

КРИОГЕННО-ЛАТЕРАЛЬНАЯ ГИПОТЕЗА ОБРАЗОВАНИЯ МАТЕРИНСКОЙ ПОРОДЫ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ НА ПРИМЕРЕ СТРОЕНИЯ РЫШКОВСКОЙ ПАЛЕОПОЧВЫ В ТАНЕЕВСКОМ КАРЬЕРЕ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2024 г. С. А. Сычева^а, *(<https://orcid.org/0009-0005-8835-0877>),
О. С. Хохлова^б (<https://orcid.org/0000-0002-8989-9395>), Е. Г. Ершова^с,
Т. Н. Мякшина^б (<https://orcid.org/0000-0002-0301-864X>), П. А. Украинский^д

^аИнститут географии РАН, Старомонетный пер., 29, Москва, 119017 Россия

^бИнститут физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
ул. Институтская, 2, Пушкино, Московская обл., 142290 Россия

^сБиологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Ленинские горы, Москва, 119991 Россия

^дБелгородский государственный национальный исследовательский университет,
Белгород, ул. Победы, 85, 308015 Россия

*e-mail: sychevasa@mail.ru

Поступила в редакцию 15.01.2024 г.

После доработки 18.02.2024 г.

Принята к публикации 07.03.2024 г.

Изучены палеопочва (МИС 5е), позднемосковский лёсс (МИС 6), погребенные малые эрозионные формы в Танеевском карьере Курской области. Определение возраста и условий образования материнской породы и текстурно-дифференцированной почвы сделано на примере изученной рышковской палеопочвы микулинского межледниковья (МИС 5е) в центре Восточно-Европейской равнины. Проведены макро- и микроморфологический анализ выбранного профиля, спорово-пыльцевой анализ, определен возраст методом оптически стимулированной люминесценции (ОСЛ) и основные физико-химические свойства, а также проделан катенно-фациальный анализ, позволяющий детализировать историю развития малых эрозионных форм рельефа, почв и ландшафтов. Результаты позволяют заключить, что дифференциация профиля изученной палеопочвы на горизонты Ah–E–Vt – продукт микулинского межледниковья. Предпосылки для такой дифференциации – формирование неоднородной материнской породы – создавались склоновыми и мерзлотными процессами еще в московское позднеледниковье. Литологическая матрица рышковской палеопочвы не оставалась неизменной вследствие разной истории взаимодействия таких групп процессов, как эоловое, склоновое (солифлюкционное и делювиальное) осадконакопление, инициальное и межледниковое почвообразование.

Ключевые слова: текстурно-дифференцированные палеопочвы, склоновый перенос, московский лёсс, инициальные почвы, криогенез

DOI: 10.31857/S0032180X24080028, EDN: KNONOV

ВВЕДЕНИЕ

Дерново-подзолистые и серые лесные почвы обладают ярким текстурно-дифференцированным профилем, состоящим из контрастных по многим своим свойствам горизонтов, а именно гумусово-аккумулятивного: среднесуглинистого, темно-серого; элювиального: легкосуглинистого, осветленного серого и иллювиального:

тяжелосуглинистого, бурого. Для серых лесных почв отмечают несколько переходных горизонтов: AhE, EB. Генезис текстурно-дифференцированных почв до сих пор вызывает горячие дискуссии среди почвоведов. Существует несколько гипотез возникновения профиля с обедненным илом и полуторными оксидами элювиальным горизонтом и иллювиальным горизонтом, обогащенным этими веществами. Неоднозначно оценивается возраст

образования такого профиля, а также возраст и генезис материнской породы.

Главной из гипотез является классическая монокронная почвенная гипотеза, предполагающая образование профиля из однородной лёссовидной породы на протяжении последнего межледникового — голоцена — под воздействием основных процессов: дернового, подзолистого, элювиально-глеевого, лессиважа [9, 12, 18, 30]. Отмечают избыток физического песка и значительный дефицит ила практически по всему почвенному профилю [29]. При этом общая потеря массы почвы была меньше дефицита ила. Избыток ила в горизонте Bt, по сравнению с его выносом из горизонта E, установил Роде [18] в бурой оподзоленной почве.

С восприятием обширных палеогеографических данных об изменчивости климата в голоцене, применением микроморфологического и радиоуглеродного методов почвенная монокронная гипотеза преобразовалась в эволюционную полихронную, объясняющую образование второго гумусового горизонта, временную последовательность ведущих процессов (стадийность), но по-прежнему полагающая, что текстурная дифференциация лесных почв сформировалась исключительно в голоцене, причем главная фаза текстурной дифференциации, по мнению исследователей, приходится на последнюю треть голоцена [2, 4, 5, 17, 40].

