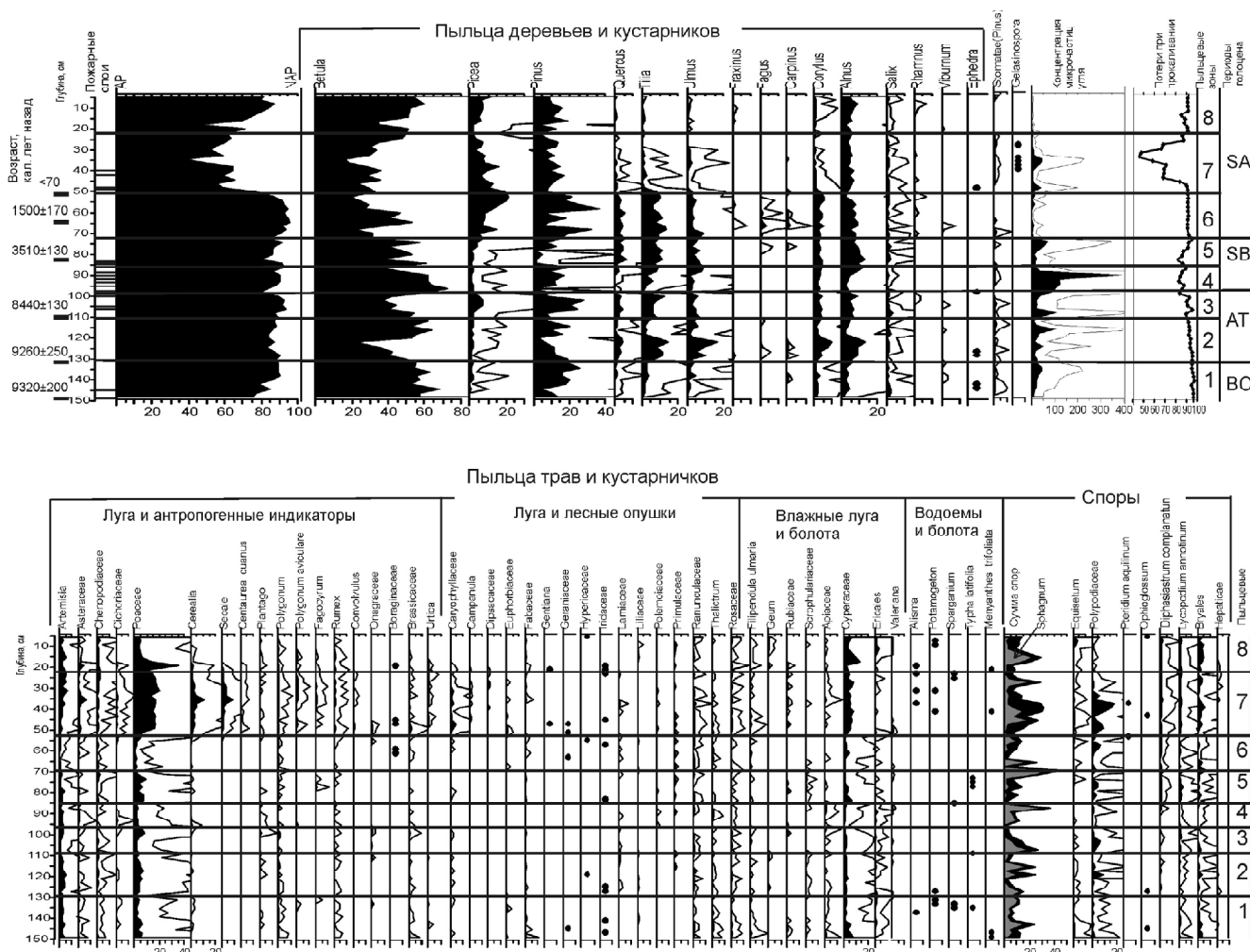


Рис. 3. Спорово-пыльцевая диаграмма разреза болота Аграфенино. За 100% принята сумма пыльцы древесных пород и травянистых растений. Дополнительный контур показывает содержание базового таксона с увеличением в 10 раз

Fig. 3. Pollen diagram of the peat core from the Agrafenino peatland. Pollen sum includes arboreal pollen and herbaceous pollen; additional curves represent x10 exaggeration of base curves

растительности и постпирогенные сукцессии в лесных сообществах. В спектрах отмечены единичные пыльцевые зерна злаков по морфологии близких к культурным формам, но в целом, содержание пыльцы растений – антропогенных индикаторов невелико. Возможно, ландшафтные комплексы изучаемой территории испытывали слабое антропогенное воздействие. Известны достоверные свидетельства обитания в данном районе людей, относящиеся к мезолиту и датируемые археологами 7–6 тыс. до н. э. / примерно 10–8 тыс. кал. л. н. [Археологическая карта России ..., 1992]. В окрестностях болота Аграфенино известны три стоянки эпохи мезолита (см. рис. 1), расположенные южнее д. Маламахово по обоим берегам Исмы [Прошкин, 1997; Прошкин, Фролов, 2012]. В V–IV тыс. до н. э. / примерно 8–7 тыс. кал. л. н. в бассейне Протвы появляются племена нового каменного века. В 1985 г. на северо-западной окраине с. Сатино археологи обнаружили материальные следы поселенцев льяловской неолитической культуры, IV тыс. до н. э. (см. рис. 1). По-видимому, на широком мысу I надпойменной

террасы при впадении Западно-Сатинского оврага в р. Протву существовало неолитическое поселение общей площадью свыше 5 тыс. м² [Фролов, 1985].

В период между 7,8 и 6,2 тыс. кал. л. н. доля широколиственных пород в древостоях увеличивается, преобладают липа и вяз (количество пыльцы этих таксонов составляет 15–25%). Также в этот период в составе лесных сообществ увеличивается участие ели, доля ее пыльцы от суммы пыльцы древесных и травянистых растений возрастает от 2–3% до 12% (п. з. 2; см. рис. 3). Исследования пыльцевой продуктивности ели и ее обилия в современных поверхностных спектрах [Giesecke, Bennett, 2004] показали, что содержание пыльцы ели в количестве выше 7–10% может быть аргументом в пользу присутствия ели в древостоях вблизи точки отбора. Высокое содержание пыльцы березы и сосны в спектрах указывает на существование сосново-березовых лесов в подходящих местообитаниях. Возможно, источником пыльцы березы была локальная растительность на болоте. Образцы торфа содержат многочисленные фрагменты березовой коры.

