

ПРИРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ И ДИНАМИКА ГЕОСИСТЕМ

УДК 502.051

РЕКОНСТРУКЦИЯ ПАЛЕОСРЕДЫ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО
ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВ ВЫСОКОЙ ПОЙМЫ РЕКИ ВОРОНЕЖ
В ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ

© 2023 г. Ю. Г. Чендев¹ *, А. А. Тишков², Т. А. Пузанова³, Ф. Г. Курбанова²,
В. А. Сарапулкин¹, Т. Ф. Трегуб⁴, Е. В. Пономаренко⁵

¹Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Институт наук о Земле,
Белгород, Россия

²Институт географии РАН, Москва, Россия

³Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

⁴Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия

⁵Университет Оттавы, Оттава, Канада

*e-mail: sciences@mail.ru

Поступила в редакцию 17.04.2022 г.

После доработки 15.03.2023 г.

Принята к публикации 22.06.2023 г.

Представлены результаты палеопочвенных и палеогеографических реконструкций на новом ключевом участке “Большая Кузьминка” в пределах северной части лесостепной зоны Восточно-Европейской равнины (высокая пойма р. Воронеж, северная окраина пос. Большая Кузьминка Липецкой области). При определении возраста аллювиальных отложений на разной глубине почвенных разрезов датированными материалами были артефакты археологических культур, гумус почв, древесный уголь, костные остатки плейстоценовой фауны. Реконструированы главные этапы формирования пойменных отложений в голоцене: ранний этап слабой интенсивности аллювиальной аккумуляции (с начала голоцена до конца атлантического периода, средняя скорость накопления аллювия – 0.6 см/100 лет) и поздний этап возрастающих темпов аллювиальной седиментации (вторая половина голоцена, средняя скорость накопления аллювия – 1.3 см/100 лет). В западном рельефе высокой поймы реконструировано формирование сложного синлитогенного почвенного профиля, состоящего из реликтовых остатков темноцветной черноземовидной почвы первой половины голоцена, серой лесной почвы суббореального периода голоцена и черноземно-луговой почвы субатлантического периода голоцена. На прилегающих к западине ровных участках высокой поймы под травянистым типом растительности на протяжении всего голоцена формировались профили лугово-черноземных почв синхронно с накоплением аллювиальных отложений. Согласно палинологическому анализу пойменных отложений, леса на водоразделах формировались в тренде расширения ареалов с начала суббореального периода голоцена. Антропогенные воздействия на почвы и растительность с нарастающей интенсивностью идентифицируются в субатлантическом периоде голоцена. Главным признаком этого явления было появление сорных видов в результате пастбищного использования и распашки почв в долинно-речном ландшафте.

Ключевые слова: лесостепь, река Воронеж, пойма, почвы, голоцен, изменение климата, хозяйственная деятельность

DOI: 10.31857/S2587556623050035, **EDN:** FWOZBX

ВВЕДЕНИЕ

Палеогеографические реконструкции природной и окружающей среды в голоцене на территории Восточно-Европейской равнины традиционно сопряжены с использованием почв, пойменных, озерных и болотных отложений как хранителей информации о прошлых стадиях развития геосистем (Александровский, 2002; Волкова и др., 2020; Новенко, 2016; Сверчкова, Хохлова, 2021;

Серебрянная, 1992; Спиридонова, 1991; Сычева, 2011). К числу достаточно хорошо изученных территорий относится зона лесостепи, но вместе с тем еще остается ряд дискуссионных вопросов, таких, как обсуждение тепло- и влагообеспеченности различных этапов голоцена (Александровский, 2004; Макеев и др., 2021; Новенко и др., 2016; Сычева, 2019), различные трактовки степени влияния климатических изменений на смены во времени почвенно-растительных зон (Новен-

ко, 2020; Новенко и др., 2017; Alexandrovskiy et al., 2016; Rusakov et al., 2019; Shumilovskikh et al., 2017), дискуссии вокруг проблемы вторых гумусовых горизонтов в профилях серых лесных почв (Александровский и др., 2022; Макеев и др., 2021). Пока еще мало существует примеров совместных исследований почвоведов и палинологов на одних и тех же объектах (Alexandrovskiy et al., 2016; Sycheva et al., 2016). Активно ведется изучение разновозрастных культурных слоев и почв в лесной и лесостепной зонах Центральной Европы и Северной Америки (Barczy et al., 2006; Eckmeier et al., 2007; Hejzman et al., 2013; Kabala et al., 2019; Williams et al., 2009; и др.), что подчеркивает дискуссионность происхождения и развития почв и растительности указанных природных зон. В связи с этим остаются актуальными исследования новых объектов, которые в той или иной мере могут помочь решению указанных выше дискуссионных вопросов.

Особое значение принадлежит памятникам археологии, так как они содержат датированные культурные слои и часто сопряженные с ними древние почвы, которые можно рассматривать как сохранившиеся фрагменты былых биосфер (Александровский, 2002; Александровский, Александровская, 2005; Сверчкова, Хохлова, 2021; Спиридонова, 1991; Сычева, 2011). Многие из этих памятников находятся в поймах рек. По справедливому мнению Е.Г. Ершовой (2019), пойменные отложения остаются важным, но до настоящего времени недооцененным источником палинологической информации.

В числе недавно исследованных археологических объектов особый интерес представляет памятник “Поселение Большая Кузьминка” (далее “Большая Кузьминка”). Своеобразие памятника определяется тем, что профили изученных почв содержали на разных глубинах разнообразный датирующий материал (кости плейстоценовой фауны, уголь, культурный слой раннего железного века, гумус почв), который можно использовать в качестве реперов для хронологической привязки этапов формирования пойменных отложений и почв.

Цель исследования заключалась в сопряженном анализе разновозрастных индикаторов формирования почв и растительности в голоцене с последующим выполнением палеогеографической реконструкции развития во времени почв и природной среды под влиянием природных и антропогенных факторов на участке “Большая Кузьминка”.

Охранные раскопки памятника проводились в центральной части широкой (500 м) высокой поймы р. Воронеж в правобережной части долины реки в 2020 г. в связи с реконструкцией нефтепровода “Дружба”. Раскопки выполнялись сотруд-

никами ООО “Белгородская археологическая экспертиза” под руководством В.А. Сарапулкина.

ИЗУЧАЕМАЯ ТЕРРИТОРИЯ

В геоморфологическом плане участок “Большая Кузьминка” соответствует границе между восточным краем Среднерусской возвышенности и западной оконечностью Окско-Донской равнины. Данная территория находится в 15 км к северо-востоку от Липецка рядом с северной окраиной пос. Большая Кузьминка (рис. 1).

Верхняя часть пойменных отложений сложена голоценовыми аллювиальными суглинками, залегающими на более древних песках с прослоями суглинков и глин. Надпойменные террасы реки с поверхности перекрыты маломощным чехлом лессовидных суглинков, залегающих на среднечетвертичных слоистых песках и супесях. Прилегающие к речной долине водоразделы сложены лессовидными карбонатными суглинками разной мощности, глубже которых залегает толща моренных и флювиогляциальных отложений раннечетвертичного возраста.

Высокая пойма характеризуется почти абсолютно ровной поверхностью, местами осложненной микроравнотинами (сильно заплывшими староречьями) и старичными понижениями, одно из которых находилось восточнее места проводившихся раскопок (см. рис. 16). Превышение высокой поймы над меженным урезом воды в р. Воронеж составляет 3.5–4 м.

В зональном аспекте изучаемая территория относится к северной лесостепи.

Климат умеренно-континентальный. Средняя многолетняя температура июля – 20°C, января – –9°C; среднегодовое количество осадков составляет 550 мм; основная часть выпадающих атмосферных осадков приходится на летние месяцы.

На надпойменных террасах левобережной части долины р. Воронеж распространены серые лесные почвы и черноземы оподзоленные, а правобережная часть речной долины и прилегающие водоразделы заняты черноземами выщелоченными (Ахтырцев, 1994). Почвенный покров высокой поймы формируется в условиях небольшой глубины залегания грунтовых вод (200–220 см). Судя по изученным разрезам, на ровной поверхности высокой поймы встречаются ареалы мощных и среднемощных лугово-черноземных выщелоченных почв (см. рис. 1, 2), а в западном рельефе высокой поймы встречаются полигенетичные профили, состоящие из современных черноземно-луговых почв, наложенных на профили погребенных серых лесных почв со вторым гумусовым горизонтом (рис. 3).

До начала интенсивного хозяйственного освоения (ранее XVIII столетия) естественный расти-

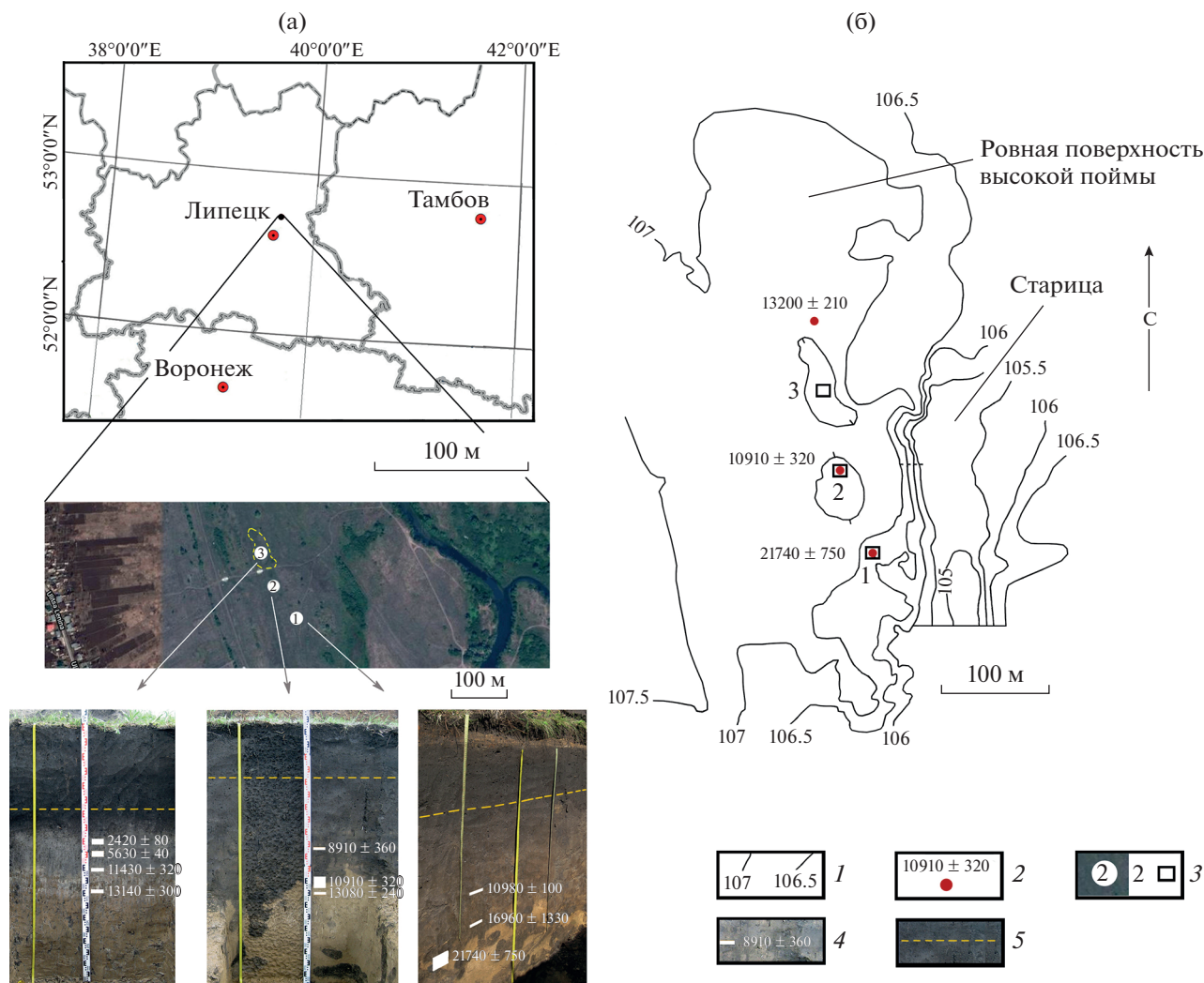


Рис. 1. Схема местоположения участка «Большая Кузьминка», места локализации и общий вид профилей изученных почв (а), топографический план участка (б). 1 – горизонтали рельефа (проведены через 0.5 м); 2 – места обнаружения костей плейстоценовых животных и их радиоуглеродные даты (калиброванный возраст 14С, лет); 3 – обозначения мест исследования почвенных профилей в разрезах на схемах (а) и (б) и их номера; 4 – места взятия проб на 14С датирование (калиброванный возраст, лет); 5 – уровни залегания культурного слоя раннего железного века.

тельный покров междуречий и правобережных склонов долины р. Воронеж состоял из сочетаний луговых степей и широколиственных лесов, левобережные террасы реки были покрыты дубовыми и смешанными (лиственно-сосновыми) лесами; для пойм была характерна луговая растительность (Александрова, 1994).