Иную — литогенную — гипотезу предложили Соколов [20–22] и Макеев [14]. Согласно ей, материнская порода — двухслойная, образованная в результате накопления легкосуглинистого эолового наноса (валдайского лёсса) на более тяжелых суглинках поздне- и даже среднеледниковых возрастов. Это и предопределило создание еще в валдайское время текстурно-дифференцированного профиля почв. В голоцене протекала только небольшая его доработка, существенно не меняющая основные физико-химические свойства почв [15].

Данная гипотеза нашла продолжение в циклической литогенной гипотезе, предложенной в работах [5, 6, 10, 11], объясняющей генезис иллювиальных горизонтов, как остаточных погребенных элементарных почвенных образований (ЭПО), сформированных на “свежих” наносах — лёссах, в позднеледниковье. Исходя из представлений этих авторов, материнская порода современных дерново-подзолистых почв многослойная, а текстурная дифференциация профиля в основном обусловлена наложением друг на друга позднеледниковых инициальных почв вследствие смещения тектонических блоков — “клавишной” неотектоники [10]. В голоцене большей частью протекали лишь биохимические процессы, формирующие свойства поверхностных горизонтов: гумусово-аккумулятивного и гумусово-элювиального.

В зарубежной научной литературе, и особенно немецкими геологами, широко обсуждается концепция склоновых покровов — cover beds [34, 35, 37]. Установлено, что склоновые отложения покрывают большую часть пологих гор Центральной Европы однородным чехлом. Покровные слои Центральной Европы делятся на три толщи: верхний слой, который распространен повсеместно и имеет относительно постоянную толщину; промежуточный слой, распространение которого в основном ограничено равнинным рельефом, впадинами склонов и подветренными склонами; и нижний или базальный слой. Как верхний, так и промежуточный слои содержат переотложенный лёсс. Все три покровных слоя были в основном сформированы в результате перигляциальной солифлюкции. На основании датирования включений пепла был определен возраст слоев. Верхний слой сформировался в позднеледниковье и, возможно, в течение нескольких коротких эпизодов активности эолового переноса в раннем голоцене. Напротив, нижележащие слои могут быть диахронными, но их строение отражает повторяющиеся вертикальные последовательности. Средний слой сформировался в последний ледниковый максимум (LGM), переотложен в позднеледниковье. Возраст нижнего слоя менее конкретен, колеблется от заальского II позднеледниковья МИС 6 до МИС 4. Два верхних слоя послужили материнской породой будущих элювиальных и иллювиальных горизонтов современных голоценовых почв.

Такие представления о генезисе и возрасте покровных отложений, послуживших материнской породой резко дифференцированных почв, были применены и для других территорий, где распространены почвы подобного строения [35].

Различия групп гипотез генезиса резко дифференцированных почв: почвенной и литогенной, таким образом, заключаются в противоположных взглядах на время и механизм образования почвообразующей породы — покровных или лёссовидных суглинков, а также на роль почвообразования в позднеледниковье и голоцене.

Подобные представления об обсуждаемой проблеме могут быть применены для анализа генезиса материнской породы почв предыдущего микулинского (земского) меледниковья — рышковской палеопочвы и ее временных аналогов. Современные голоценовые почвы, в том числе и дерново-подзолистые, прошли пока не весь цикл своего развития. В то время как палеопочвы микулинского межледниковья позволяют оценить полный временной интервал развития почв в течение всего завершеного межледниковья и существенно дополнить представление об эволюции текстурно-дифференцированных почв [27].

Проводя многолетние исследования межледниковой рышковской палеопочвы в Александровском, Михайловском, Танеевском карьерах и других разрезах, предлагаем новую гипотезу образования текстурно-дифференцированных почв — криогенно-латеральную. В настоящей статье опираемся на результаты изучения рышковской палеопочвы (МИС 5е) в Танеевском карьере, Курская область.

Цель работы — оценить полное время и условия образования материнской породы и профиля текстурно-дифференцированной почвы на примере рышковской палеопочвы микулинского межледниковья (МИС 5е) в центре Восточно-Европейской равнины.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Лёссово-почвенные разрезы с рышковской палеопочвой изучены в стенках Танеевского карьера, расположенного в 25 км к югу от г. Курска (рис. 1), в 15 км южнее опорного разреза Александровский карьер. Танеевский карьер заложен в приводораздельной части склона между крупной балкой, устьем, выходящим на пойму р. Реут, и ее небольшим правым притоком.