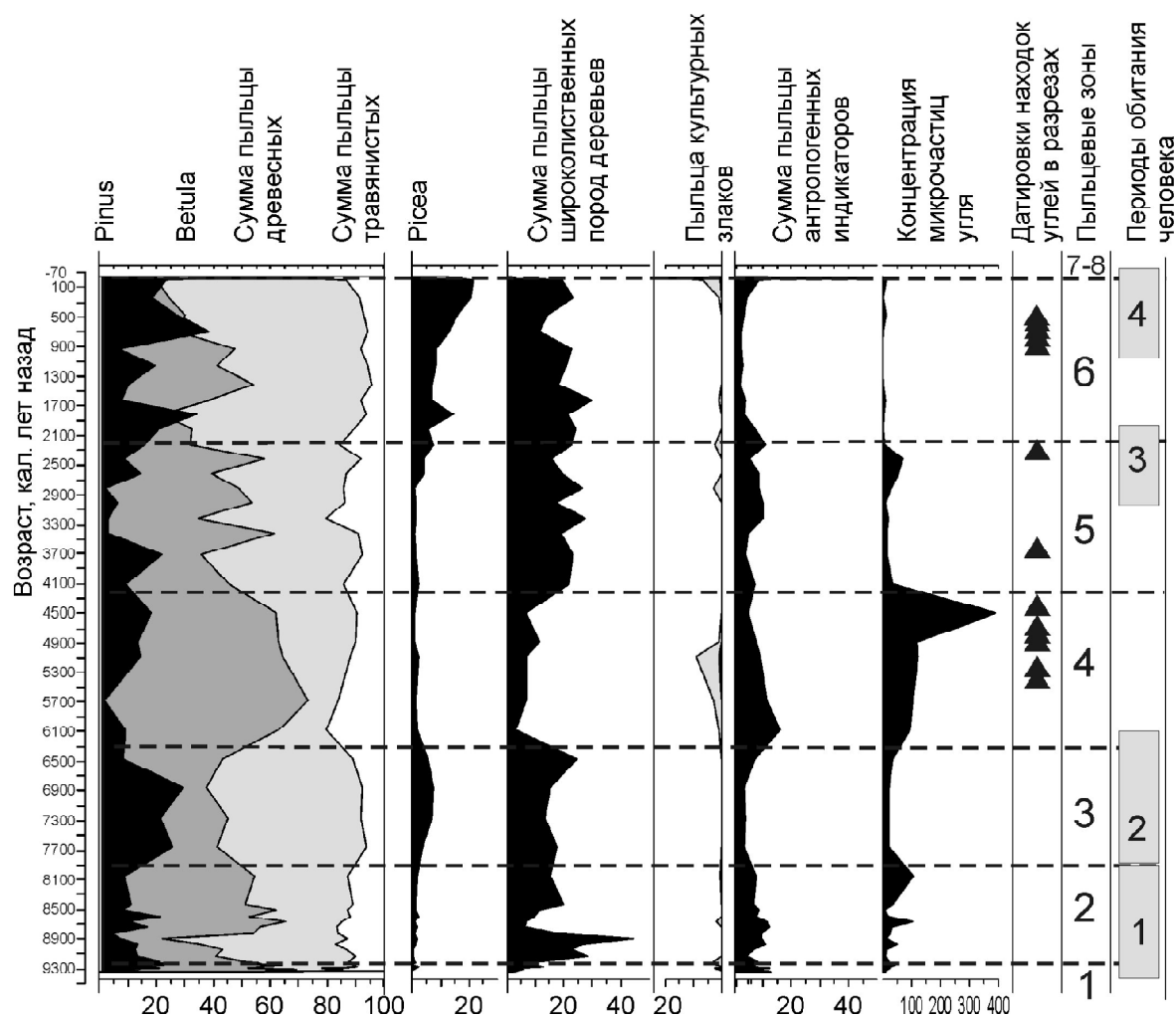


Рис. 4. Сопоставление процентного содержания основных пыльцевых таксонов разреза болота Аграфенино с результатами датирования фрагментов углей из разрезов пойменного аллювия и рыхлых отложений малых эрозионных форм Сатинского учебного полигона и этапами обитания человека на изучаемой территории. Датировки фрагментов углей из разрезов приведены по [Панин с соавт., 1999, 2009]. Этапы обитания человека: 1 – мезолит, 2 – неолит, 3 – ранний железный век, 4 – непрерывно, начиная со славянской колонизации до настоящего времени

Fig. 4. Comparison of the composition of main pollen taxa from the Agraferino peat core with the results of radiocarbon dating of charcoal fragments from the sections in floodplain alluvium and diluvium sediments of small erosional forms in the area of the Satino training station and the periods of human habitation in the study area. Radiocarbon dating of charcoal fragments is given after [Panin et al., 1999, 2009] Periods of human habitation: 1 – Mesolithic, 2 – Neolithic, 3 – Early Iron Age, 4 – continuously from Slavic colonization till the present

Сопоставляя современную ландшафтную структуру района исследований и палинологические данные можно сделать следующую реконструкцию растительного покрова. Очевидно, в доминантных урочищах междуречных равнин были распространены широколиственные леса с преобладанием дуба и липы. В спорово-пыльцевых спектрах рассматриваемого периода доля пыльцы липы превышает содержание пыльцы дуба. Учитывая, что пыльцевая продуктивность липы, как насекомоопыляемого растения, ниже, чем у дуба, опыляемого ветром, то можно сделать вывод, что участие липы в составе лесов было больше, чем дуба. Как правило, она предпочитала пониженные, затененные и более увлажненные урочища междуречий.

В рассматриваемый период в дубово-липовых и липовых лесах, расположенных в переувлажненных

местообитаниях ложбин стока, ложинообразных верховьях малых эрозионных форм и краевых (приболотных) урочищах древнеозерных котловин в виде примеси могла встречаться ель. Мы предполагаем, что коренные склоны долин рек Протвы и Исы, долин ручьев балочного типа теплых (южных) экспозиций занимали дубравы, а холодные склоны северных экспозиций – липовые с кленом леса. Отчасти такое распределение широколиственных лесов мы можем наблюдать и в настоящее время: «урочище Дубки» на южном склоне р. Протвы и липовый лес («урочище Соколиха») на северном склоне р. Исы.