Современная высокая пойма в месте исследований покрыта злаково-разнотравной растительностью, в составе которой пырей (*Elytrigia repens*), мятлик луговой (*Poa pratensis*), колер безостый (*Bromus inermis*), овсяница (*Festuca*), ежа сборная (*Dactylis glomerata*), шалфей (*Salvia*), цикорий (*Cichorium*), молочай (*Euphorbia*), пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare*), мышиный горошек (*Vicia cracca*), земляника (*Fragaria*) и некоторые

другие травы. На контакте поймы и первой надпойменной террасы, а также на самой террасе островами начинают встречаться редкостойные березняки (*Betula*), которые в прошлом, вероятно, занимали более обширную территорию.

Низкая и высокая поймы поблизости от реки покрыты полосой пойменного леса, состоящего из клена американского (*Acer negundo*), ивы ломкой (*Salix fragilis*), ольхи (*Alnus*). В старичных понижениях произрастает болотная и кустарниковая растительность, встречается подрост из отдельно стоящих берез и ивы ломкой. На большей части старичных понижений распространены заросли рогоза (*Typha*) и тростника (*Phragmites*), для переувлажненных почв характерны заросли хво-



Рис. 2. Профиль лугово-черноземной почвы в разрезе 2 и крупный план текстуры горизонта ВSk (150–160 см), сформированного в матрице карбонатного суглинка.

ща (*Equisetum*). Местами в понижениях стариц присутствует зеркало поверхностных вод.

АРХЕОЛОГИЧЕСКИЕ НАХОДКИ И КОНКРЕТНЫЕ РАЗРЕЗЫ

Памятник “Большая Кузьминка” представляет собой обширный (более 3 га) участок поймы р. Воронеж, содержащий артефакты археологических культур разных периодов. В процессе раскопок поселения было исследовано четыре хронологических горизонта. Три из них (верхний палеолит, эпоха палеометалла (средний бронзовый век) и Новое время) представлены немногочисленными находками (около 9% от общего числа), свидетельствующими о весьма фрагментарном использовании территории памятника в эти эпохи.

Основной массив находок относится к раннему железному веку (РЖВ), представленному 1575 фрагментами лепных, круговых серо- и красноглиняных сосудов, фрагментами пряслиц, терочниками, льячкой и миниатюрным сосудом. К этому горизонту относятся сравнительно равномерно распределенные по всей площади скопления керамики на глубине от 40 до 60 см (толщина слоя, насыщенного керамикой, не превышала 3–5 см), а также 10 углубленных в грунт объектов — круглых и овальных в плане ям. Отложения РЖВ связаны с сезонными стойбищами подвижных скотоводов. В качестве культурно-хронологического маркера данного горизонта выступает наличие в составе керамического комплекса круговой сероглиняной посуды, аналогичной материа-

лам поселений сарматского круга Верхнего Дона (Медведев, 2008). Имеющиеся артефакты укладываются в диапазон между концом II и первой половиной III в. н. э. (1800–1750 л. н.) (устное сообщение ведущего специалиста в области сарматской археологии А.П. Медведева). Указанный слой стал одним из важных хронологических реперов аллювиального осадконакопления и реконструкции биоклиматических обстановок на изучаемом участке.

Еще одной особенностью раскопок было обнаружение, наряду с артефактами, костных остатков верхнеплейстоценовой фауны (плейстоценовой лошади, мамонта, шерстистого носорога) на глубинах 120–140 см от современной поверхности почв, что нами также использовалось для хроностратиграфической привязки отложений, анализа последовательности их формирования, исследования темпов осадконакопления и реконструкции природных обстановок.

Литологический и гранулометрический состав почвообразующих пород высокой поймы неоднороден по вертикальному распределению (рис. 4). Судя по изучению почвенно-геологических толщ в разрезах, заложенных на ровной поверхности высокой поймы, в диапазоне глубин 160–220 см залегают слоистые песчано-суглинистые аллювиальные отложения с признаками палеокриогенных деформаций; сверху они перекрыты чехлом маломощных (0.7–1 м) буровато-желтых средних и тяжелых суглинков лессовидного генезиса (слабопористая карбонатная порода) (см. рис. 2), над которыми залегают переработанные голоцено-

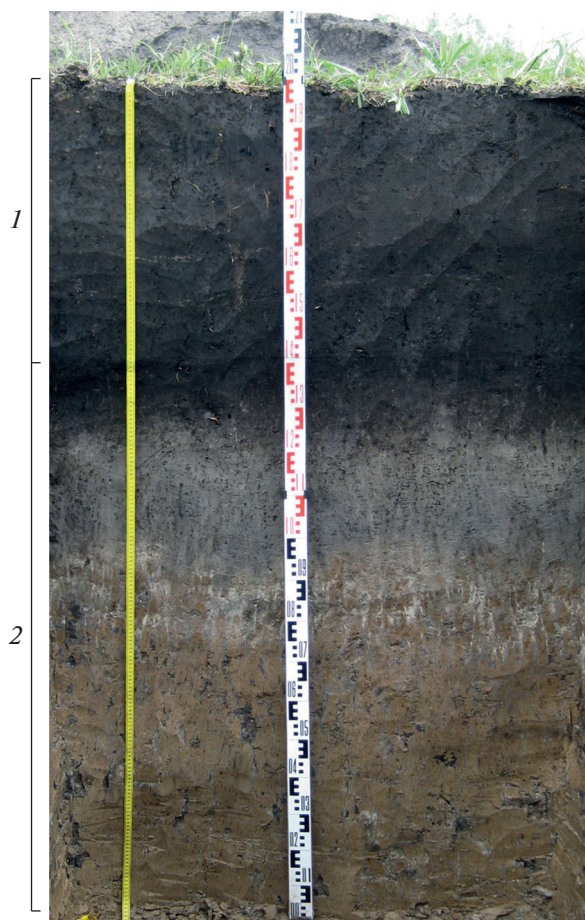


Рис. 3. Профиль полигенетичной почвы, изученной в разрезе 3 (западина на высокой пойме р. Воронеж). 1 – современная черноземно-луговая почва; 2 – погребенная серая лесная почва со вторым гумусовым горизонтом.

вым почвообразованием, бескарбонатные средние и тяжелые пылеватые аллювиальные суглинки, которые местами (в верхней части) характеризуются тонкой слоистостью. В западном рельефе поймы, как показало исследование почвы в разрезе 3, смена наносов с появлением опесчаненности в нижней части профиля не выявляется (см. рис. 4) из-за более глубокого залегания опесчаненных прослоев.

Изучение истории формирования отложений, почв и растительности проводилось в разрезах, заложенных в стенках углубленных бровок археологических раскопов.

Разрезы 1 и 2 изучались на удалении 90 м друг от друга на ровной поверхности высокой поймы (см. рис. 1). Выбор мест исследования почв в данных разрезах был продиктован находками в них костных остатков плейстоценовых животных – хронологических реперов образования пород и отложений.

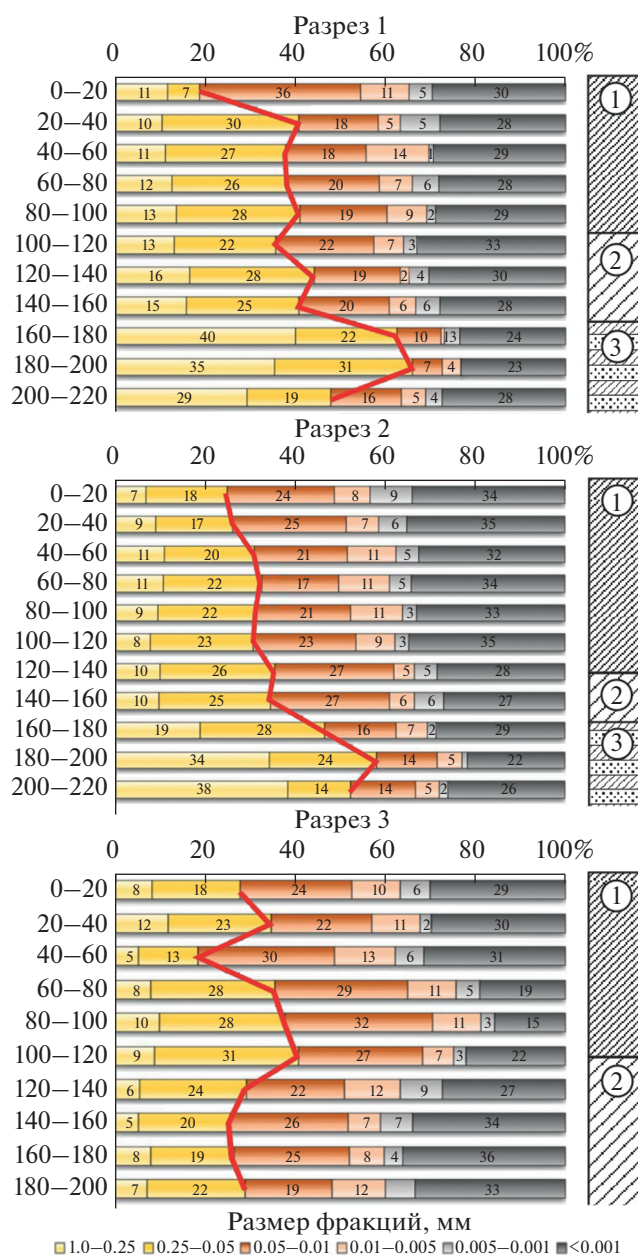


Рис. 4. Профильное распределение фракций гранулометрического состава отложений в исследованных разрезах. Красная линия – общее содержание песчаных фракций. Цифры в кружках обозначают литологические слои: 1 – голоценовые аллювиальные суглинки, 2 – плейстоценовые карбонатные лессовидные суглинки, 3 – плейстоценовые опесчаненные слоистые суглинки.

Разрез 3 был заложен в центре микропонижения – с хорошо выраженной стратиграфией залегания культурного слоя РЖВ и с наличием полигенетичного почвенного профиля. Размер западины, в центре которой изучался почвенный профиль в разрезе 3, – 30 × 80 м, глубина около 0.7 м (см. рис. 16). Данная западина, по всей ви-

димости, является остатком древнего, сильно запыленного под позднейшими наносами, русла реки.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В работе был использован ряд традиционных и междисциплинарных методов исследования.

Почвы в полевых условиях изучались с помощью метода морфологического анализа почвенного профиля. Почвенные пробы анализировались в лабораторных условиях для определения следующих показателей: гранулометрический состав методом пипетки Качинского (ГОСТ 12536-2014), pH водной суспензии (ГОСТ 26423-85), углерод гумуса почв по методу Тюрина (ГОСТ 26213-91), углерод карбонатов ацидиметрическим методом, общий азот (ГОСТ 58596-2019), обменные основания (ГОСТ 26487-85, ГОСТ 26950-86). Лабораторные анализы почв выполнялись в ФГБУ «Центр агрохимической службы «Белгородский»».

Палинологический анализ почвенных проб выполнялся в специализированной лаборатории Воронежского государственного университета. Подготовка и техническая обработка проб для выделения спор и пыльцы растительности проводились по методике В.П. Гричука (Палеопалинология ..., 1966) с добавлением некоторых методических приемов, разработанных в Ленинградском госуниверситете и Якутском филиале РАН в начале 1990-х годов. Анализ проводили под световым микроскопом, при увеличении $\times 450$ и $\times 600$ на наличие микрофоссилий в препарате. В дальнейшем репрезентативные палиноспектры обрабатывались статистически и составлялись таблицы, а затем — диаграммы. При обработке данных и построении диаграмм использовали программы TILIA и TILIAGRAPH (Grimm, 1990). Пыльцевые зоны выделяли с помощью кластерного анализа (CONISS) и экспертной оценки.

В проведенном исследовании было использовано два метода абсолютного датирования: археологический и радиоуглеродный. Археологический метод датирования (метод аналогий) был использован для идентификации возраста артефактов и слоев аллювиальных отложений, в которых они залегали. Радиоуглеродное датирование кости и органического вещества почв (черных гуминовых кислот) выполнялось в Лаборатории изотопных исследований центра коллективного пользования «Геоэкология» РГПУ им. А.И. Герцена (лабораторный индекс SPb). Возраст по древесному углю в пробах железистых конкреций («рудяковых зерен»), отобранных в разрезе 3, был определен на ускорителе в радиоуглеродной лаборатории г. Оттава (Канада, индекс UOC). С помощью пакета Clam (Vlaauw, 2010) в программной среде R-studio были построены возрастные модели методом линейной интерполяции.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Возраст пород и отложений

Полученные радиоуглеродные даты в исследованных отложениях представлены в табл. 1.

Кроме инструментального датирования в трех разрезах в верхней части почвенных профилей также использовались результаты археологического датирования культурного слоя РЖВ по керамике (около 1800 л. н.): в разрезе 1 культурный слой данного возраста залегал на глубине 35–40 см, в разрезе 2 — на глубине 45–50 см, в разрезе 3 — на глубине 55–60 см.