В Танеевском карьере по четырем разрезам прослежена палеокатена по склону неглубокой московско-микулинской палеоложбины (верховье палеобалки) — от верхней части склона северной экспозиции до днища (рис. 2). Разрезы 1, 2 и 3 (основной) обнажили днище палеоложбины, маркированной рышковской почвой. Разрез 4 находится выше по палеосклону.

Во всех разрезах были сделаны подробные макроморфологические описания. Из основного разреза 3 произведен отбор образцов по горизонтам и слоям на разные виды аналитического исследования, а также взяты ненарушенные микромонологии на микроморфологию.

В лаборатории определяли содержание общего углерода ($C_{\text{общ}}$) — методом Тюрина в модификации авторов [7], при этом содержание выделившегося при окислении CO_2 определяли на хроматографе; CO_2 карбонатов — манометрически по разнице давлений в контроле и образце в герметичных сосудах с резиновыми пробками, в которых образцы реагировали с 10%-ной соляной кислотой, результаты пересчитывали на C ($C_{\text{карб}}$); содержание органического углерода ($C_{\text{орг}}$) вычисляли вычитанием $C_{\text{карб}}$ из содержания $C_{\text{общ}}$; гранулометрический состав — методом пипетки с использованием пирофосфата натрия для диспергирования, фракции рассчитаны на абсолютно сухую навеску с учетом определения гигроскопической влаги. Измерения удельной магнитной восприимчивости (МВ) проводили в лабораторных условиях для воздушно-сухих образцов

с помощью прибора Kappabridge KLY-2 в Центре коллективного пользования ИФХиБПП РАН, г. Пушкино. Микроморфологический анализ шлифов и фотографирование проведены на микроскопе AxioScore A1 Carl Zeiss (Германия) также в ЦКП ИФХиБПП РАН.

Для споро-пыльцевого анализа было обработано и проанализировано шесть образцов с глубин 0–28 см гумусовых горизонтов рышковской палеопочвы. В лаборатории навески по 60 г обрабатывали 10%-ным раствором HCl , кипятили в 10%-ном растворе КОН и центрифугировали в тяжелой жидкости (поливольфрамат натрия). Подсчет и идентификацию пыльцы и спор проводили на временных препаратах под световым микроскопом.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Морфологический анализ. Водоразделы в районе Танеевского карьера сложены мощной толщей аллювиально-морских песков палеогенового возраста, перекрытых маломощными (1–2 м) плейстоценовыми лёссами и фациально связанными с ними склоновыми отложениями. Мощность лёссов закономерно возрастает по направлению к современным эрозионным формам, достигая в средней части их склонов 5–6 м и более. Локальные увеличения мощности наблюдаются в погребенных малых эрозионных формах (ПМЭФ), которые вскрыты в рабочей стенке карьера.

На склоне северной экспозиции одного из таких ПМЭФ — перигляциального оврага I — вреза на изучаемая позднемосковско-микулинская форма — неглубокая палеоложбина IIa (рис. 2с). Она заполнена палевым лёссовидным суглинком с постшлировой текстурой с многочисленными мелкими карбонатными стяжениями по порам — позднемосковским лёссом. Данная толща образована за счет эоловых и малоинтенсивных делювиальных процессов, периодически промерзала в условиях холодного перигляциального климата [25].

На склоне (разрез 4) и в днище погребенной ложбины (разрезы 1–3) на глубине 3.5–5.5 м от поверхности сохранилась межледниковая палеопочва, образуя неконтрастную катену (рис. 2с). Тип профиля почвы $A_{\text{руг}}-Ah-E-EB-Vt-C$ не меняется, изменяются только мощности горизонтов. В тальвеге палеоложбины (разрез 2) мощность гумусовых горизонтов наибольшая — 50 см, тогда как в других разрезах — 25–35 см. В разрезах 1 и 3 увеличена мощность элювиальных горизонтов E и EB (30–40 см). Глубина верхней границы горизонта Vt1 от поверхности 390–400 см в трех разрезах (1–3), как и мощность профиля в двух разрезах 1 и 3 значительные (160–185 см) (рис. 2b, 2с). В разрезе 4, расположенном выше по палеосклону,