По долинным зандрам и надпойменным террасам в широколиственных лесах присутствовали ель и сосна, последняя могла доминировать на участках с преобладанием песчаного субстрата. Сухие местообитания урочищ приэрозионных склонов и

верхних частей крутых коренных склонов долин занимали сосновые леса. В низовьях коренных склонов долин с разгрузкой сильно минерализованных карбонатных вод могли произрастать вязовники. Такого типа леса можно встретить в некоторых районах Подмосковья [Дылис с соавт., 1981]. Пойменные липодубравы, вероятно, занимали массивы высоких пойм, вязовники и черноольшаники – староречья.

Период 6,2–4,2 тыс. кал. л.н. (вторая половина атлантического периода и начало суббореала) – время катастрофических и резких изменений окружающей среды на изучаемой территории. Торф, сформировавшийся в это время, содержит многочисленные пожарные слои. Концентрация микрочастиц угля в образцах максимальная (150–200 частиц/см³) с пиком до 400 частиц/см³. Датировки угольков из аллювия р. Протвы и рыхлых отложений малых эрозионных форм в районе исследований также свидетельствуют о высокой частоте пожаров в период между 6,0 и 4,5 тыс. кал. л.н. (см. рис. 4). Изменения спорово-пыльцевых спектров отражают деградацию широколиственных и елово-широколиственных лесов, а также распространение вторичных березняков, а затем березово-сосновых лесов. Количество пыльцы широколиственных пород деревьев и ели снижается до 2–3% (п. з. 4; см. рис. 3). Увеличивается доля пыльцы березы (60–80%), сосны (10–20%) и трав (20%). Результаты анализа потерь при прокаливании образцов торфа (см. рис. 3), накопившегося в этот период, выявили увеличение поступления минеральных частиц в торфяную залежь, что служит индикатором нарушения почвенно-растительного покрова и появления незадернованной почвы вокруг болота. Полученные данные хорошо согласуются с результатами более ранних исследований И.А. Каревской [Панин с соавт., 2009], отмечавшей снижение общей облесенности и пирогенные нарушения растительности изучаемой территории в этот период.

Палинологических свидетельств интенсивного воздействия хозяйственной деятельности человека на растительный покров в период 6,2–4,2 тыс. кал. л.н. (соответствует эпохе бронзы) не выявлено. В спектрах торфяных образцов обнаружены единичные пыльцевые зерна культурных злаков и подорожника. В современных спектрах в лесной зоне отдельные находки видов – антропогенных индикаторов (в количестве до 0,5%) часто встречаются вдали от обрабатываемых земель. Согласно специальным исследованиям [Koff, Punning, 2002; Novenko et al., 2017] эти пыльцевые зерна относятся к региональным компонентам спектров, отражают возделывание земель в регионе в целом и не могут служить надежными индикаторами земледелия на территории, окружающей болото. Возможно, в начале этого этапа на изучаемой территории еще существовало поселение льяловской культуры (поздний неолит), и следы антропогенных нарушений растительности относятся к этому времени. Но для интервала 5,0–4,0 тыс. кал. л.н., когда пожары были наиболее ин-

тенсивны, не выявлено никаких свидетельств присутствия человека. Следует отметить, что в Боровском районе зафиксировано лишь 6 археологических находок, относящихся к периоду бронзового века, однако специальных исследований бронзового века на этой территории не проводилось [Прошкин, 1997].

Согласно исследованиям [Панин с соавт., 1999, 2009], в течение временного интервала приблизительно 6,0–4,5 тыс. кал. л.н. на территории Сатинского полигона протекали активные процессы оврагообразования, не имевшие аналогов в голоцене, случались катастрофические паводки. Отсутствие признаков существенного антропогенного воздействия позволяет сделать заключение о природных причинах этих явлений и взаимосвязи между вспышкой эрозионных процессов и частыми и интенсивными лесными пожарами, в результате которых растительный покров был нарушен на значительных площадях изучаемой территории в это время. Такими причинами могли быть повторяющиеся из года в год длительные летние засухи, неравномерность выпадения осадков, сильные ливни.

После 4,2 тыс. кал. л.н. широколиственные леса восстановили свои позиции в бассейне Средней Протвы (п. з. 5, см. рис. 3). После 2,5 тыс. кал. л.н. (субатлантический период) при похолодании и увеличении влажности климата в позднем голоцене [Davis et al., 2003; Mauri et al., 2015] доля ели в древостоях существенно увеличилась. Содержание пыльцы ели возросло до 20–25%, ее кривая образует четко выраженный максимум (п. з. 6, см. рис. 3), что типично для спорово-пыльцевых диаграмм голоценовых отложений лесной зоны Восточно-Европейской равнины (так называемый «верхний максимум ели») [Хогинский, 1977].

Можно считать, что в этот период окончательно сформировалась структура коренных ландшафтов Центральной России [Анненская с соавт., 1987]. За исключением ряда коротких береговых оврагов полностью оформился морфолитогенный каркас ландшафтов данной территории. Основным типом растительности стали хвойно-широколиственные леса. Дальнейшее развитие ландшафтов происходило в значительной степени под воздействием антропогенного фактора. Именно в это время (ранний железный век, дьяковская культура) появляется постоянное оседлое население, формируется развитая поселенческая структура с системой городищ и селищ, которая имела ярко выраженный линейный характер. Поселения располагались цепочкой по долинам зандрам и надпойменным террасам долины Протвы и ее притоков [Археологическая карта России ..., 1992]. Среднее расстояние между городищами по Протве составляло не более 5–6 км.

Два поселенческих комплекса дьяковских племен сложились в ближайших окрестностях исследуемого нами болота, у д. Маламахово по левому берегу Исмы. Здесь открыты два городища с примыкающими к ним селищами [Прошкин, 2012]. В спорово-пыльцевых спектрах, относящихся ко времени 1,7–2,0 тыс. кал. л.н., в небольшом количе-

стве присутствует пыльца хлебных злаков, отмечено незначительное увеличение концентрации микрочастиц угля (см. рис. 4). Возможно, освоение носило локальный характер вокруг поселений, и междуречные ПТК, непосредственно прилегающие к болоту, были вне интенсивного антропогенного воздействия.