Несмотря на разнородность вещественного состава датируемого материала (кость и гумус почв), его абсолютный возраст, по нашему мнению, достаточно корректно отражает время формирования того или иного слоя. Так, в разрезе 1 на глубине 120–123 см возраст черных гуминовых кислот гумуса почв составил 16960 ± 1330 кал. л., а несколько глубже, в слое 123–135 см плечевая кость носорога показала дату $21\,740 \pm 750$ кал. л. В разрезе 2 на глубине 125–135 см возраст фаланги плейстоценовой лошади оказался равным 10910 ± 320 кал. л., а в слое 137–139 см возраст черных гуминовых кислот составил 13080 ± 240 кал. л. Хорошая сохранность углерода древнего гумуса почв в нижней части почвенных профилей, вероятно, свидетельствует о надежной консервации здесь органического вещества почв в обстановке часто возникавшего переувлажнения из-за неглубокого залегания грунтовых вод.

Распределение с глубиной абсолютного возраста углерода гуминовых кислот, угля и костных останков, совмещенное с данными о возрасте артефактов РЖВ в изучаемых разрезах дает представление о неравномерности процесса осадконакопления на поверхности поймы р. Воронеж за отрезок времени от конца плейстоцена до конца голоцена (см. табл. 1, рис. 5).

Согласно изменениям с глубиной возраста отложений, полученным по характеристикам разрезов 1 и 2 на ровной поверхности поймы (см. рис. 5), смена накопления древнеаллювиальных слоистых сильно опесчаненных суглинков мало-мощным чехлом залегающих выше карбонатных суглинков произошла после 22 тыс. кал. л. н. (диапазон разброса дат — 11–22 тыс. л. (см. рис. 4, 5)).

Завершение процесса образования лессовидных суглинков соответствует нижней границе голоцена. Очевидно, что наиболее благоприятные условия для формирования этого чехла складывались во второй половине последней ледниковой эпохи. С окончанием этой эпохи (периодом позднего дриаса 12.9–11.7 тыс. л. н.) связывают последний этап лессонакопления на территории Восточно-Европейской равнины (Герасименко, 2015). В соответствии с распространенным мнe-

Таблица 1. Результаты радиоуглеродного датирования материала на разных глубинах почв участка “Большая Кузьминка”

№	Глубина, материал и способ измерения*	Лабораторный номер	Радиоуглеродный (14C) возраст		
			Некалиброванный, ВР	Калиброванный cal ВР**, интервал 2σ (95.4%)	Калиброванный cal ВР**, среднее (μ) ± ± стандартное отклонение (σ)
Разрез 1					
1	100—102 см, гуминовые кислоты, LSC	SPb_3381	9390 ± 120	11 080—10 890	10 980 ± 100
2	120—123 см, гуминовые кислоты, LSC	SPb_3295	14 000 ± 500	18 280—15 630	16 960 ± 1330
3	123—135 см, плечевая кость шерстистого носорога, LSC	SPb_3407	18 022 ± 300	22 490—20 990	21 740 ± 750
Разрез 2					
4	100—102 см, гуминовые кислоты, LSC	SPb_3377	7998 ± 120	9 260—8 550	8 910 ± 360
5	125—135 см, фаланга плейстоценовой лошади, LSC	SPb_3406	9 610 ± 120	11 240—10 590	10 910 ± 320
6	137—139 см, гуминовые кислоты, LSC	SPb_3394	11 200 ± 120	13 320—12 840	13 080 ± 240
Разрез 3					
7	80—85 см, уголь в конкреции, AMS	UOC-14552	2393 ± 37	2 500—2 340	2 420 ± 80
8	90—95 см, дисперсный уголь, AMS	UOC-14553	4906 ± 30	5 670—5 590	5 630 ± 40
9	105—107 см, гуминовые кислоты, LSC	SPb_3376	9 876 ± 100	11 740—11 110	11 430 ± 320
10	125—127 см, гуминовые кислоты, LSC	SPb_3297	11 250 ± 150	13 440—12 840	13 140 ± 300
В 70 м к северу от разреза 3					
11	135—140 см, кость плейстоценового животного, LSC	SPb_3405	11 250 ± 120	13 410—12 980	13 200 ± 210

Примечания. * Способ измерения: LSC – жидко-сцинтилляционный, AMS – масс-спектрометрический.

** Калиброванный возраст дан в календарных годах назад от 1950 г.

нием, чехол лессовидных суглинков на территории Восточно-Европейской равнины формировался в результате выпадения из атмосферы частиц минеральной пыли, причем периоды максимальной интенсивности лессонакопления соответствовали периодам усиления похолоданий климата (Velichko and Zelikson, 2005).

Отдельного внимания заслуживает вопрос образования опесчаненных слоистых суглинков, выявляемых в подошве почвенных профилей высокой поймы р. Воронеж (см. рис. 4). При зачистке стенок разрезов в этой части профилей местами наблюдались деформации субгоризонтально простирающихся слоев (рис. 6), что, на наш взгляд, выступает доказательством палеокриогенных нарушений данных пород. Природа образования рассматриваемой фации пойменного аллювия до конца не ясна. Можно высказать предположение, что широкое отложение обогащенного песком материала могло происходить в периоды интенсивного сезонного стока речных вод, наблюдавшегося в позднеледниковое время (Панин и др., 2013).

Согласно возрастным моделям (см. рис. 5), в период с 21740 $\pm$ 747 по 16960 $\pm$ 1330 кал. л. н. в профиле 1 отмечается прирост мощности на 10 см, а с 16960 $\pm$ 1330 до 11900 $\pm$ 100 кал. л. н. прирост составил 20 см. Прирост мощности почвенного профиля на 30 см за 10 тыс. л. (с 22 до 11 тыс. кал. л. н.), совпадает с периодом повышенной паводковой активности (Panin and Matlakhova, 2015). В разрезе 2 в период 13080 $\pm$ 240 по 10910 $\pm$ 320 кал. л. н. наблюдался прирост профиля до 10 см, но уже в эпоху голоцена имела место фаза снижения паводковой активности. Согласно существующим представлениям, период с 1800 л. н. по настоящее время выделяется как самый высокий пик паводковой активности в голоцене, хотя данный период также был неоднороден, и максимальная интенсивность паводков наблюдалась в Малый ледниковый период (Panin and Matlakhova, 2015). Именно за это время в изучаемых разрезах произошел прирост профилей на 40 см (разрез 1), 45 см (разрез 2) и 60 см (разрез 3). Однако высокий прирост в профиле 3 был связан также и с тем, что профиль находится в аккумулятивной

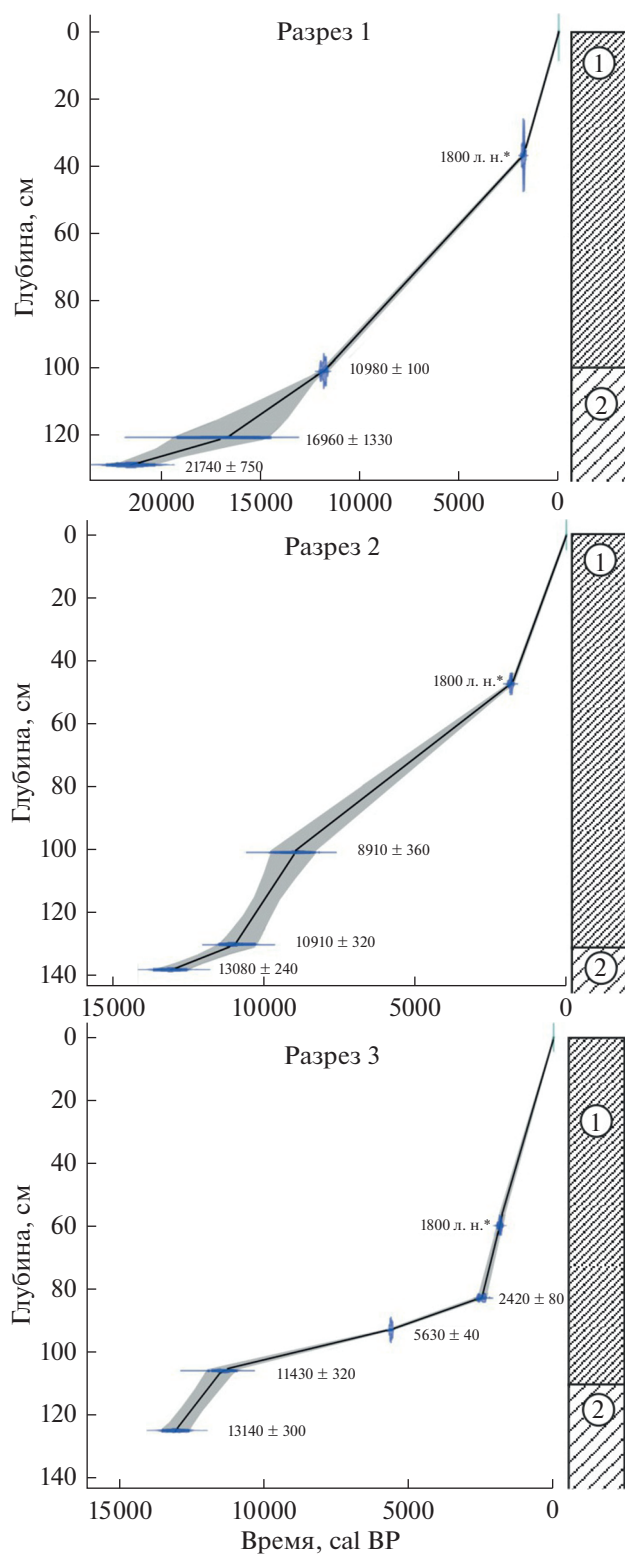


Рис. 5. Возрастные модели разрезов 1, 2 и 3.
Примечание: * — археологическая датировка керамики. Цифры в кругах обозначают литологические слои (см. обозначения к рис. 4).

позиции рельефа, являвшейся своеобразной “ловушкой” аллювиальных осадков.

Выявленный для высокой поймы р. Воронеж ход с глубиной кривых возраста отложений (см. рис. 5) позволяет предполагать, что ранний и средний голоцен на изучаемой территории характеризовались низкой интенсивностью аллювиального осадконакопления, что, вероятно, было связано с засушливыми климатическими условиями и очень редкими в это время разливами реки. Согласно нашим расчетам, выполненным по результатам анализа трех разрезов (см. рис. 5) в первой половине голоцена темпы накопления аллювия находились в пределах 0.3–1 см каждые 100 лет (в среднем 0.6 см за 100 лет).

Однако во второй половине голоцена обозначился явный тренд роста интенсивности осадконакопления, что могло быть обусловлено как похолоданием и увлажнением климата, так и (особенно в конце позднего голоцена) ростом интенсивности антропогенных воздействий на компоненты природной среды долинно-речного ландшафта. Согласно выполненным расчетам, темпы осадконакопления во второй половине голоцена возросли до 1.1–1.6 см каждые 100 лет (в среднем 1.3 см за 100 лет).

В целом, реконструируемые условия осадконакопления в пойме р. Воронеж (северная часть лесостепи) согласуются с результатами исследований других авторов, изучавших голоценовую эволюцию почв и природной среды в центре Восточно-Европейской равнины (Александровский, Александровская, 2005; Герасимов, Марков, 1939; Хотинский, 1982). В частности, на основании анализа палеоботанических данных Н.А. Хотинский разделил голоцен Восточной Европы на два крупных отрезка: период нарастания температур воздуха в первой половине голоцена и период их спада во второй половине голоцена (Хотинский, 1982). Существует точка зрения о трех крупных подразделениях голоцена: начальном периоде быстрых эволюционных перестроек природной среды 11700 (11600)–8000 кал. л. н., периоде термического максимума голоцена 8000–5700 кал. л. н. и третьем периоде направленного похолодания климата во второй половине голоцена (последние 5700 кал. л. н.) (Новенко, 2020).

В ряде работ имеются указания на смену природных трендов аллювиального осадконакопления антропогенно спровоцированным усилением данного процесса на протяжении последних столетий (Александровский, 2004; Сычева, 2009, 2011). Нашими предыдущими исследованиями на ряде участков в Липецкой и Орловской областях (Чендев и др., 2016, 2021) также подтверждается данный вывод: в конце позднего голоцена на поверхности речных пойм происходило интенсивное формирование новейших наносов как ре-



Рис. 6. Признаки палеокриогенных нарушений аллювиальных слоев в нижней части профиля почвы из разреза 2.

зультат антропогенных нарушений ландшафтов и трансформации гидрологического режима рек, главным образом, вследствие вырубki лесов.

Анализ профильного строения и признаков изученных почв, а также спорово-пыльцевых спектров растительности из почвенных образцов, отобранных на разных глубинах, позволяет более детально реконструировать смены во времени климатических обстановок и растительного покрова на изучаемом участке.

Свойства изученных почв

Особенности профильного распределения гранулометрического состава почв и некоторых других признаков представлены на рис. 4 и в табл. 2.