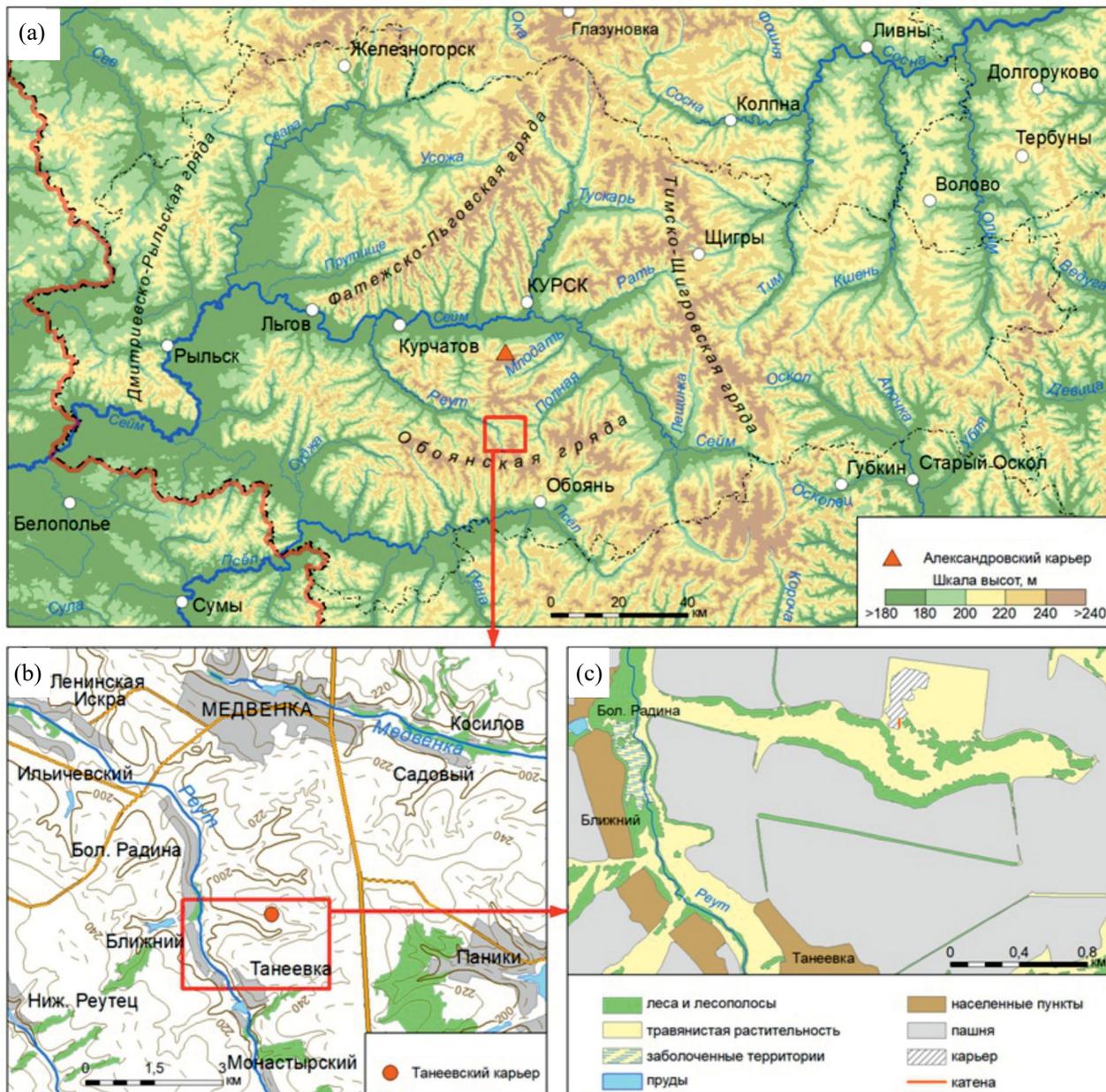


Рис. 1. Расположение Таневского карьера на карте Курской области (а), рельеф (б), местоположение в ландшафте (с).

рышковская палеопочва залегает ближе к поверхности (305–383 см), мощность ее профиля гораздо меньше – 78 см, что характерно для более крутых участков склонов. Выше по склону от разреза 4 рышковская палеопочва круто поднимается к современной поверхности и выклинивается: сначала исчезает гумусово-аккумулятивный Ah, затем элювиальный E и иллювиально-глинистый Bt горизонты.

Разрез 3 (рис. 2б). Глубины указаны от дневной поверхности, в квадратных скобках – от кровли рышковской палеопочвы (пирогенного слоя).

Слой 7.1. Рышковская почва.

A_{руг} (АО), 355–356/357 [0–1/2] см. Пирогенный слой. Волнистая черная прослойка, насыщенная углистыми остатками разного размера, включающими крупные угли, темно-серый с коричневым оттенком, 10YR 3/3, пылеватый легкий суглинок, мажущийся (вероятно, это сгоревшая подстилка АО), местами поверх этого слоя залегают плотные кремнево-карбонатные конкреции, возможно, остатки спекшейся золы.