Первые славянские поселения возникли в районе исследований в VIII–X вв. н. э. [Низовцев, Марченко, 2006]. В XII в. здесь сложилась довольно густая сеть поселений: селища на левом берегу р. Протвы в районе Рыжковского кладбища, Беницы, Сатино, Совьяки, Бердовка и др., а также укрепленные поселения-городища в Боровске, Беницах и Маламахово [Археологическая карта России ..., 1992; Прошкин, 2000] (см. рис. 1). Село Беницы в 1156 г. было одним из крупных волостных центров Смоленской земли. Его детальные археологические раскопки показали, что местное население вело комплексное хозяйство и занималось земледелием, скотоводством, охотой, рыболовством, бортничеством и ремеслами [Успенская, 1964]. Находки керамики на географической станции в Сатино, в Дедюевке и на Рыжковском селище (определения керамики выполнены археологами С.З. Черновым и Н.А. Кренке) позволяют однозначно судить, что эти поселения существовали и в XV веке. Однако полученные палинологические данные не дают оснований для реконструкции нарушений растительности под воздействием хозяйственной деятельности человека. В спектрах отмечено лишь небольшое сокращение количества пыльцы широколиственных пород, но отсутствует пыльца культурных злаков и прямых антропогенных индикаторов. При этом ко времени Средневековья относится более поздняя группа радиоуглеродных датировок углей из разрезов рыхлых отложений малых эрозионных форм, что является индикатором увеличения частоты пожаров на изучаемой территории. Возможно, часть торфяной залежи болота, относящаяся к этому времени, была утрачена в результате более поздних пожаров.

Анализ разнообразных исторических материалов по Боровскому и Верейскому уездам, на границе которых в XVII–XVIII вв. располагалась территория исследований [РГАДА ... Атлас Калужской губернии, 1782; РГАДА ... Атлас Боровского уезда, 1779; РГАДА ... Атлас Верейского уезда, 1784; РГАДА ... План Верейского уезда с разделением на станы, 1772], показал, что в XVIII веке сельскохозяйственное освоение ландшафтов бассейна Средней Протвы достигло своего пика. Во второй половине XVIII века доля пашни в Боровском уезде составляла более 65%, а в Верейском – около 40%, доля лугов не превышала 10%. Доля лесов сократилась до 7% от общей площади угодий в долинных ландшафтах и до 15–20% в междуречных. Во многом это было связано с бурным ростом населения, начавшимся с середины XVII в. Например, в 1629–1630 гг. в Сатино проживало 17 человек, в 1646–1648 гг. – 48 чел., в 1676–1677 гг. – 105 чел., в 1705 г. – 191 чел. [Евдокимова, 1978]. И хотя в пос-

ледующие годы доля лесопокрытых площадей постоянно возрастала в результате лесоустроительных мероприятий, собственно коренных лесов не осталось вовсе.

Согласно радиоуглеродным датировкам, верхние 53 см торфяной залежи болота Аграфенино сформировались в течение последних 100 лет. Изменения состава спорово-пыльцевых спектров отражают значительную антропогенную трансформацию геосистем, но очевидно, это отражение не ситуации, сложившейся в XX столетии, а наследие предшествующих веков. Возможно часть торфяной залежи, накопившаяся в XVIII–XIX вв., уничтожена в результате пожара. Сокращение доли пыльцы в древесных спектрах, почти полное исчезновение пыльцы широколиственных пород, резкое увеличение количества пыльцы луговых трав, видов растений нарушенных грунтов и сорных, отчетливый максимум пыльцы культурных злаков (п. з. 7, см. рис. 3) указывают на вырубку лесов и распространение сельскохозяйственных угодий. Отчетливый минимум на кривой потерь при прокаливании торфа до 45% (см. рис. 3) служит подтверждением интенсивного поступления минеральных частиц в торфяную залежь, источником которых могут быть распаханнные участки земли, прилегающие к болоту. Также выявлено несколько эпизодов сильных пожаров, затронувших болото, о чем свидетельствуют пики концентрации микрочастиц угля в торфе, пожарные слои в торфяной залежи и находки спор грибов-аскомицетов рода *Gelasinospora*, растущих преимущественно на горях.

Спорово-пыльцевые спектры самого верхнего горизонта торфа (20 см, п. з. 8, см. рис. 3) отражают увеличение облесенности территории и сокращение доли сельскохозяйственных угодий. Содержание пыльцы древесных возросло до 80%, в основном за счет березы, сосны и ели; в то же время сократилось участие пыльцы луговых растений, антропогенных индикаторов и хлебных злаков, понизилась зольность торфа. Очевидно, верхний горизонт торфяной залежи сформировался в период упадка сельского хозяйства в постсоветское время, когда происходило зарастание полей, распространение вторичных сосново-березовых лесов с участием ели. Процесс зарастания сельскохозяйственных угодий после распада СССР хорошо изучен [Люри с соавт., 2010]. Однако в Калужской области забрасывание полей не было столь масштабным и длительным, как для ряда других областей Нечерноземья [Мухин, 2012; Prishchepov et al., 2013].

Выводы:

– полученные данные показали, что широколиственные породы деревьев (дуб, вяз, липа) начали распространяться в бассейне Средней Протвы уже около 9,2 тыс. лет н. э. В начале атлантического периода голоцена в растительном покрове вторичных моренных и моренно-водноледниковых равнин широколиственные леса уже практически вытеснили березовые и березово-сосновые, существовавшие на этой территории в раннем голоцене. Ель встречалась в виде примеси в переувлажненных местооби-

таниях на протяжении всего среднего и позднего голоцена. Начиная с 2,5 тыс. кал. л. н. при похолодании и увлажнении климата участие ели в растительных сообществах существенно возросло. Этот рубеж можно считать началом формирования елово-широколиственных лесов, образующих растительный покров доминантных ландшафтов между речных равнин в доаграрный период;

– в среднем голоцене, в интервале 6,2–4,2 тыс. кал. л. н., выявлена фаза частых и интенсивных лесных пожаров, которые привели к уничтожению широколиственных лесов и распространению вторичных березово-сосновых древостоев. Отсутствие прямых антропогенных индикаторов в спорово-пыльцевых спектрах дает основание предположить природные причины увеличения частоты пожаров в этот период, например, частые летние засухи;