Профили почв, изученных в разрезах 1 и 2 на ровной поверхности высокой поймы, имеют больше черт сходства, чем отличий. В классификационном плане они относятся к мощным выщелоченным лугово-черноземным почвам со следующей системой генетических горизонтов: A1 (0–46 см), A1B (46–67 см), BA1 (67–120 см), BСк (120–170 см), D (глубже 170 см). Гранулометрический состав изученных почв — тяжелосуглинистый, смена наносов с тяжелосуглинистого на опесчаненный легкосуглинистый происходит на глубинах 160–180 см (см. рис. 4). Характерной особенностью данных почв выступает достаточно большая мощность гумусированной части про-

филя (110–130 см), существенная перерывность слепами (особенно в слое 80–130 см, 50–70% от площади слоя), в слое 0–20 см содержится 2.5–2.6% Сорг (см. табл. 2). Реакция среды профилей — слабокислая или нейтральная, которая глубже 80–100 см становится слабощелочной, а в нижних частях профилей — средне- и сильнощелочной (см. табл. 2). Профильные признаки рассматриваемых почв свидетельствуют об их лугово-степном генезисе, вероятно, существовавшем на протяжении всего голоцена — без признаков значительных смен во времени растительного покрова и трендов почвообразовательного процесса.

В разрезе 3, заложенном в центральной части достаточно обширного микропонижения на поверхности высокой поймы, был выявлен полигенетичный профиль, состоящий из наложенных друг на друга почвенных профилей разного генезиса. Верхняя почва мощностью 60 см, судя по морфологическим, физическим и химическим признакам, была сформирована под травянистым типом растительности. Она идентифицирована как черноземно-луговая среднесуглинистая почва. Данная почва состоит из подгоризонтов A1^I, A1^{II}, A1^{III}, верхние два из которых характеризуются серым цветом и зернисто-комковатой структурой, а нижний подгоризонт на глубине 40–60 см имеет темно-серую окраску и лучше сформированную структуру (комковато-зерни-

Таблица 2. Физико-химические и химические свойства изученных почв

Глубина, см	pH водный	C орг, %	Общий азот, %	C карб, %	Сумма оснований, ммоль/100 г
Разрез 1					
0–20	7.1	2.62	0.23	0	19.31
20–40	6.8	2.23	0.18	0	17.43
40–60	6.8	1.29	0.14	0	16.75
60–80	7.1	1.24	0.09	0	16.77
80–100	7.4	0.99	0.07	0	15.91
100–120	7.6	0.75	0.06	0	16.27
120–140	7.7	0.45	0.04	0.59	15.46
140–160	8.2	0.27	0.03	1.69	15.62
160–180	8.8	0.31	0.02	0.59	10.54
180–200	8.1	0.27	не опр.	0	9.71
Разрез 2					
0–20	6.0	2.47	0.18	0	18.22
20–40	6.3	2.32	0.15	0	18.06
40–60	6.5	1.57	0.12	0	16.09
60–80	6.7	1.37	0.11	0	17.05
80–100	6.8	1.17	0.08	0	16.08
100–120	7.4	0.84	0.06	0	17.59
120–140	7.9	0.52	0.06	1.16	15.51
140–160	8.2	0.39	0.05	1.39	16.15
160–180	8.0	0.27	0.03	2.57	15.00
180–200	8.8	0.31	не опр.	0	11.57
200–220	8.3	0.27	не опр.	0	12.12
Разрез 3					
0–20	7.0	2.36	0.21	0	19.20
20–40	7.1	2.12	0.18	0	17.46
40–60	6.9	2.40	0.21	0	19.44
60–80	6.7	1.62	0.12	0	9.19
80–100	6.5	0.56	0.04	0	5.24
100–120	6.3	0.39	0.03	0	7.10
120–140	6.2	0.29	0.03	0	12.21
140–160	6.1	0.24	0.02	0	14.64
160–180	6.0	0.57	не опр.	0	14.76
180–200	6.3	0.47	не опр.	0	13.45

стую). Нижний гумусовый подгоризонт является наиболее гумусированным, и содержит больше органического углерода по сравнению с вышележащими подгоризонтами (см. табл. 2). Разделение рассматриваемого профиля на гумусовые подгоризонты можно рассматривать как сочетание протекавшего гумусоаккумулятивного процесса различной интенсивности и синлитогенного роста профиля вверх в результате поступательной аккумуляции пойменного аллювия. Синлитогенная

природа почвообразующего субстрата подтверждается наличием в нем тонких аллювиальных прослоев, состоящих из мелкого светло-желтого песка.

Содержание ила в верхней черноземно-луговой почве незначительно изменяется вниз по профилю от 28 до 31% от массы почвы, а содержание песка варьирует более существенно – от 12 до 37% в разных слоях и горизонтах (см. рис. 4). Реакция среды профиля нейтральная; сумма обмен-

ных оснований находится в пределах 17–19 ммоль на 100 г почвы (см. табл. 2).

Профиль нижней (погребенной) почвы представлен системой следующих генетических горизонтов: [A1g] (60–75 см)–[A1A2g] (75–95 см)–[A1A2Bhg] (95–105 см)–[A2Bthg] (105–127 см)–[Bthg1] (127–149 см)–[Bthg2] (149–200 см). Глубже 200 см экскавация не проводилась.

Погребенная почва идентифицирована как серая лесная грунтово-глееватая.

Вскипание сложного почвенного профиля в разрезе 3 отсутствует на всю изученную глубину – до 200 см.

По вертикальному распределению ила погребенный почвенный профиль является текстурно-дифференцированным с четким подразделением на элювиальную и иллювиальную части (см. рис. 4).

Коэффициент текстурной дифференциации профиля по илу составляет 2.3. Реакция среды профиля палеопочвы слабокислая с минимальными значениями pH 6.1–6.0 в горизонте [Bthg2]; сумма обменных оснований минимальна в элювиальной части профиля (5–7 ммоль на 100 г почвы) и возрастает в иллювиальной части профиля до 12–15 ммоль на 100 г почвы; содержание органического углерода достаточно резко убывает с глубиной (см. табл. 2). Все указанные свойства и их профильные распределения подтверждают генетическую принадлежность изучаемой палеопочвы к типу серых лесных почв, установленную на основании морфологического анализа почвенного профиля.

В элювиальной части профиля изученной палеопочвы (горизонты [A1A2g], [A1A2Bhg], [A2Bthg]) в заметном количестве содержатся бурые железистые конкреции (рудяковые зерна) с рыхлой периферией и плотным ядром размером 3–8 мм (максимальное обилие выявлено в горизонте [A1A2g] – 15–25 штук на 1 дм²).

В центре конкреций были обнаружены мелкие фрагменты угля. Уголь принадлежит листовным деревьям; в наиболее хорошо сохранившемся фрагменте была определена принадлежность углистого остатка к липе (*Tilia* sp.). Радиоуглеродное датирование фрагментов древесного угля из ядер конкреций, отобранных в слое 80–85 см (горизонт [A1A2g]) дало возраст 2420 ± 80 кал. л. н. (см. табл. 1). В слое 95–100 см (горизонт [A1A2Bhg]), был продатирован дисперсный уголь, показавший возраст 5630 ± 40 кал. л. н. (см. табл. 1). На этом основании длительность лесного почвообразования оценена периодом не менее 3000 лет (между 5630 и 2420 гг. назад).

Следует отметить, что верхние полметра изученной палеопочвы в разрезе 3 до нижней части горизонта [A1A2Bhg] были сформированы на минеральном субстрате, образованном в голоцене, а

средняя и нижняя части профиля формировались на более древних, доголоценовых породах, которыми (по аналогии с разрезами 1 и 2), скорее всего, были карбонатные лессовидные суглинки. В матрице этих пород в результате почвообразовательного процесса была сформирована достаточно мощная иллювиальная часть профиля погребенной серой лесной почвы.

Второй гумусовый горизонт, выявленный в профиле погребенной серой лесной почвы, следует рассматривать как остаточную часть гумусированного профиля темноцветной почвы черноземного генезиса и как индикатор лугово-степной стадии почвообразования, предшествовавшей появлению леса. Признаки второго гумусового горизонта четко прослеживаются, начиная с горизонта [A1A2Bhg] (95–105 см) по заметному усилению в нем серого тона окраски.

Важным диагностическим признаком почвообразования в травянистых ландшафтах выступает наличие в профилях почв включений ходов степных землероев – слепышей. Этот признак используется как индикатор степных условий почвообразования в палеопочвенных реконструкциях, так как в лесной местности слепыш не обитает (Громов, Ербаева, 1995; Александровский, Александровская, 2005; Pietsch, 2013). В профиле палеопочвы из разреза 3 палеослепышины с размытыми контурами выявляются в слое 100–127 см. Лучшей сохранности палеослепышин в горизонтах [A1A2Bhg] и [A2Bthg] могли способствовать анаэробные условия из-за периодически возникавшего здесь водозастойного водного режима над плотным горизонтом Bt. Деятельность слепыша в профиле исследованной почвы мы соотносим с первой половиной голоцена – до стадии лесного почвообразования, которая, согласно датировке по древесному углю, могла начаться 5630 ± 40 кал. л. н. Выявленные нами палеослепышины выступают дополнительным доказательством очень редкого затопления поймы р. Воронеж в первой половине голоцена или, по крайней мере, в атлантическом периоде голоцена.

Таким образом, результаты полевого и лабораторного анализа почвы, изученной в разрезе 3, говорят о том, что на поверхности микрозападины смена растительности и направленности почвообразовательного процесса в течение голоцена происходила по крайней мере трижды. В первой половине голоцена при господстве лугово-степных обстановок формировались почвы черноземного генезиса (черноземы или лугово-черноземные почвы). Признаки этой стадии сохранились в виде второго гумусового горизонта и палеослепышин в реликтовом профиле серой лесной почвы. Во второй половине голоцена в результате похолодания и увлажнения климата поверхность изу-

чаемой западины покрылась лесной растительностью, и началось лесное почвообразование, в процессе которого был сформирован профиль серой лесной грунтово-глееватой почвы.

Согласно мнению ряда исследователей, более гумидные условия во второй половине голоцена могли привести к деградации черноземов и к преобразованию их в серые лесные (Phaeozems), в том числе глинисто-иллювиированные почвы (Luvisols) (Eckmeier et al., 2007; Kabala et al., 2019). Затем, уже в субатлантическом периоде голоцена, на изучаемом участке лесная стадия почвообразования сменилась луговой, на что указывает современный профиль черноземно-луговой почвы, залегающей над погребенной серой лесной почвой. Формирование данной почвы происходило синхронно с образованием чехла аллювиального суглинка мощностью около 60 см.

Реконструкция растительности и климата по данным спорово-пыльцевого анализа

Считается, что палинологические спектры растительности из проб, отобранных в пойменных, озерных или болотных отложениях, отражают интегральный характер растительного покрова в радиусе до 20 км от места наблюдений (Новенко, 2017). В нашем исследовании пространственный охват заноса палинологического материала включает территорию долинно-речного ландшафта бассейна р. Воронеж (шириной по обе стороны от реки от 4 до 6 км), а также прилегающие к речной долине междуречные ландшафты.

Результаты спорово-пыльцевого анализа почвенных профилей, изученных в трех разрезах, представлены на рис. 7 и 8.

В разрезах 1 и 2 пробоотбор на спорово-пыльцевой анализ осуществлялся через 20 см и в каждом разрезе было отобрано по 11 почвенных проб. Однако обогащенный осадок содержал достаточное количество спор и пыльцы в пробах только до глубины 1–1.4 м. Пробы, отобранные глубже, в мацерате содержали углистое органическое вещество, и только единичные зерна спор и пыльцы. Плохой сохранности пыльцы в слоях глубже 100–140 см, являющихся доголоценовыми отложениями, на наш взгляд, могли способствовать их промерзание и иссушение в зимние периоды, когда они представляли собой верхние корнеобитаемые слои почв позднего плейстоцена.

Близкая локализация разрезов 1 и 2, расположенных в идентичных условиях рельефа (ровная поверхность высокой поймы), позволяет дать комплексную характеристику их палинологических спектров с анализом проб в хронологическом порядке. Учитывая, что пробы в разрезах 1 и 2 были отобраны с низким временным разрешением, авторы включили в обсуждение также ана-

лиз литературных сведений о биоклиматических обстановках на территории Центральной лесостепи в периоды, к которым относятся описанные и проанализированные пробы.

Наиболее древняя проба, содержащая пыльцу и споры, идентифицирована в слое 120–140 см из разреза 2 (см. рис. 7). По времени образования она соответствует рубежу голоцена и позднего плейстоцена.

Спектр пробы фиксирует преобладание пыльцы древесной растительности и спор. В первой группе доминирует пыльца хвойных пород, где основная роль отводится пыльце сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*), примесь представлена можжевельником (*Juniperus*) и встречено одно зерно ели (*Picea*). Пыльца древесных лиственных пород представлена в большей степени мелколиственными породами: березами, ольхой, осинной (*Populus*). Теплолюбивые элементы представлены только небольшим количеством пыльцы вяза (*Ulmus*).

В соответствии с реконструкцией, на данном этапе на прилегающей территории были широко развиты боры (на надпойменных террасах) с можжевельниковыми зарослями по опушкам. Встреченное зерно ели может указывать на вероятную примесь этой породы в составе боровой растительности, хотя эта единичная находка не может считаться достоверной. По пониженным участкам в борах, вероятно, селились березняки. Есть вероятность, что на водоразделах были участки, занятые злаково-разнотравно-маревыми группировками (Poaceae, *Herbetum mixtum*, Chenopodiaceae) с заметным участием цикориевых (Cichoriaceae). Пойму речной долины занимали ольховые заросли с участием кустарниковых берез и вяза. Заметное количество спор в составе спектра может указывать на наличие территорий, периодически подтопляемых или заливаемых в половодные периоды. Небольшое количество пыльцы теплолюбивых пород указывает на достаточно слабую теплообеспеченность данного хроноинтервала. Климат изучаемого этапа характеризовался ярко выраженной континентальностью и был относительно сухим (в составе трав отмечается много дикорастущих растений семейства маревых).