Ah, 357–375 [2–20] см. Суглинок серый, 10YR 4/3, легкий, пористый, с включением крупных

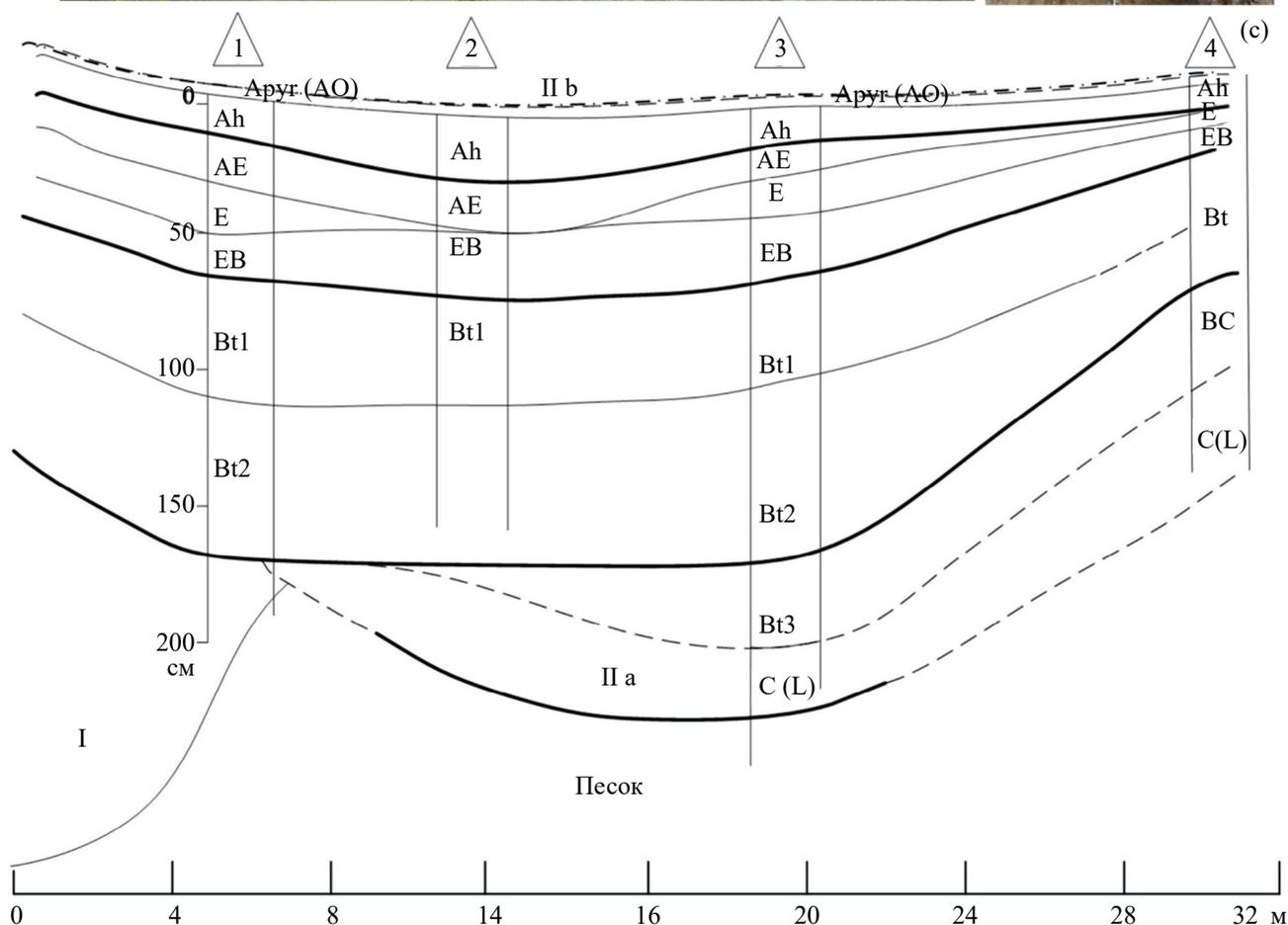


Рис. 2. Погребенные малые эрозионные формы (ПМЭФ) и строение рышковской палеопочвы в Танеевском карьере: а – общий вид стенки карьера с сохранившимся фрагментом московско-микулинской палеоложбины, б – разрез 3 – изученный профиль текстурно-дифференцированной почвы МИС 5е с ОСЛ датами по кварцу (Q) и полевым шпатам (FS), с – палеокатена. Римскими цифрами обозначены стадии формирования ПМЭФ: I – позднемосковский перигляциальный овраг, IIа – позднеледниковая палеоложбина, IIб – межледниковая рышковская ложбина. Вверху в треугольниках арабскими цифрами обозначены номера разрезов. Линиями обозначены границы: жирными – толщ, тонкими – горизонтов и подгоризонтов, пунктиром – предполагаемые.