Благодарности. Палинологический анализ и определения зольности торфа выполнены по темам Государственного задания № 0127-2019-0008, АААА-А19-119021990092-1, АААА-А18-118020690231-1; АААА-А19-119062590056-0. Палеоландшафтные исследования и обобщение археологической и исторической информации выполнены при поддержке проекта РФФИ № 19-05-00233.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Анненская Г.Н., Жучкова В.К., Мамай И.И., Низовцев В.А., Пучкова Э.И., Хрусталёва М.А. Ландшафты Московской области // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 1987. Т. 2. С. 37–47.
- Антонов С.И. Изменение морфологии мезорельефа междуречий центральных районов Русской равнины в плейстоцене // Морфология рельефа / Под ред. Д.А. Тимофеева, Г.Ф. Уфимцева. М.: Научный мир, 2004. С. 123–134.
- Антонов Е.В., Бабуринов В.Л., Беспрозванный Н.Ю., Гладкевич Г.И., Горячко М.Д., Данышин А.И., Шувалов В.Е., Землянский Д.Ю., Казьмин М.А., Колдобская Н.А., Савоскул М.С., Сафронов С.Г. Методическое пособие по общегеографической практике: социально-экономический аспект: учебное пособие / Под ред. В.Л. Бабурина и А.И. Данышина. М.: КДУ, Университетская книга, 2018. 170 с.
- Археологическая карта России. Калужская область. М.: Авто, 1992. 158 с.
- Величко А.А. Основные черты ландшафтных изменений на территории Северной Евразии в позднем плейстоцене и голоцене // Динамика ландшафтных компонентов и внутренних морских бассейнов Северной Евразии за последние 130 000 лет. Атлас-монография. М.: ГЕОС, 2002. С. 156–164.
- Дылис В.Н., Жукова В.М., Золотокрылин А.Н., Холопова Л.Б. Вязовники – новая лесная формация Подмосковья // Лесоведение 1981. № 3. С. 12–20.
- Евдокимова А.К. Изменение природной среды в результате 300-летнего хозяйственного использования земель (на примере средней части бассейна р. Протвы) // Проблемы взаимодействия природы и производства. М.: МФГО СССР, 1978. С. 8–19.
- Еременко Е.А., Беляев В.Р., Каревская И.А., Панин А.В. Естественные и антропогенные факторы в развитии оврагов (на примере оврага Узкий, Сатинский полигон МГУ) // Геоморфология 2005. № 3. С. 52–65.
- Исаченко Г.А., Резников А.И. Динамика ландшафтов тайги Северо-Запада Европейской России. СПб.: РГО, 1996. 166 с.
- Казьмин М.А., Карпачевский А.М. Трансформация землепользования на Сатинском учебно-научном полигоне за 40 лет (1977–2017) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2018. № 5. С. 81–88.
- Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А., Денисенко Е.А., Нефедова Т.И. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. М.: ГЕОС, 2010. 426 с.
- Матасов В.М. Внутриландшафтная динамика использования земель Мещерской низменности за последние 250 лет // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2017. № 4. С. 65–74.
- Микляева И.М., Кадетов Н.Г., Суслова Е.Г., Вахнина О.В. Многолетняя динамика растительного покрова полигона Сатинской учебно-научной станции // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2018. № 5. С. 89–96.
- Мухин Г.Д. Эколого-экономическая оценка трансформации сельскохозяйственных земель Европейской территории России в 1990–2009 гг. // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2012. № 5. С. 19–28.
- Низовцев В.А. Палеореконструкция ландшафтных условий формирования сети поселений в бассейне Средней Дубны в голоцене // Геология и эволюционная география. СПб.: Эпиграф, 2005. С. 196–203.
- Низовцев В.А., Марченко Н.А. Ландшафтно-историческая экскурсия по Сатинскому полигону и его окрестностям // Ландшафтоведение: теория, методы, региональные исследования, практика. Материалы XI Международной ландшафтной конференции. Географический факультет МГУ. Москва, 2006. 48 с.
- Низовцев В.А. Ландшафтная характеристика Сатинского полигона. Глава IX // Общегеографическая практика в Подмосковье. Учебное пособие. М.: Географический ф-т МГУ, 2007. С. 229–271.
- Низовцев В.А. Периодизация природной и антропогенной составляющей эволюции ландшафтов лесных областей Русской равнины (начальные этапы антропогенного ландшафтогенеза) // География: проблемы науки и образования. Материалы ежегодной научно-практической конференции LXIV Герценовские чтения. СПб.: Астерион, 2011. С. 214–217.
- Низовцев В.А., Фурманова Ю.Г. Методика ландшафтно-го подхода в реконструкции коренной растительности ГИЗЛ

Принята к публикации 12.09.2019

V.A. Nizovtsev¹, E.Yu. Novenko², N.M. Erman³, N.G. Mazei⁴,
V.M. Matasov⁵, N.B. Lavrova⁶, L.V. Filimonova⁷

HOLOCENE EVOLUTION OF LANDSCAPES IN THE MIDDLE PROTVA RIVER BASIN

New evidences of the Holocene changes of landscapes in the Middle Protva River basin due to natural and anthropogenic factors are discussed. The studies are based on the multi-proxy analysis including paleolandscape reconstructions, detailed pollen analysis, materials of the large-scale landscape mapping and synthesis of archaeological and historical data. The results of paleobotanical studies and radiocarbon dating of the peat core from the Agraferino peatland made it possible to reveal the key periods of vegetation changes and fire effects. The broadleaf deciduous forests with a small admixture of spruce spread to the Middle Protva River basin about 9,2 cal. years BP and were present in the dominant urochisches throughout the Middle Holocene, despite short-term warming and cooling cycles. An abundance of spruce increased significantly in the area at 2,5 cal. years BP when the climate became cooler and wetter; the spruce-broadleaf forests were formed to become the dominant vegetation type within watershed areas during the pre-agrarian period. From 6,2 to 4,2 cal years BP frequent and intense forest fires affected the study area, causing the destruction of broadleaf forests and expansion of secondary birch-pine woodlands. The direct anthropogenic indicators in pollen assemblages are absent, thus it is possible to suggest that during the period the fires were caused mainly by climatic factors. The study area was developed by humans since Mesolithic. However till the 17th century landscape complexes of watershed areas underwent no significant anthropogenic transformation unlike the river valley landscapes.