Согласно палинологическим реконструкциям, выполненным для границы голоцена и позднего плейстоцена на территории Центральной лесостепи, исследователи предполагают существование в это время холодной березово-сосновой лесостепи с безлесными междуречьями. Е.А. Спиридонова отмечает: «Скорее всего, лесные насаждения тяготели к долинам рек, а междуречья были покрыты ксерофильными степными сообществами, образованными разнотравно-полынными группировками с участием маревых, которые достигли максимального развития имен-



Рис. 7. Спорово-пыльцевые диаграммы в отложениях разрезов 1 (а) и 2 (б) на участке “Большая Кузьминка”.

но в позднем валдае” (1991, с. 195). Т.А. Серебряная (1992) уточняет, что в составе березово-сосновых редколесий, произраставших в понижениях эрозионной сети, уже тогда небольшое участие могли принимать липа, дуб и вяз, а на иловато-суглинистых субстратах, вероятно, также встречалась ель. Согласно выводам Е. Луканиной с соавторами (Lukanina et al., 2022), вблизи границы широколиственных лесов и лесостепи на территории Курской области (бассейн р. Суджа) около 11 700 кал. л. н. получила распространение березовая лесостепь, однако сухой климат и высокая пожароопасность препятствовали распространению здесь широколиственных лесов еще в течение более чем 1000 лет.

Таким образом, полученные нами результаты находятся в близком соответствии с результатами других авторов.

Следующая в хронологической последовательности проба соответствует слою 80–100 см из разреза 1 (см. рис. 7); ее возраст охватывает интервал пребореального и бореального периодов голоцена (согласно рис. 5, разброс дат в слое составляет 11700–8500 кал. л. н.). По количественному составу пыльца древесных и травянистых растений распределена примерно поровну с небольшим преобладанием доли трав, причем в составе трав самым представительным (11% от суммы пыльцы) в это время оставалось семейство маревых — индикатор сохранявшихся засушливых

климатических условий. Среди трав в рассматриваемой пробе достаточно высок процент дикорастущих злаков. В спектре древесных пород (наряду с сосной и можжевельником) доминирует пыльца покрытосеменных растений, где основу составляют мелколиственные породы — березы, ольха, ива, осина. Из широколиственных и теплолюбивых пород отмечена только пыльца вяза (вероятно — *Ulmus glabra*). В количественном отношении среди древесных пород преобладает пыльца сосны и березы (см. рис. 7). В рассматриваемый период на террасах реки реконструируются березово-сосновые с примесью осины леса с можжевельниковыми зарослями. На верхних надпойменных террасах, вероятно, были распространены островные вязовые леса с участием березы. В пребореальном и бореальном периодах голоцена на водоразделах присутствие древесной растительности было маловероятным. Количество спор в исследуемой пробе сравнительно невелико, споры сфагнума (*Sphagnum*) отсутствуют, что, вероятно, свидетельствует об отсутствии сфагновых болот в этот период.

Слабое участие в составе растительного покрова пыльцы теплолюбивых пород может указывать на прохладный и относительно сухой климат раннего голоцена.

Авторы отмечают, что для северной половины лесостепной зоны в пребореальном и бореальном периодах голоцена реконструируется растительный покров, унаследованный от перигляциальной сосново-березовой лесостепи [в отдельном исследовании сообщается о существовании на месте современной лесостепи степной зоны (Lukanina et al., 2022)]. В бореальном периоде в древостоях уже отмечается небольшое участие дуба, вяза, липы и лещины (*Corylus*). На плакорах продолжали господствовать маревые, полыни (*Artemisia*) и злаковые (Климанов, Серебрянная, 1986; Серебрянная, 1992; Lukanina et al., 2022). Тренд потепления и увлажнения климата 10–9 тыс. кал. л. н. отразился на увеличении неморального флористического комплекса — в составе лесов возросла доля дуба, липы и вяза (Спиридонова, 1991). Лесистость на севере лесостепной зоны могла в это время достичь 30% от общей площади (Lukanina et al., 2022). В конце бореального периода голоцена реконструируются достаточно резкие изменения растительности в ответ на похолодание климата. В бассейне р. Суджа произошла деградация лесных ареалов примерно на 30% от первоначальной площади (Lukanina et al., 2022). Как на западе, так и на востоке Центральной лесостепи в это время отмечалась заметная ксерофитизация степной растительности (Спиридонова, 1991; Lukanina et al., 2022).

Проба в слое 60–80 см из разреза 1, главным образом, отражает условия атлантического периода

голоцена (согласно рис. 5 — 8500–5400 кал. л. н.). Проба в идентичном слое из разреза 2 не подходит для анализа, так как содержит отложения атлантического и суббореального периодов голоцена примерно в равных пропорциях (7200–3600 кал. л. н., см. рис. 5). В пробе разреза 1 по сравнению с предыдущим периодом наблюдается отчетливая тенденция снижения суммы пыльцы деревьев и кустарников, содержания пыльцы можжевельника, березы и ольхи. В составе древесной растительности появляется пыльца широколиственных пород — дуба (*Quercus*) и липы при сохраняющемся достаточно высоким представительстве вяза (см. рис. 7). В составе травянистой растительности преобладающими компонентами были злаки, маревые, цикориевые и розоцветные (*Rosaceae*). Появление спор сфагнума, а также пыльцы шейхерии болотной (*Scheuchzeria palustris*) может указывать на возникновение болот. Исследование четырех болот в непосредственной близости от участка “Большая Кузьминка” (в радиусе до 20 км) выявило диапазон варьирования возраста болотных отложений от 7635 ± 60 до 1580 ± 50 кал. л. н. (Волкова и др., 2020), т.е. появление болот в атлантическом периоде голоцена может считаться подтвержденным фактом.

В соответствии с реконструкцией, в атлантическом периоде голоцена климат стал теплее по сравнению с бореальным периодом, что нашло отражение в появлении в составе лесов дуба и липы. Леса, вероятно, тяготели к долинно-речному ландшафту, а на водоразделах господствовала лугово-степная растительность. На нижних надпойменных террасах формировались березово-сосновые леса, а выше по рельефу — островные вязово-дубовые леса с примесью липы. В поймах и на надпойменных террасах рек начали образовываться болота.

Авторы, выполнявшие спорово-пыльцевые реконструкции растительности, на протяжении большей части атлантического периода отмечают господство степных обстановок даже на севере лесостепной зоны, а на юге зоны широколиственных лесов — лесостепных ландшафтов (Климанов, Серебрянная, 1986; Новенко, 2017; Новенко и др., 2013, 2016; Серебрянная, 1992). По мнению ряда авторов, на севере и северо-западе Среднерусской возвышенности граница лесостепи располагалась на 50–70 км севернее своего современного положения (Новенко и др., 2017; Shumilovskikh et al., 2017). Потепление климата оптимума голоцена, приведшее к остепнению ландшафтов в лесостепной зоне, в зоне широколиственных лесов отразилось на максимальном развитии дубовых лесов с участием вяза, липы, ясеня и густого подлеска из лещины (Новенко и др., 2014). В атлантическом периоде также отмечались короткопериодные флуктуации биоклиматических условий, которые приводили к неоднократным из-

менениям ареалов зональных типов растительности, а также структуры сообществ внутри них (Новенко и др., 2014; Спиридонова, 1991; Lukani-na et al., 2022).

Проба в слое 40–60 см из разреза 1 по возрасту отложений весьма близко соответствует суббореальному периоду голоцена (5400–2300 кал. л. н., см. рис. 5), тогда как проба из идентичного слоя в разрезе 2 представлена смесью отложений суббореального и субатлантического периодов (3600–1500 кал. л. н., см. рис. 5), что ограничивает возможности ее корректного анализа.

Проба из разреза 1 (слой 40–60 см) характеризуется изменением содержания пыльцы у ряда представителей лесной растительности при стабильных позициях сосны и можжевельника: снижалось содержание пыльцы березы, вяза, дуба, пыльца липы исчезла. Вместе с тем возрастало содержание пыльцы осины, ольхи, ивы (см. рис. 7). Указанные изменения могут свидетельствовать о похолодании и увлажнении климата в рассматриваемый период.

Реконструируемый растительный покров в суббореальном периоде голоцена отражает лесостепные обстановки с лесами как в долинах рек, так и местами на водоразделах. На надпойменных террасах формировались сосновые леса с участием березы и осины. В поймах рек фрагментарно произрастали ольховые и ивовые леса.

Похолодание и увлажнение климата в суббореальном периоде голоцена отмечают многие авторы. Сообщается о том, что максимальная облесенность на территории лесостепи Восточно-Европейской равнины наблюдалась не в атлантическом, а в суббореальном периоде голоцена (Спиридонова, 1991). В одной из работ отмечается следующее: “Как показывают данные палеоботанических исследований на территории современной лесостепной зоны Восточно-Европейской равнины, около 5700 кал. л. н. началось продвижение границы лесной области к югу и наступление леса на степь. Увеличение содержания пыльцы древесных пород отмечено на спорово-пыльцевых диаграммах отложений Среднерусской возвышенности, в бассейнах рр. Оки и Сейма...” (Новенко, 2016, с. 189). По мнению ряда авторов, примерно к 4500 кал. л. н. южная граница широколиственных лесов сместилась к юго-востоку (в зону лесостепи) на 100–130 км (Shumilovskikh et al., 2017). Позднеголоценовое увлажнение климата и обусловленное этим надвигание лесов на степи по палеопочвенным признакам реконструируется для ряда территорий на севере лесостепной зоны, включая Липецкую область (Александровский, 2002; Александровский, Гольева, 1996).

Субатлантический период голоцена в разрезах 1 и 2 характеризуется пробами из верхних почвенных слоев до глубины 40 см (см. рис. 7). Общей

тенденцией выступает рост содержания пыльцы лесных растений и кустарников за счет возрастания доли сосны, березы, вяза, липы, ольхи, ивы, орешника при сохраняющемся заметном участии дуба. В целом, для субатлантического периода голоцена в спорово-пыльцевых спектрах отмечается возрастание разнообразия древесно-кустарниковой растительности на родовом и видовом уровнях.

Состав травянистой растительности в пробах субатлантического периода голоцена характеризуется высокой долей разнотравья. Развитие болот с вероятными стадийными переходами их из низинных в сфагновые идентифицируется по увеличению количества спор сфагнома (*Sphagnum*), а также пыльцы шейхцерии болотной (*Scheuchzeria palustris*) (см. рис. 7). Специфичностью спектров выступает, с одной стороны, увеличение количества пыльцы бобовых трав (*Fabaceae*) и розоцветных как индикаторов относительно влажного климата, а с другой стороны, имел место тренд роста содержания пыльцы астровых, цикориевых и маревых (см. рис. 7), что, по-видимому, в существенной степени уже было связано с усилением интенсивности антропогенных воздействий на травянистые экосистемы.

Общим трендом развития растительного покрова лесостепи в субатлантическом периоде голоцена, в соответствии с существующими представлениями, выступал продолжавшийся рост лесистости на фоне увлажнения и похолодания климата, осложнявшегося его вековыми флуктуациями (Новенко, 2020; Серебрянная, 1992; Shumilovskikh et al., 2017). Среди обсуждаемых флуктуаций климата, влиявших на почвы и растительность, следует упомянуть скифо-сарматский аридный этап (Александровский, Александровская, 2005; Чендев, 2008), отмечаемый также как Римское Потепление (Новенко, 2020), малый климатический оптимум голоцена, а также малый ледниковый период (Новенко, 2020; Сычева, 2011). Одной из универсальных закономерностей в изменениях растительности субатлантического периода голоцена выступает усиление во времени антропогенных воздействий. Первые очаговые воздействия человека на растительность лесостепи отмечаются еще в атлантическом периоде голоцена (Новенко и др., 2013), но почти повсеместные следы влияния человека на растительность, порой с драматическими последствиями для ландшафта, выявляются по спорово-пыльцевым спектрам на протяжении последних 3–2 тысячелетий (Новенко, 2017; Новенко и др., 2014; Серебрянная, 1992; Shumilovskikh et al., 2019).

Отдельного рассмотрения требует палинологический анализ почвенных проб в западине рельефа на поверхности высокой поймы (разрез 3, рис. 8).