углей, скрытозернистой структуры, массивный, однородный, верхняя граница резкая по цвету, нижняя – постепенная, волнистая.

АЕ, 375–380 [20–25] см. Суглинок легкий, светло-серый, 10YR 5/4 по Манселлу, появляется

силтана, мелкопористый, неоднородный за счет чередования слоев и линз более светлого и более гумусированного материала, а также буроватых примазок. Содержит большое количество углей разного размера. Нижняя граница резкая,

переход заметный по цвету и гранулометрическому составу.

Е, 380–397 [25–42] см. Суглинок легкий, белесовато-палевый, цвет неоднородный: обильная силтана 10YR 6/2 и ВПМ 10YR 6/6, зернисто-мелкоореховатая структура, педы погружены в силтану, редкие угли, ортштейны, прослеживается горизонтальная слоистость, особенно справа зачистки, подчеркиваемая чередованием белесых и светло-серых прослоев. Нижняя граница резкая по цвету и гранулометрическому составу.

ЕВ, 397–420 [42–65] см. Суглинок средний, светло-бурый, ВПМ ярко-бурого цвета, рассыпчатый, мелкоореховатый, редкопористый, педы покрыты глинистыми кутанами и погружены в силтану, которая изъела весь иллювиальный горизонт. Переход по цвету и гранулометрическому составу.

Вt1, 420–450 [65–95] см. Наиболее глинистый, темный, кутаны 10YR 3/6, ВПМ 10YR 4/6, силтана 10YR 7/3, суглинок средний, ближе к тяжелому, сложной крупно- и мелкоореховатой структуры, распадающейся на зерна, отмечаются темно-бурые кутаны по граням педов, покрытые силтаной редкие кварцевые зерна, вкрапления марганцевых примазок. Переход постепенный по цвету и гранулометрическому составу.

Вt2, 450–520 [95–165] см. Суглинок средний, свежий, бурый 10YR 4/6, призматической структуры, количество манганов значительно увеличивается, они по граням педов, присутствуют и глинистые кутаны.

Вt3, 520–540 [165–185] см. Бескарбонатный лёсс, в нижней части становится более однородным среднего ближе к легкому грансостава, грани крупных призм и трещины покрыты глинисто-железистыми кутанами. Цвет: кутаны 10YR 8/6, ВПМ 10YR 8/8. Манганы по корням растений. Переход резкий по цвету и появлению карбонатов, граница ровная.

С, 540–600 [185–245] см. Московский лёсс. Неоднородный белесовато-светло-палевый, 10YR 6/4, средний суглинок, ближе к легкому, неоднородность за счет карбонатных трубочек по порам размером 1 мм в поперечнике, конкреций в поперечнике 5 мм и бурых марганцевых примазок — манганов. Конкреции имеют цилиндрическую форму по крупным порам, лёсс мелкопористый. Граница резкая по гранулометрическому составу на глубине 600 см.

Песок палеогеновый, однородный, от белесовато-палевого, 10YR 8/2 до желтого с бурыми редкими железненными прослоями, горизонтально и косослоистый.

Изученная палеопочва в Танеевском карьере — резко дифференцированная с хорошо вы-

раженными горизонтами Ah—E—Vt и по диагностическим признакам идентична рышковской, изученной в Александровском карьере, где был определен ее возраст, как микулинский (МИС 5e) [24, 28]. В основании горизонта Vt рышковской палеопочвы в Александровском карьере получена ОСЛ-дата 127.4 ± 7.9 тыс. л.н., в перекрывающем сеймском лёссе — 115.2 ± 6.6 тыс. л.н. [39]. Эти даты показывают продолжительность межледникового почвообразования и совпадают с определениями возраста МИС 5e (130/128–117 тыс. лет) по данным ледового и океанического бурения [36]. Для горизонта ЕВ рышковской палеопочвы в Танеевском карьере (глубина 405 см) получены ОСЛ-даты 123 ± 16 тыс. л.н. (по кварцу) и 136 ± 10 тыс. л.н. (по полевым шпатам), показывающие идеальное совпадение с возрастом микулинского межледниковья.