Key words: the Holocene, landscape, paleolandscape reconstructions, pollen analysis, peat accumulation, radiocarbon dating

Acknowledgements. Pollen analysis and determination of ash content in peat were carried out under the State Research Tasks № 0127-2019-0008, AAAA-A19-119021990092-1, AAAA-A18-118020690231-1; AAAA-A19-119062590056-0. Paleolandscape studies and synthesis of archeological and historic information were financially supported by the Russian Foundation for Basic Research (project № 19-05-00233).

REFERENCES

- Annenskaya G.N., Zhuchkova V.K., Mamaj I.I., Nizovtsev V.A., Puchkova E.I., Khrustalyova M.A. Landshafty Moskovskoy oblasti [Landscapes of the Moscow region] // Vest. Mosk. Un-ta. Seriya 5: Geografiya. 1987. № 2. P.37–47. (In Russian)
- Antonov S.I. Izmeneniye morfologii mezorel'yefa mezhdurechiy tsentral'nykh rayonov Russkoy ravniny v pleystotsene [Pleistocene changes of interfluvial mesorelief morphology in the central regions of the Russian Plain] // Morfologiya rel'yefa / Pod red. D.A. Timofeyeva, G.F. Ufimtseva. Nauchnyy mir. M., 2004. P. 123–134 (In Russian)
- Antonov Ye.V., Baburin V.L., Besprozvannyi N.YU., Gladkevich G.I., Goryachko M.D., Dan'shin A.I., Shuvalov V.Ye., Zemlyanskiy D.YU., Kaz'min M.A., Koldobskaya N.A., Savoskul M.S., Safronov S.G. Metodicheskoye posobiye po obshchegeograficheskoy praktike: sotsial'no-ekonomicheskiy aspekt: uchebnoye posobiye [Methodical manual on general geographical practice: the socio-economic aspect: a manual] / Pod red. V.L. Baburina i A.I. Dan'shina. M.: KDU, Universitetskaya kniga. 2018. 170 p. (In Russian)
- Arkheologicheskaya karta Rossii. Kaluzhskaya oblast' [Archaeological map of Russia. Kaluga region]: M.: Avto, 1992. 158 p. (In Russian)
- Blaauw M. Methods and code for 'classical' age-modelling of radiocarbon sequences // Quaternary Geochronology. 2010. № 5. P. 512–518.
- Davis B.A.S., Brewer S., Stevenson A.C., Guiot J. The temperature of Europe during the Holocene reconstructed from pollen data // Quaternary Science Reviews. 2003. № 22. P. 1701–1716.

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Physical Geography and Landscape Science, Leading Scientific Researcher, PhD. in Geography; e-mail: nizov2118@yandex.ru

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Physical Geography and Landscape Science, Leading Scientific Researcher, D.Sc. in Geography; e-mail: lenanov@mail.ru

³ S.I. Vavilov Institute for the History of Science and Technology, RAS, Department of the History of Earth Sciences, Senior Scientific Researcher, PhD. in Geography; e-mail: erman.natalie@mail.ru

⁴ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Physical Geography and Landscape Science, Senior Scientific Researcher, PhD. in Biology; e-mail: natashamazei@yandex.ru

⁵ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Physical Geography and Landscape Science, Scientific Researcher, PhD. in Geography; e-mail: ecoacoustic@yandex.ru

⁶ Institute of Geology of Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences, Laboratory for Geochemistry, Quaternary Geology and Geocology, Scientific Researcher, PhD. in Biology; e-mail: lavrova@krc.karelia.ru

⁷ Institute of Biology of Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences, Laboratory for Mire Ecosystems, Senior Scientific Researcher, PhD. in Biology; e-mail: filimonovaluda@mail.ru