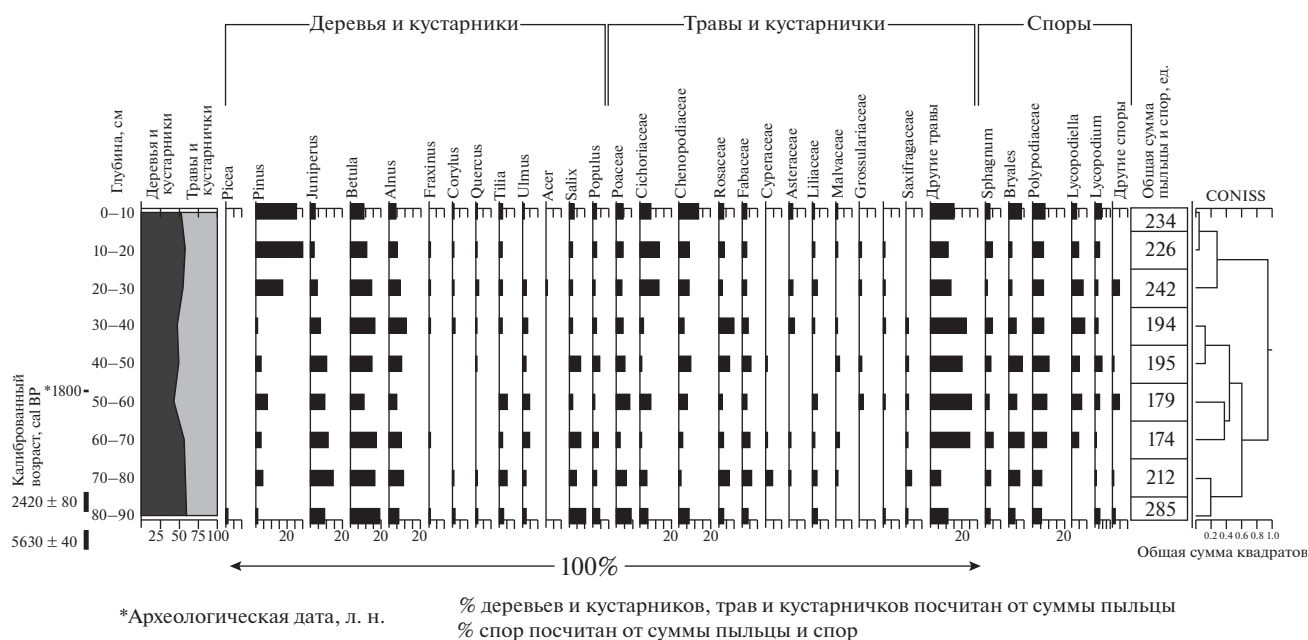


Рис. 8. Спорово-пыльцевая диаграмма в отложениях разреза 3 на участке “Большая Кузьминка”.

В данном разрезе репрезентативное количество пыльцы было выявлено лишь в слое 0–90 см, что дает представление о развитии растительного покрова на протяжении, главным образом, субатлантического периода голоцена. В разрезе были выделены 3 палинозоны.

Нижняя палинозона характеризуется преобладанием в общем составе пыльцы древесных пород с явной тенденцией резкого снижения содержания пыльцы этой группы в самой верхней части данной палинозоны, — на глубине 50–60 см (ко времени 1800–1500 кал. л. н., см. рис. 5, 8). На наш взгляд, установленное снижение содержания пыльцы древесных пород служит свидетельством исчезновения леса, которое нами по палеопочвенным признакам отмечалось ранее. Содержание пыльцы хвойных пород (можжевельника и сосны) в данной палинозоне меньше, чем лиственных пород деревьев, в составе которой преобладают мелколиственные деревья: береза, ольха, ива, осина и ясень (*Fraxinus*). Из широколиственных пород преобладает пыльца вяза и липы, в качестве примеси присутствует пыльца дуба и лещины. Указанное выше сочетание древесно-кустарниковых пород, на наш взгляд, отражает состав лесной растительности, которая достаточно длительный период (не менее 3000 лет) произрастала в изучаемой западине среди окружающих травянистых экосистем на поверхности высокой поймы р. Воронеж. Как уже отмечалось, данная лесная растительность сформировала достаточно выразительный профиль серой лесной почвы (слой 60–200 см) в разрезе 3, имеющей в элювиальной части профиля скелетаны, а в иллювиальной части

профиля (в горизонтах [A2Bt] и [Bth]) — бурые кутаны иллювиирования.

О похолодании климата начала формирования нижней палинозоны говорит присутствие в слое 80–90 см зерна ели (см. рис. 8). Хотя находка одного зерна не является репрезентативной, все же можно высказать предположение о том, что ареал ели на данном этапе (начало субатлантического периода голоцена) расширял свою границу на юг, обеспечивая присутствие в спектрах единичных зерен данного рода.

Вторая палинозона в слое 30–60 см имеет возраст 1500–700 л. Верхняя палинозона охватывает последние 700 лет развития растительного покрова. Указанные палинозоны соответствуют современной черноземно-луговой почве мощностью 60 см, сформированной на наносе, перекрывшем погребенную серую лесную почву. Судя по морфологическим, физико-химическим и химическим признакам, современная почва определенно формировалась под травянистым типом растительности в обстановке периодического затопления поверхности паводковыми водами и синхронного с почвообразованием аллювиального осадконакопления (в профиле этой почвы местами заметна тонкая слоистость).

Вторая палинозона (слой 30–60 см) выделяется по изменению качественного состава растительности с общим трендом в сторону снижения участия древесных пород и ростом содержания травянистой растительности. Причина указанной смены, вероятно, имеет комплексный характер. С одной стороны, скифо-сарматский арид-

ный этап с максимальным проявлением аридности на рубеже эр и в первом веке новой эры мог способствовать ухудшению экологических условий произрастания древесной растительности. Вторым важным фактором, по-видимому, была хозяйственная деятельность. Не случайно, в почвах западины, где рос лес, во множестве встречаются слои с фрагментами сарматской керамики, — намного чаще, чем в других местах археологического раскопа за пределами западины.

Климатические условия начального этапа формирования второй палинозоны можно характеризовать как влажные, о чем, в частности, свидетельствует рост содержания спор плауновых и пыльцы водных растений (кувшинки, рогоза и некоторых других) (см. рис. 8). Вторая половина палинозоны (Малый климатический оптимум голоцена), по-видимому, формировалась как под влиянием нарастания засушливости климата, так и под влиянием усиления хозяйственной деятельности — выпаса животных и распашки почв недалеко от места исследований (возрастало содержание пыльцы сорных трав). В последние фазы второй палинозоны разреженные вязовые леса обогащаются липой и лещиной за счет некоторого роста влажности климата, который также обусловил расширение площади распространения сфагновых мхов (см. рис. 8).

Третья палинозона (0–30 см, последние 700 лет) характеризуется значительным расширением границ ареала боровой ассоциации на надпойменных террасах реки. По общему снижению в данной палинозоне содержания пыльцы березы и ольхи и увеличению содержания пыльцы хвойных реконструируется нарастание засушливости климата, что, с одной стороны, могло быть обусловлено похолоданием в Малый ледниковый период (климат стал более континентальным), а с другой стороны — усилением хозяйственной деятельности, выразившейся в вырубке лесов. В данной палинозоне в составе пыльцы травянистой растительности отмечается достаточно резкое возрастание доли цикориевых и маревых (см. рис. 8), что ранее также констатировалось при анализе пыльцевых спектров в разрезах 1 и 2 как отражение усиления антропогенного воздействия на пойменную экосистему и прилегающие ландшафты.

ВЫВОДЫ

Комплексное исследование почвенно-геологических толщ в разрезах на участке “Большая Кузьминка” показало высокую степень соответствия динамики осадконакопления, этапов почвообразования, а также изменения во времени растительного покрова. Главным фактором происходивших изменений была многовековая климатическая изменчивость.

1. На голоценовой шкале времени отразились два крупных этапа аллювиального осадконакопления: этап замедленных темпов в первой половине голоцена и тренд возрастания скоростей аллювиального осадконакопления во второй половине голоцена. Указанные этапы отразили смену относительно засушливых климатических условий первой половины голоцена на более гумидные обстановки во второй половине голоцена. В спорово-пыльцевых спектрах выявлена адекватная реакция растительности на данные изменения. Индикаторами увлажнения во второй половине голоцена являлись рост лесистости территории и формирование лесов на водоразделах.

2. Проведенное исследование дополняет и подтверждает существующие представления о голоценовых изменениях природной среды в северной части лесостепной зоны центра Восточно-Европейской равнины. Ранний голоцен характеризовался условиями от прохладной до холодной лесостепи с заметным представительством семейства маревых в ландшафтах степей на водоразделах. Средний голоцен в целом соответствовал условиям степной зоны. Заметные изменения растительности под влиянием антропогенного фактора отмечаются в субатлантическом периоде голоцена. В нашем случае в пойме р. Воронеж следы антропогенных воздействий отразились на увеличении концентрации пыльцы сорных растений из состава цикориевых и маревых как следствие усиления выпаса и, возможно, распашки участков долинно-речного ландшафта недалеко от мест проведения исследований.

3. История лесного биогеоценоза, идентифицированного в западине рельефа на высокой пойме р. Воронеж, отражает как региональную (возникновение вследствие увлажнения климата во второй половине голоцена), так и локальную (исчезновение в результате хозяйственной деятельности) специфичность его развития и деградации под влиянием комбинации природных и антропогенных факторов формирования окружающей среды.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ, проект № 19-18-00327. Исследование проведено в рамках гос. задания Института географии РАН № AAAA-A19-119021990092-1 (FMWS-2019-0008).

FUNDING

The study was executed under support of Russian Science Foundation, project no. 19-18-00327. Present research performed in the framework of the State Task of the Institute of Geography, Russian Academy of Sciences no. AAAA-A19-119021990092-1 (FMWS-2019-0008).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Александрова К.И.* Ботанико-географическое районирование / Атлас Липецкой области. М.: Федеральная служба геодезии и картографии России, 1994. С. 20.
- Александровский А.Л.* Развитие почв Восточной Европы в голоцене: Автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. Ин-т географии РАН. М., 2002. 48 с.
- Александровский А.Л.* Этапы и скорость развития почв в поймах рек центра Русской равнины // Почвоведение. 2004. № 11. С. 1285–1295.
- Александровский А.Л., Гольева А.А.* Палеоэкология древнего человека по данным междисциплинарных исследований почв археологических памятников Верхнего Дона // Археологические памятники лесостепного Подонья. Липецк, 1996. Вып. 1. С. 176–183.
- Александровский А.Л., Александровская Е.И.* Эволюция почв и географическая среда. М.: Наука, 2005. 223 с.
- Александровский А.Л., Чендев Ю.Г., Юртаев А.А.* Почвы со вторым гумусовым горизонтом и палеочерноземы как свидетельства эволюции педогенеза в голоцене на периферии лесной зоны и в лесостепи (обзор) // Почвоведение. 2022. № 2. С. 147–167. <https://doi.org/10.1134/S1064229322020028>
- Ахтырцев А.Б.* Почвы и почвенные ресурсы // Атлас Липецкой области. М.: Федеральная служба геодезии и картографии России, 1994. С. 19.
- Волкова Е.М., Новенко Е.Ю., Юрковская Т.К.* Возраст болот Среднерусской возвышенности // Изв. РАН. Сер. геогр. 2020. № 4. С. 551–561. <https://doi.org/10.31857/S2587556620040135>
- Герасименко Н.П.* Эволюция ландшафтов и почв Украины в голоцене // Эволюция почв и почвенного покрова. Теория, разнообразие природной эволюции и антропогенных трансформаций почв. М.: ГЕОС, 2015 С. 421–430.
- Герасимов И.П., Марков К.К.* Четвертичная геология (Палеогеография четвертичного периода). М.: Учпедгиз, 1939. 364 с.
- Громов И.М., Ербаева М.А.* Млекопитающие фауны России и сопредельных территорий. Зайцеобразные и грызуны. СПб.: ЗИН РАН, 1995. 520 с.
- Ершова Е.Г.* Спорново-пыльцевой анализ пойменных отложений: проблемы и возможности // Археология поймы: рельеф, палеосреда, история заселения. Тезисы научного семинара, Москва, Институт археологии РАН, 23 апреля 2019 г. / под ред. А.Л. Александровского, Н.А. Кренке. М.: “КДУ”, “Университетская книга”, 2019. С. 46–51.
- Климанов В.А., Серебрянная Т.А.* Изменения растительности и климата на Среднерусской возвышенности в голоцене // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1986. № 1. С. 26–37.
- Макеев А.О., Русаков А.В., Курбанова Ф.Г., Хохлова О.С., Куст П.Г., Денисова Е.А.* Динамика природной среды на юге лесной зоны Русской равнины по данным геоархеологических архивов // Почвы — стратегический ресурс России: тезисы докладов VIII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева и Школы молодых ученых по морфологии и классификации почв (Сыктывкар, 2020–2022 гг.). Ч. 3 / отв. ред. С.А. Шоба, И.Ю. Савин. М.—Сыктывкар: ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, 2021. С. 773–774. <https://doi.org/10.31140/book-2021-05>
- Медведев А.П.* Сарматы в верховьях Танаиса. М.: Таус, 2008. 252 с.
- Новенко Е.Ю.* Изменения растительности и климата Центральной и Восточной Европы в позднем плейстоцене и голоцене в межледниковые и переходные этапы климатических макроциклов. М.: ГЕОС, 2016. 228 с.
- Новенко Е.Ю.* Реконструкция динамики древесной растительности территории музея-заповедника “Куликово Поле” в среднем и позднем голоцене // Заповедная наука. 2017. № 2. С. 66–76. <https://doi.org/10.24189/ncr.2017.034>
- Новенко Е.Ю.* Ландшафтно-климатические изменения в лесной зоне Центральной и Восточной Европы в голоцене: ретроспективный анализ и сценарии эволюции природной среды // Экосистемы: экология и динамика. 2020. Т. 4. № 4. С. 57–80. <https://doi.org/10.24411/2542-2006-2020-10074>
- Новенко Е.Ю., Гласко М.П., Волкова Е.М., Зюганова И.С.* Динамика ландшафтов и климата бассейна Верхнего Дона в среднем и позднем голоцене // Изв. РАН. Сер. геогр. 2013. № 2. С. 68–82.
- Новенко Е.Ю., Цыганов А.Н., Волкова Е.М., Бабешко К.В., Мазей Ю.А.* Динамика ландшафтов и климата на северо-западе Среднерусской возвышенности в голоцене // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2014. № 6. С. 24–31.
- Новенко Е.Ю., Цыганов А.Н., Волкова Е.М., Бабешко К.В., Лаврентьев Н.В., Мазей Ю.А.* Изменения растительности и климата на северо-западе Среднерусской возвышенности в голоцене // Изв. РАН. Сер. геогр. 2016. № 1. С. 103–114.
- Новенко Е.Ю., Зюганова И.С., Дюжова К.В., Волкова Е.М.* Динамика растительности на южной границе зоны широколиственных лесов Восточно-Европейской равнины в среднем и позднем голоцене // Изв. РАН. Сер. геогр. 2017. № 5. С. 82–94. <https://doi.org/10.7868/S0373244417050073>
- Палеопалинология. Т. I. Методика палеопалинологических исследований и морфология некоторых ископаемых спор, пыльцы и других растительных микрофоссилий. Л.: Недра, 1966. 351 с.
- Панин А.В., Сидорчук А.Ю., Власов М.В.* Мощный поздневалдайский речной сток в бассейне Дона // Изв. РАН. Сер. геогр. 2013. № 1. С. 118–129.
- Сверчкова А.Э., Хохлова О.С.* Эволюция почв и ландшафтно-климатические изменения в эпоху бронзы для степи Кубано-Приазовской равнины на основе изучения крупного кургана // Изв. РАН. Сер. геогр. 2021. № 1. С. 70–83. <https://doi.org/10.31857/S2587556621010143>
- Серебрянная Т.А.* Динамика границ Центральной лесостепи в голоцене // Вековая динамика биогеоце-