Палеопочва в днище палеоложбины в Танеевском карьере (разрез 3) представлена профилем Аруг(АО)—Ah—AE—E—EB—Vt1—Vt2—Vt3—С общей мощностью 185 см. Профиль состоит из трех основных горизонтов: гумусового — 25–30 см, элювиального — 15 см и иллювиально-глинистого, а также переходных. В притальвежной части палеоложбины по нижней границе горизонта ЕВ наблюдается прослой темно-бурого суглинка, наклонный вглубь стенки карьера. Он фиксирует проявления переотложения иного материала вследствие эрозивно-аккумулятивных событий на водосборе и бортах палеоложбины.

Все три основных горизонта отличаются друг от друга цветом, структурой и гранулометрическим составом. Структура укрупняется от пластинчато-мелкоореховатой в горизонте AE до крупноореховатой и призматической в горизонте Vt. Почвенные агрегаты наследуют постшлировую текстуру, характерную для московского склонового лёсса, по которому развит иллювиальный горизонт. Закономерно меняются новообразования и их количество: от обилия силтан в элювиальном и переходном горизонтах до бурых глинистых кутан вверху и темно-серых манган внизу иллювиального горизонта.

Иллювиальный горизонт особенно хорошо развит, имеет мощность до 100–120 см и состоит из двух–трех подгоризонтов, отличающихся по форме почвенных агрегатов и степени оглиненности.

Элювиальный и переходный горизонты оглеены. Гумусовый горизонт межледниковой палеопочвы более мощный, чем в Александровском карьере. Он слоистый, испытывавший склоновое переотложение. Рышковская палеопочва уже по макроморфологическим характеристикам может быть классифицирована как поверхностно-оглеенная дерново-подзолистая (Stagnic Albic Retisols (Siltic, Differentic)).

В кровле почвы наблюдается интенсивно обугленный прослой (Аруг) мощностью 1–2 см, насыщенный пирогенными углями, возникший в результате сильного лесного пожара на водосборе балки. Хотя пирогенные угли рассеяны по всей толще гумусового горизонта, но более крупные из них, отдельные обугленные пятна темно-серого (до черного) цвета, тяготеют к кровле почвы, образуя горизонт АО. Ниже, в виде линз толщиной 1–2 см и протяженностью 10–20 см, залегает красновато-оранжевый (обожженный) суглинок, изменивший цвет в результате воздействия огня.

Почвенный профиль в приборочной части палеоложбины сильно размыт. По мере приближения к бровке ПМЭФ, на расстоянии в 10–15 м, последовательно исчезают гумусовый, элювиальный и переходные горизонты, а иллювиальный горизонт сохраняется лишь фрагментарно, включаясь в профиль голоценовой почвы.

Микроморфологические наблюдения показывают, что прослой Аруг бесструктурен, состоит из бурой органики, утратившей клеточное строение, угольной пыли, включает зерна минерального скелета (ЗМС), в основном – кварц мелкопесчаного или крупнопылеватого размера (рис. 3а, красные стрелки). В местах скопления угольной пыли (рис. 3а, левый верхний угол) видны разрозненные спаритовые зерна, иногда сложенные в карбонатные новообразования. Зерна спарита связаны именно с угольными включениями (рис. 3б). Карбонаты похожи на пирогенный кальцит, образующийся при сгорании больших количеств органической (растительной) массы [1, 13]. Поверх окарбонированной угольно-растительной массы хорошо выделяются Fe–Mn пятна: бесформенные, в виде полос, и дендритоподобные (рис. 3а, зеленая стрелка).

Горизонт АО, 355–356/357 или [0–1/2] см, имеет еще значительное содержание черной углистой пыли, а также бурой массы несгоревшего и сильно разложившегося растительного материала, залегающего в виде прерывистых слоев. Но здесь обнаруживается и глинисто-пылеватый материал палевого цвета (рис. 3с). В горизонте наблюдаются бескарбонатные микрозоны (рис. 3д, середина), карбонаты обособлены в виде микритовых стяжений либо нодулей в тонкодисперсной массе (рис. 3д, левый край и правый нижний угол). Горизонт бесструктурный, в нем имеется сеть ходов корней и червей, и выбросы мелких почвенных животных в порах (рис. 3с).