- Dylis V.N., Zhukova V.M., Zolotokrylin A.N., Kholopova L.B. Vyazovniki – novaya lesnaya formatsiya Podmoskov'ya [Vyazovniki – a new forest formation in the Moscow region] // *Lesovedeniye*. 1981. № 3. P. 12–20. (In Russian)
- Finsinger W., Tinner W., Hu F.S. Rapid and accurate estimates of microcharcoal content in pollen slides // Fiorentino G, Magri D (Eds.), *Charcoals from the past: cultural and palaeoenvironmental implications*. BAR International Series 1807. Oxford: Archaeopress, 2008. P. 121–124.
- Frolov A.S. Otchet o razvedkakh v Kaluzhskoy oblasti v 1985 [Report on 1985 explorations in the Kaluga region]. *Arkhir In-ta arkheologii RAN*. 1985. № R-1 10761. (In Russian)
- Giesecke T., Bennett K.D. The Holocene spread of *Picea abies* (L.) Karst. in Fennoscandia and adjacent areas // *Journal of Biogeography*. 2004. 31, P. 1523–1548.
- Isachenko G.A., Reznikov A.I. Dinamika landshaftov taygi Severo-Zapada Evropeyskoy Rossii [Dynamics of taiga landscapes in the North-West of European Russia]. SPb.: RGO, 1996. 166 p. (In Russian)
- Kaz'min M.A., Karpachevskiy A.M. Transformatsiya zemlepol'zovaniya na Satinskom uchebno-nauchnom poligone za 40 let (1977–2017) [Land Use Transformation at the Satino Training and Research Station for 40 Years (1977–2017)] // *Vest. Mosk. Un-ta. Ser. 5. Geografiya* 2018. № 5. P. 81–88. (In Russian)
- Khotinskiy N.A. Golotsen Severnoy Yevrazii [Holocene of Northern Eurasia]. M.: Nauka, 1977. 200 p. (In Russian)
- Khotinsky N.A. Anthropogenic changes in the landscapes of the Russian Plain during the Holocene // *Grana*. 1993. Supp. 1.2. P. 70–74.
- Koff T., Punning J.-M. The last hundred years of land-use in Estonia as inferred from pollen records // *Annales Botanici Fennici*. 2002. 39. P. 213–224.
- Lyuri D.I., Goryachkin S.V., Karavayeva N.A., Denisenko Ye.A., Nefedova T.I. Dinamika sel'skokhozyaystvennykh zemel' Rossii v XX veke i postagrogennoye vosstanovleniye rastitel'nosti i pochv [The dynamics of agricultural lands in Russia in the 20th century and the postagrogenic recovery of vegetation and soils]. M.: GEOS, 2010. 426 p. (In Russian)
- Matasov V.M. Vnutrilandshaftnaya dinamika ispol'zovaniya zemel' Meshcherskoy nizmennosti za posledniye 250 let [Intralandscape dynamics of land use in the Meshchera Lowland for recent 250 years] // *Vest. Mosk. Un-ta. Ser. 5. Geografiya*. 2017. № 4. P. 65–74. (In Russian)
- Mauri A., Davis B.A.S., Collins P.M., Kaplan J.O. The climate of Europe during the Holocene: a gridded pollen-based reconstruction and its multi-proxy evaluation // *Quaternary Science Reviews*. 2015. 112. P. 109–127.
- Miklyayeva I.M., Kadetov N.G., Suslova Ye.G., Vakhnina O.V. Mnogoletnyaya dinamika rastitel'nogo pokrova poligona Satinskoy uchebno-nauchnoy stantsii [The long-term dynamics of vegetation cover of the Satino training and research station] // *Vest. Mosk. Un-ta. Ser. 5. Geografiya*. 2018. № 5. P. 89–96. (In Russian)
- Moore P.D., Webb J.A., Collinson M.E. 1991. *Pollen Analysis*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1991. 216 p.
- Mukhin G.D. Ekologo-ekonomicheskaya otsenka transformatsii sel'skokhozyaystvennykh zemel' Yevropeyskoy territorii Rossii v 1990–2009 gg. [Ecological and economic assessment of the transformation of agricultural lands within the European territory of Russia in 1990–2009] // *Vest. Mosk. Un-ta. Ser. 5. Geografiya*. 2012. № 5. P. 19–28. (In Russian)
- Nizovtsev V.A. Landshaftnaya kharakteristika Satinskogo poligona. Glava IX. [Landscape outline of the Satino polygon. Chapter IX] // *Obshchegeograficheskaya praktika v Podmoskov'ye. Uchebnoye posobiye*. M.: Geograficheskii fakul'tet MGU, 2007. P. 229–271. (In Russian)
- Nizovtsev V.A. Paleorekonstruktsiya landshaftnykh usloviy formirovaniya seti poseleniy v bassejne Sredney Dubny v golotsene // *Geologiya i evolyutsionnaya geografiya* [Paleoreconstruction of landscape features of the formation of settlement network in the Middle Dubna River basin during the Holocene // *Geology and evolutionary geography*]. SPb.: Epigraf, 2005. P. 196–203. (In Russian)
- Nizovtsev V.A. Periodizatsiya prirodnoy i antropogennoy sostavlyayushchey evolyutsii landshaftov lesnykh oblastey Russkoy ravniny (nachal'nyye etapy antropogennoy landshaftogeneza) [Periodization of the natural and anthropogenic components of the evolution of landscapes within forest areas of the Russian Plain (the initial stages of anthropogenic landscape genesis)] // *Geografiya: problemy nauki i obrazovaniya*. Materialy yezhegodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii LXIV Gertsenovskiy chteniya. Spb.: Asterion, 2011. P. 214–217. (In Russian)
- Nizovtsev V.A., Furmanova YU.G. Metodika landshaftnogo podkhoda v rekonstruktsii korennoy rastitel'nosti GIZL «Gorki Leninskiye» [Landscape approach procedures for the reconstruction of indigenous vegetation in «Gorki Leninskiye» reserve] // *Sokhraneniye i vosstanovleniye prirodno-kul'turnykh kompleksov Podmoskov'ya*. M.: Uliss, 1995. P. 52–55. (In Russian)
- Nizovtsev V.A., Marchenko N.A. Landshaftno-istoricheskaya ekskursiya po Satinskomu poligonu i yego okrestnostyam [Landscape-historical excursion of the Satino station and its surroundings] // *Landshaftovedeniye: teoriya, metody, regional'nyye issledovaniya, praktika*. Materialy XI Mezhdunarodnoy landshaftnoy konferentsii. M.: Geograficheskii fakul'tet MGU, 2006. 48 p. (In Russian)
- Novenko E., Shilov P., Khitrov D., Kozlov D. The last hundred years of land use history in the southern part of Valdai Hills (European Russia): Reconstruction by pollen and historical data // *Studia Quaternaria*. 2017. 34(2). P. 73–8.
- Novenko E., Tsyganov A., Volkova E., Kupriyanov D., Mironenko I., Babeshko K., Utkina A., Popov V., Mazei Yu. Mid- and Late Holocene vegetation dynamics and fire history in the boreal forest of European Russia: A case study from Meshchera Lowlands // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2016. 459. P. 570–584.
- Panin A.V., Karevskaya I.A. Istoriya formirovaniya poymy r. Protvy v rayone Satinskoy stantsii MGU [The history of formation of the Protva River floodplain in the vicinity of the Satino station of the Moscow State University] // *Vest. Mosk. Un-ta. Ser. 5. Geografiya*. 2000. № 4. P. 52–62. (In Russian)
- Panin A.V., Karevskaya I.A., Fuzeina YU.N., Sheremetskaya Ye.D. Srednegolotsenovaya faza v Yugo-Zapadnom Pomoskov'ye [Mid-Holocene phase in the South-Western Moscow region] // *Vest. Mosk. Un-ta. Ser. 5. Geografiya*. 2009. № 6. P. 60–70. (In Russian)
- Panin A.V., Karevskaya I.A., Markelov M.V. Evolyutsiya doliny ruch'ya Yazvitsy (basseyn Sredney Protvy) vo vtoroy polovine golotsena [Evolution of the Yazvitsy brook valley (the Middle Protva River basin) in the second half of the Holocene] // *Vest. Mosk. un-ta. Ser. 5. Geografiya*. 1999. № 2. P. 63–72. (In Russian)
- Prishchepov A.V., Müller D., Dubinin M., Baumann M., Radeloff V.C. Determinants of agricultural land abandonment in post-Soviet European Russia // *Land Use Policy*. 2013. Vol. 30. Issue 1. P. 873–884. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.06.011>
- Proshkin O.L. Arkheologicheskaya karta Borovskogo rayona Kaluzhskoy oblasti [Archaeological map of the Borovsk district, Kaluga region] // *Kaluga: Obl. krayeved. muzey*, 1990. P. 3–37. (In Russian)
- Proshkin O.L. Arkheologiya v izuchenii drevneyshego proshlogo Borovskogo kraia [Archeology for the study of the most ancient past of the Borovsk region] // *Borovskiy krayeved. Borovsk*, 1997. Vol. 7. P. 77–85. (In Russian)
- Proshkin O.L., Frolov A.S. Ranniye periody poseleniya Malomakhovo v bassejne reki Protvy [Early periods of the Malomakhovo settlement in the basin of the Protva River] // *Arkheologiya Podmoskov'ya: Materialy nauchnogo seminar. Vol. 8. M.: In-tut arkheologii RAN*, 2012. P. 96–114. (In Russian)
- Reimer P.J., Bard E., Bayliss A., Beck J.W., Blackwell P.G., Ramsey C.B., Buck C.E., Cheng H., Edwards R.L., Friedrich M., Grootes P.M., Guilderson Th.P., Hafflidason H., Hajdas I., Hatté Ch., Heaton T.J., Hoffmann D.L., Hogg A.G., Hughen K.A., Kaiser K.F., Kromer B., Manning Mu Niu, Ron W Reimer, David A Richards,