- нозов. Чтения памяти академика В.Н. Сукачева. Х. М.: Наука, 1992. С. 54–71.
- Спиридонова Е.А. Эволюция растительного покрова бассейна Дона в верхнем плейстоцене–голоцене. М.: Наука, 1991. 221 с.
- Сычева С.А. Малый климатический оптимум и малый ледниковый период в памяти почв и отложений пойм Русской равнины // Изв. РАН. Сер. геогр. 2011. № 1. С. 79–93.
- Сычева С.А. Палеопочвенные и археологические свидетельства ритмичного развития пойм рек в голоцене // Археология поймы: рельеф, палеосреда, история заселения: Тез. научн. сем. М.: Ин-т археологии РАН, 2019. С. 83–87.
- Хотинский Н.А. Палеоэкологические реконструкции природной среды голоцена (модель современного межледниковья) // Палеогеография Европы за последние сто тысяч лет / под общ. ред. И.П. Герасимова. М.: Наука, 1982. С. 123–127.
- Чендев Ю.Г. Эволюция лесостепных почв Среднерусской возвышенности в голоцене. М.: ГЕОС, 2008. 212 с.
- Чендев Ю.Г., Муравьев Э.Н., Белеванцев В.Г., Голотвин А.Н., Уваркин С.В. Экологические нарушения гидрологического режима поверхностных вод на примере р. Липовка в г. Липецк // Научные ведомости БелГУ. Серия Естественные науки. 2016. № 11 (232). Вып. 35. С. 146–157.
- Чендев Ю.Г., Федюнин И.В., Иншаков А.А., Голотвин А.Н., Дудин Д.И., Белеванцев В.Г. Контрастные варианты эволюции почв археологических памятников в поймах рек лесостепи Среднерусской возвышенности // Почвоведение. 2021. № 4. С. 387–406. <https://doi.org/10.1134/S1064229321040050>
- Alexandrovskiy A.L., Ershova E.G., Krenke N.A. Buried Late-Holocene Luvisols of the Oka and Moskva River floodplain and their anthropogenic evolution according to soil and pollen data // Quat. Int. 2016. Vol. 418. P. 37–48. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.12.094>
- Barczy A., Tóth T.M., Csanádi A., Sümegi P., Czinkota I. Reconstruction of the paleoenvironment and soil evolution of the Csípo-halom kurgan, Hungary // Quat. Int. 2006. Vol. 156–157. P. 49–59. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2006.05.024>
- Blaauw M. Methods and code for “classical” age-modelling of radiocarbon sequences // Quat. Geochronology. 2010. Vol. 5. P. 512–518. <https://doi.org/10.1016/j.quageo.2010.01.002>
- Eckmeier E., Gerlach R., Gehrt E., Schmidt M.W.I. Pedogenesis of Chernozems in central Europe – a review // Geoderma. 2007. Vol. 139. P. 288–299. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2007.01.009>
- Grimm E.C. TILIA and TILIA*GRAPH.PC spreadsheet and graphics software for pollen data. INQUA, Working Group on Data-Handling Methods // Newsletter. 1990. № 4. P. 5–7.
- Hejman M., Souckova K., Kristuf P., Peska J. What questions can be answered by chemical analysis of recent and paleosols from the Bell Beaker barrow (2500–2200 BC), Central Moravia, Czech Republic // Quat. Int. 2013. Vol. 316. P. 179–189. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2013.06.014>
- Kabata C., Przybył A., Krupski M., Łabaz B., Waroszewski J. Origin, age and transformation of Chernozems in northern Central Europe – new data from Neolithic earthen barrows in SW Poland // Catena. 2019. Vol. 180. P. 83–102. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.04.014>
- Lukanina E., Shumilovskikh L., Novenko E. Vegetation and fire history of the East-European forest-steppe over the last 14.800 years: A case study from Zamostye, Kursk region, Russia // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2022. Vol. 605. № 111218. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2022.111218>
- Panin A., Matlakhova E. Fluvial chronology in the East European Plain over the last 20 ka and its palaeohydrological implications // Catena. 2015. Vol. 130. P. 46–61. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2014.08.016>
- Pietsch D. Krotovinas – soil archives of steppe landscape history // Catena. 2013. Vol. 104. P. 257–264. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2012.12.003>
- Rusakov A., Makeev A., Khokhlova O., Kust P., Lebedeva M., Chernov T., Golyeva A., Popov A., Kurbanova F., Puzanova T. Paleoenvironmental reconstruction based on soils buried under Scythian fortification in the southern forest-steppe area of the East European Plain // Quat. Int. 2019. Vol. 502. P. 197–217. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.05.016>
- Shumilovskikh L., Novenko E., Giesecke T. Long-term dynamics of the East European forest-steppe ecotone // J. of Vegetation Science. 2017. Vol. 29 (3). <https://doi.org/10.1111/jvs.12585>
- Shumilovskikh L.S., Rodinkova V., Rodionova A., Troshina A., Ershova E., Novenko E., Zazovskaya E., Sycheva S.A., Kiselev D., Schlütz F., Schneeweiß J. Insights in the late Holocene vegetation history of the East European forest-steppe: case study Sudzha (Kursk region, Russia) // Vegetation History and Archaeobotany. 2019. Vol. 28. P. 513–528. <https://doi.org/10.1007/s00334-018-00711-4>
- Sycheva S.A., Bessudnov A.N., Chepalyga A.L., Sadchikova T.A., Sedov S.N., Simakova A.N., Bessudnov A.A. Divnogorie pedolithocomplex of the Russian Plain: Latest Pleistocene deposits and environments based on study of the Divnogorie 9 geoarchaeological site (middle reaches of the Don River) // Quat. Int. 2016. Vol. 418. P. 49–60. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.11.006>
- Velichko A.A., Zelikson E.M. Landscape, climate and mammoth food resources in the East European Plain during the late Paleolithic epoch // Quat. Int. 2005. Vol. 126–128. P. 137–151.
- Williams J.W., Shuman B., Bartlein P.J. Rapid responses of the prairie–forest ecotone to early Holocene aridity in mid-continental North America // Global and Planetary Change. 2008. Vol. 66. P. 195–207. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2008.10.012>

Reconstruction of Paleoenvironments of Lipetsk Oblast Based on Multiproxy Analysis of Paleosols in the Voronezh River Floodplain

Yu. G. Chendev^{1, *}, A. A. Tishkov², T. A. Puzanova³, F. G. Kurbanova², V. A. Sarapulkin¹, T. F. Tregub⁴, and E. V. Ponomarenko⁵

¹Belgorod State National Research University, Institute of Earth Sciences, Belgorod, Russia

²Institute of Geography, RAS, Moscow, Russia

³Moscow State University, Moscow, Russia

⁴Voronezh State University, Voronezh, Russia

⁵Ottawa University, Ottawa, Canada

*e-mail: sciences@mail.ru

The results of paleosol and paleogeographic reconstructions on the new key site “Bol’shaya Kuzminka” within the northern part of the forest-steppe zone of the East European Plain (the high floodplain of the Voronezh River, the northern outskirts of the Bolshaya Kuzminka village, Lipetsk Oblast) are presented. To determine the age of alluvial deposits at different depths within the soil profiles, we used archaeological artefacts, Pleistocene faunal remains, soil humus, and charcoal. We reconstructed two main stages of floodplain formation during the Holocene: the early phase of low-intensity alluvial accumulation (beginning of the Holocene to the end of the Atlantic period, with mean rate of sedimentation—0.6 cm per 100 yr) and the late phase of increasing alluvial sedimentation (the second part of the Holocene, with mean rate of sedimentation—1.3 cm per 100 yr). Analysis of a closed depression within the floodplain allowed to reconstruct a complex synlithogenic soil profile with relic traces of three paleosols: a dark-colored Chernozem-like paleosol of the first half of the Holocene, the Luvisol of the Subboreal climatic phase (Gray Forest Soil), and the Stagnic Phaeozem (Chernozem-Meadow Soil) of the Subatlantic climatic phase of the Holocene. Flat areas around depressions hosted grassland vegetation; Stagnic Phaeozems (Meadow-Chernozem soils) were formed here during the entire Holocene synchronic with alluvial sediments’ deposition. Palynological analysis of floodplain soils and deposits indicated that forests developed in the trend of widespread their areas on adjacent watersheds since the beginning of Subboreal period. Anthropogenic impact on soils and plant cover was noticeable from the Subatlantic period, and its intensity was increasing over time. Introduction of anthropochores was the main anthropogenic signal that resulted from utilizing floodplains and gullies as pastures and ploughlands.

Keywords: Forest-steppes, Voronezh River, floodplain, soils, the Holocene, climate change, land use

REFERENCES

- Aleksandrova K.I. Botanical-geographical zoning. In *Atlas Lipetskoi oblasti* [Atlas of the Lipetsk Oblast]. Moscow, 1994, 20 p. (In Russ.).
- Akhtyrtsev A.B. Soils and soil resources. In *Atlas Lipetskoi oblasti* [Atlas of the Lipetsk Oblast]. Moscow, 1994, 19 p. (In Russ.).
- Alexandrovskiy A.L. Development of soils in the East Europe during the Holocene. *Extended Abstract of Doc. Sci. (Geogr.) Dissertation*. Moscow, 2002. 48 p.
- Alexandrovskiy A. Phases and rates of soil evolution within river floodplains in the center of the Russian plain. *Eurasian Soil Sci.*, 2004, vol. 37, no. 11, pp. 1137–1146.
- Alexandrovskiy A.L., Gol’eva A.A. Paleoecology of ancient man according to data of interdisciplinary research of soils in the archaeological monuments of the Upper Don Basin. In *Arkheologicheskie pamyatniki lesostepnogo Podon’ya. Vyp. 1* [Archaeological Monuments of Forest-Steppe Upper Don Basin. Vol. 1]. Lipetsk, 1996, pp. 176–183. (In Russ.).
- Alexandrovskiy A.L., Aleksandrovskaia E.I. *Evolutsiya pochv i geograficheskaya sreda* [Evolution of Soil and the Geographical Environment]. Moscow: Nauka Publ., 2005. 223 p.
- Alexandrovskiy A.L., Chendev Yu.G., Yurtaev A.A. Soils with the second humus horizon, paleochernozems, and the history of pedogenesis at the border between forest and steppe areas. *Eurasian Soil Sci.*, 2022, vol. 55, pp. 127–146.
<https://doi.org/10.1134/S1064229322020028>
- Alexandrovskiy A.L., Ershova E.G., Krenke N.A. Buried Late-Holocene Luvisols of the Oka and Moskva River floodplain and their anthropogenic evolution according to soil and pollen data. *Quat. Int.*, 2016, vol. 418, pp. 37–48.
<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.12.094>
- Barczy A., Tóth T.M., Csanádi A., Sümegi P., Czinkota I. Reconstruction of the paleoenvironment and soil evolution of the Csípo-halom kurgan, Hungary. *Quat. Int.*, 2006, vol. 156–157, pp. 49–59.
<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2006.05.024>
- Blaauw M. Methods and code for ‘classical’ age-modelling of radiocarbon sequences. *Quat. Geochronol.*, 2010, vol. 5, no. 5, pp. 512–518.
<https://doi.org/10.1016/j.quageo.2010.01.002>
- Chendev Yu.G. *Evolutsiya lesostepnykh pochv Srednerusskoi vozvyshehnosti v golotsene* [Evolution of Forest-Steppe Soils of the Central Russian Upland in the Holocene]. Moscow: GEOS Publ., 2008. 212 p.
- Chendev Yu.G., Muravyov E.N., Golotvin A.N., Uvarin S.V. Ecological transformations of hydrological regime for surface waters on example of river Lipovka in city Li-