E Marian Scott, John R Southon, Richard A Staff S.W., Turney Ch.S.M, Plicht J. IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves, 0–50 000 Years cal BP // *Radiocarbon*. 2013. 55. P. 1869–1887.

RGADA F. 1356. Gubernskiye, uyezdnnye i gorodskiye atlasy, karty i plany general'nogo mezhevaniya 1766–1883. Plan Vereyskogo uyezda s razdeleniyem na stany, 1772. [Provincial, county and city atlases, maps and plans of 1766–1883 general survey. Plan of Vereya uezd with division into stans, 1772] (In Russian)

RGADA. F. 1356. Gubernskiye, uyezdnnye i gorodskiye atlasy, karty i plany general'nogo mezhevaniya 1766–1883. Atlas Kaluzhskoy gubernii, 1782. [Provincial, county and city atlases, maps and plans of 1766–1883 general survey. Atlas of the Kaluga province, 1782] (In Russian)

RGADA. F. 1356. Gubernskiye, uyezdnnye i gorodskiye atlasy, karty i plany general'nogo mezhevaniya 1766–1883. Atlas Borovskogo uyezda, 1779. [Provincial, county and city atlases, maps and plans of 1766–1883 general survey. Atlas of Borovsk uyezd, 1779] (In Russian)

RGADA. F. 1356. Gubernskiye, uyezdnnye i gorodskiye atlasy, karty i plany general'nogo mezhevaniya 1766–1883. Atlas Vereyskogo uyezda, 1784. [Provincial, county and city atlases, maps and plans of 1766–1883 general survey. Atlas of Vereya uezd, 1784] (In Russian)

Rychagov G.I. Geologo-geomorfologicheskoye stroyeniye i istoriya razvitiya rel'yefa [Geological and geomorphologic structure and history of relief evolution] // *Obshchegeograficheskaya praktika v Podmoskov'ye. Uchebnoye posobiye*. M.: Geograficheskii f-t MGU, 2007. P. 30–81. (In Russian)

Sheremetzkaya E.D., Borisova O.K., Panin A.V. Dinamika poslednikovogo vyvazhivaniya rel'efa mezhdurechii v kraevoi zone moskovskogo oledeneniya (na primere basseina r. Protvy) [Planation of moscow glaciation periglacial zone during postglacial epoch] // *Gemorfologiya*. 2012. № 1. P. 92–106.

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

Stroyeniye i istoriya razvitiya doliny r. Protvy [The structure and history of the Protva River valley] / Pod red. G.I. Rychagova, S.I. Antonova M.: Izd-vo MGU, 1996. 129 p. (In Russian)

Sudakova N.G., Antonov S.I., Vvedenskaya A.I., Gunova V.S., Karpukhin S.S., Kostomakha V.A., Nemtsova G.M., Rychagov G.I., Faustov S.S. Rekonstruktsiya paleogeograficheskikh sobyitiy srednego neopleystotsena tsentra Russkoy ravniny [Reconstruction of the paleogeographic events of the Middle Neo-Pleistocene in the centre of the Russian Plain]. M.: Geograficheskii f-t MGU, 2008. 167 p. (In Russian)

Uspenskaya A.V. Drevnerusskoye poseleniye Benitsy [Ancient Russian settlement of Benitsy] // *Yezhegodnik Gosudarstvennogo Istoricheskogo muzeya*. 1964. Vol. 102. P. 216–228. (In Russian)

Velichko A.A. Osnovnyye cherty landshaftnykh izmeneniy na territorii Severnoy Yevrazii v pozdnem pleystotsene i golotsene [The main features of landscape changes in the territory of Northern Eurasia during the Late Pleistocene and Holocene] // *Dinamika landshaftnykh komponentov i vnutrennikh morskikh basseynov Severnoy Yevrazii za posledniye 130 000 let. (Atlas-monografiya)*, M.: GEOS, 2002. P. 156–164. (In Russian)

Yeremenko Ye.A., Belyayev V.R., Karevskaya I.A., Panin A.V. Yestestvennyye i antropogennyye faktory v razvitii ovragov (na primere ovraga Uzkiy, Satinskiy poligon MGU) [Natural and anthropogenic factors in the development of ravines (case study of the Uzky ravine, the Satino station of the Moscow State University)] // *Geomorfologiya*. 2005. № 3. P. 52–65. (In Russian)

Yevdokimova A.K. Izmeneniye prirodnoy sredy v rezul'tate 300-letnego khozyaystvennogo ispol'zovaniya zemel' (na primere sredney chasti basseyna r. Protvy) [Changes of the natural environment as a result of the 300-year long economic use of land (case study of the middle part of the Protva River basin)] // *Problemy vzaimovliyaniya prirody i proizvodstva*. M.: Izd-vo MFGO SSSR, 1978. P. 8–19. (In Russian)

Received 11.03.2019

Revised 23.05.2019

Accepted 12.09.2019