- petsk. *Nauch. Vedom. Belgorod. Gos. Univ. Estest. Nauki*, 2016, vol. 232, no. 11, pp. 146–157. (In Russ.).
- Chendev Y.G., Fedyunin I.V., Inshakov A.A., Golotvin A.N., Dudin D.I., Belevantsev V.G. Contrasting variants of soil development at archaeological sites on floodplains in the forest-steppe of the Central Russian Upland. *Eurasian Soil Sci.*, 2021, vol. 54, pp. 461–477. <https://doi.org/10.1134/S1064229321040050>
- Eckmeier E., Gerlach R., Gehrt E., Schmidt M.W.I. Pedogenesis of chernozems in central Europe – a review. *Geoderma*, 2007, vol. 139, pp. 288–299. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2007.01.009>
- Ershova E.G. Spore-pollen analysis of floodplain deposits: problems and opportunities. In *Arkheologiya poimyy: rel'ef, paleosreda, istoriya zaseleniya: tezisy nauchnogo seminar* [Alluvial Archaeology: Relief, Palaeoenvironment, Occupation History: Seminar Proc.]. Moscow: Inst. Archaeology RAS, 2019, pp. 83–87. (In Russ.).
- Gerasimenko N.P. Evolution of landscapes and soils of Ukraine in Holocene. In *Evolutsiya poch i pochvennogo pokrova. Teoriya, raznoobrazie prirodnoi evolutsii i antropogennykh transformatsii pochv* [Evolution of Soils and Soil Cover. Theory, Diversity of Natural Evolution and Anthropogenic Transformations of Soils]. Moscow: GEOS Publ., 2015, pp. 421–430. (In Russ.).
- Gerasimov I.P., Markov K.K. *Chetvertichnaya geologiya: Paleogeografiya chetvertichnogo perioda* [Quaternary Geology: Paleogeography of Quaternary Period]. Moscow: Uchpedgiz Publ., 1939. 364 p.
- Grimm E.C. TILIA and TILIA*GRAPH.PC spreadsheet and graphics software for pollen data. INQUA, Working Group on Data-Handling Methods. *Newsletter*, 1990, no. 4, pp. 5–7.
- Gromov I.M., Erbaeva M.A. *Mlekopitayushchie fauny Rossii i sopredel'nykh territorii. Zaitseobraznye i gryzuny* [Mammals of the Fauna of Russia and Adjacent Territories. Lagomorphs and Rodents]. St. Petersburg: ZIN RAN Publ., 1995. 520 p.
- Hejcman M., Souckova K., Kristuf P., Peska J. What questions can be answered by chemical analysis of recent and paleosols from the Bell Beaker barrow (2500–2200 BC), Central Moravia, Czech Republic? *Quat. Int.*, 2013, vol. 316, pp. 179–189. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2013.06.014>
- Kabała C., Przybył A., Krupski M., Łabaz B., Waroszewski J. Origin, age and transformation of Chernozems in northern Central Europe – new data from Neolithic earthen barrows in SW Poland. *Catena*, 2019, vol. 180, pp. 83–102. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.04.014>
- Khotinskii N.A. Paleoeological reconstructions of environment during the Holocene (the model of the contemporary interglacial epoch). In *Paleogeografiya Evropy za poslednie sto tysyach let* [Paleogeography of Europe During the Last One Hundred Thousand Years]. Gerasimov I.P., Ed. Moscow: Nauka Publ., 1982, pp. 123–127. (In Russ.).
- Klimanov V.A., Serebryannaya T.A. Changes in the vegetation and climate of the Central Russian Upland in the Holocene. *Izv. Akad. Nauk SSSR. Ser. Geogr.*, 1986, no. 1, pp. 26–37. (In Russ.).
- Lukanina E., Shumilovskikh L., Novenko E. Vegetation and fire history of the East-European forest-steppe over the last 14,800 years: A case study from Zamostye, Kursk region, Russia. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 2022, vol. 605, no. 11218. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2022.11218>
- Makeev A.O., Rusakov A.V., Kurbanova F.G., Khokhlova O.S., Kust P.G., Denisova E.A. Dynamics of environment in the south of forest-steppe zone in Russian Plain on data of geoarchaeological archives. In *Pochvy – strategicheskii resurs Rossii: Tezisy dokladov VIII s'ezda obshchestva pochvovedov im. V.V. Dokuchaeva. Ch. 3* [Soils – a Strategic Resource of Russia: Theses of Rep. of VIII Congr. of Dokuchaev Soil Scientists Society. Part 3]. Moscow, Syktyvkar, 2021, pp. 773–774. (In Russ.). <https://doi.org/10.31140/book-2021-05>
- Medvedev A.P. *Sarmaty v verkhov'yakh Tanaisa* [Sarmatians in the Upper Tanais]. Moscow: Taus Publ., 2008. 252 p.
- Novenko E.Yu. *Izmeneniya rastitel'nosti i klimata Tsentral'noi i Vostochnoi Evropy v pozdnem pleistotsene i golotsene v mezhlednikovye i perekhodnye etapy klimaticheskikh makrotsiklov* [Vegetation and Climate Changes in the Central and Eastern Europe in the Late Pleistocene and Holocene at the Interglacial and Transitional Stages of Climate Macro-Cycles]. Moscow: GEOS Publ., 2016. 228 p.
- Novenko E.Yu. Reconstruction of arboreal vegetation dynamics of the area of museum-reserve Kulikovo Pole in the Middle and Late Holocene. *Zapoved. Nauka*, 2017, no. 2, pp. 66–76. (In Russ.). <https://doi.org/10.24189/ncr.2017.034>
- Novenko E.Yu. Landscape-climatic changes in forest zone of the Central and Eastern Europe in Holocene: the retrospective analysis and scenarios of natural environment evolution. *Ecosist. Ecol. Dinam.*, 2020, vol. 4, no. 4, pp. 57–80. (In Russ.). <https://doi.org/10.24411/2542-2006-2020-10074>
- Novenko E.Yu., Glasko M.P., Volkova Y.M., Zugarova I.S. Landscape and climate dynamics of the Upper Don River basin in the mid- and late Holocene. *Izv. Akad. Nauk. Ser. Geogr.*, 2013, no. 2, pp. 68–82. (In Russ.).
- Novenko E.Yu., Tsyganov A.N., Volkova E.M., Babeshko K.V., Mazei Yu.A. Landscape and climate dynamics of the North-Western Srednerusskaya Upland during the Holocene. *Vestn. Mosk. Univ., Ser. 5: Geogr.*, 2014, no. 6, pp. 24–31. (In Russ.).
- Novenko E.Yu., Tsyganov A.N., Volkova E.M., Babeshko K.V., Lavrent'ev N.V., Mazei Yu.A. Changes of vegetation and climate in the North-West of the Central Russian Upland in the Holocene. *Izv. Akad. Nauk. Ser. Geogr.*, 2016, no. 1, pp. 103–114. (In Russ.).
- Novenko E.Yu., Zyuganova I.S., Dyuzhova K.V., Volkova E.M. Vegetation dynamics on the southern boundary of the broad-leaved forest zone of the European Plane in the Middle and Late Holocene. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2017, no. 5, pp. 82–94. (In Russ.). <https://doi.org/10.7868/S0373244417050073>
- Paleopalinologiya. T. 1. Metodika paleopalinologicheskikh issledovaniy i morfologiya nekotorykh iskopaemykh spor, pyl'tsy i drugikh pastitel'nykh mikrofosilii* [Palaeopalinology. Vol. 1. The Method of Palaeopalynological Re-

- search and Morphology of Same Fossil Spores, Pollens, and Other Plant Fossils]. Leningrad: Nedra Publ., 1966, 351 p.
- Panin A., Matlakhova E. Fluvial chronology in the East European Plain over the last 20 ka and its palaeohydrological implications. *Catena*, 2014, vol. 130, pp. 46–61. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2014.08.016>
- Panin A.V., Sidorchuk A.Yu., Vlasov M.V. High Late Valdai (Vistulian) runoff in the Don River Basin. *Izv. Akad. Nauk. Ser. Geogr.*, 2013, no. 1, pp. 118–129. (In Russ.).
- Pietsch D. Krotovinas — soil archives of steppe landscape history. *Catena*, 2013, vol. 104, pp. 257–264. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2012.12.003>
- Rusakov A., Makeev A., Khokhlova O., Kust P., Lebedeva M., Chernov T., Golyeva A., Popov A., Kurbanova F., Puzanova T. Paleoenvironmental reconstruction based on soils buried under Scythian fortification in the southern forest-steppe area of the East European Plain. *Quat. Int.*, 2019, vol. 502, pp. 197–217. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.05.016>
- Shumilovskikh L., Novenko E., Giesecke T. Long-term dynamics of the East European forest-steppe ecotone. *J. Veg. Sci.*, 2017, vol. 29, no. 3. <https://doi.org/10.1111/jvs.12585>
- Shumilovskikh L.S., Rodinkova V., Rodionova A., Troshina A., Ershova E., Novenko E., Zazovskaya E., Sycheva S.A., Kiselev D., Schlütz F., Schneeweiß J. Insights in the late Holocene vegetation history of the East European forest-steppe: case study Sudzha (Kursk region, Russia). *Veg. Hist. Archaeobotany*, 2019, vol. 28, pp. 513–528. <https://doi.org/10.1007/s00334-018-00711-4>
- Sverchkova A.E., Khokhlova O.S. Soil evolution and landscape-climatic changes in the Bronze Age for the steppe zone of the Kuban-Azov Plain based on the study of a large mound. *Izv. Akad. Nauk. Ser. Geogr.*, 2021, no. 1, pp. 70–83. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S2587556621010143>
- Serebryannaya T.A. Dynamics of the central forest-steppe boundaries in the Holocene. In *Vekovaya dinamika biogeotsenozov. Chteniya pamyati akademika V.N. Sukacheva* [Secular Dynamics of Biogeocenoses: Lectures in Memory of Academician V.N. Sukachev]. Moscow: Nauka Publ., 1992, pp. 54–71. (In Russ.).
- Spiridonova E.A. *Evolutsiya rastitel'nogo pokrova basseina Dona v verkhnem pleistotsene-golotsene* [Evolution of the Plant Cover in the Don River Basin in the Late Pleistocene-Holocene]. Moscow: Nauka Publ., 1991. 221 p.
- Sycheva S.A. Little climatic Holocene optimum and Little Ice Age in the memory of soils and deposits of rivers floodplains of the Russian plains. *Izv. Akad. Nauk. Ser. Geogr.*, 2011, no. 1, pp. 79–93. (In Russ.).
- Sycheva S.A. Palaeosol and archaeological evidences of the rhythical development of river floodplains in Holocene. In *Arkheologiya poimy: rel'ef, paleosreda, istoriya zaseleniya: tezisy nauchnogo seminara* [Alluvial Archaeology: Relief, Palaeoenvironment, Occupation History: Seminar Proc.]. Moscow: Institute of Archaeology RAS (Publ.), 2019, pp. 83–87. (In Russ.).
- Sycheva S.A., Bessudnov A.N., Bessudnov A.A., Sedov S.N., Semakova A.N. Divnogorie pedolithocomplex of the Russian Plain: Latest Pleistocene deposits and environments based on study of the Divnogorie 9 geoarchaeological site (middle reaches of the Don River). *Quat. Int.*, 2016, vol. 418, pp. 49–60. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.11.006>
- Velicko A.A. Periglacial environment as a resource basis of the late mammoth existence over the Late Paleolithic epoch in the East European Plain. In *Evolutsionnaya geografiya: problemy i resheniya* [Evolutional Geography: the Problems and Decisions]. Moscow: GEOS Publ., 2012, pp. 430–453. (In Russ.).
- Volkova E.M., Novenko E.Yu., Yurkovskaya T.K. The age of mires of the Central Russian Upland. *Izv. Akad. Nauk. Ser. Geogr.*, 2020, no. 4, pp. 551–561. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S2587556620040135>
- Williams J.W., Shuman B., Bartlein P.J. Rapid responses of the prairie–forest ecotone to early Holocene aridity in mid-continental North America. *Glob. Planet. Chang.*, vol. 66, pp. 195–207. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2008.10.012>