Горизонт Ah, 357(360)–375 или [3(5)–20] см, неоднородного сложения, содержит углистые включения в порах, иногда – в виде прерывистых микрослоев. В отдельных микрозонах фиксируется постшлировая текстура (субпараллельные пластинчатые отдельности). Можно отметить

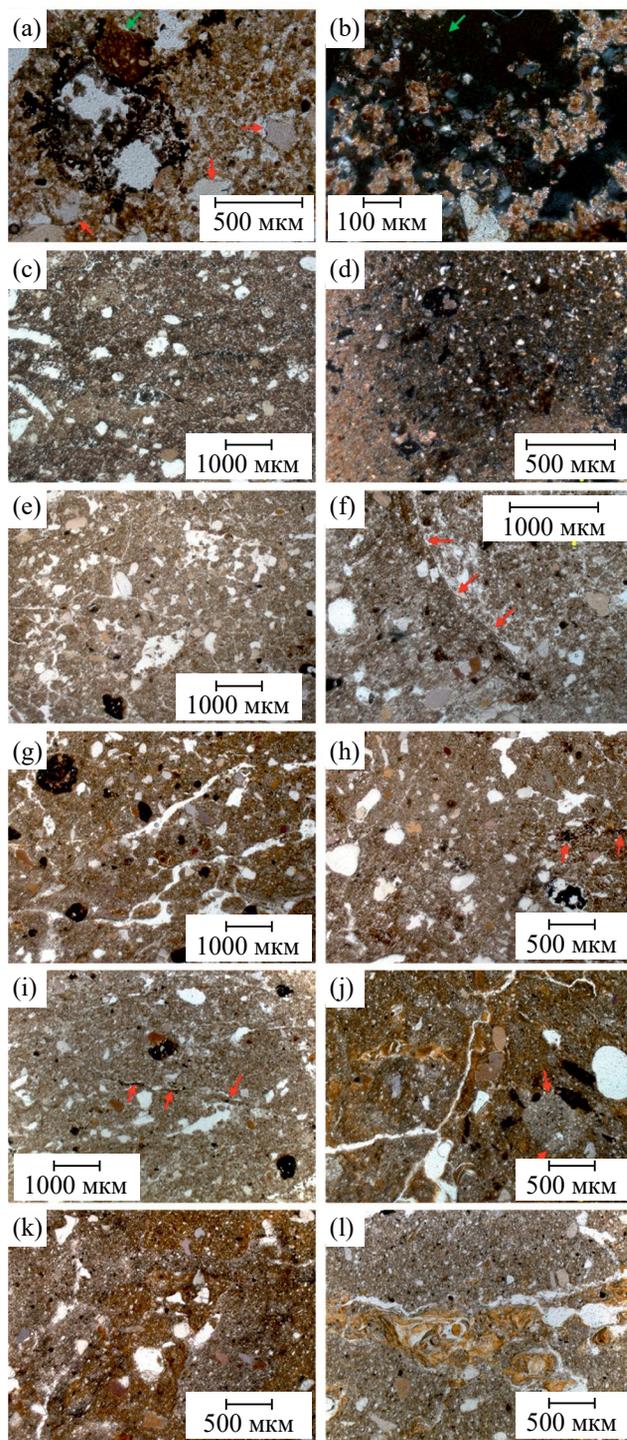


Рис. 3. Микроморфологическое строение горизонтов палеопочвы МИС 5е в Танеевском карьере. Объяснения даны в тексте. Только фото (b), (d) сняты с анализатором.

микрозоны с отчетливой зернистой структурой и наличием выбросов мезофауны в порах (рис. 3е). Карбонаты редки, приурочены к биогенным порам, это специфические крупноигльчатые выделения

либо тончайший слой окarbonаченных корневых клеток. Почвенная масса неоднородна по цвету, встречаются более бурые и более серые микрозоны рядом (рис. 3f, центр, стрелки).

Горизонт АЕ, 375–380, [20–25] см, демонстрирует четкую сеть субпараллельных пор-трещин, делящих почвенную массу на пластинчатые структурные отдельные, в основной массе хорошо видны осветленные микрозоны – силтаны (рис. 3g, серые полосы на рыжем фоне), иногда силтаны и гумусово-Fe-глинистые кутаны залегают рядом. Также много Fe–Mn пятен разбросано в почвенной массе. В биогенных порах еще единично встречаются карбонатные кутаны, а также угли, и их много (рис. 3h). Почвенная масса неоднородна в этом горизонте, незакономерно переплетаются микрозоны разнородных материалов, более и менее окрашенных оксидами железа и по-разному уплотненных (рис. 3h, нижняя и верхняя половины соответственно). По границе внедрения одного материала в другой виден прослой угольной пыли (рис. 3h, стрелки), маркирующий разные делювиальные слои.

Горизонт Е, 380–397 [25–42] см, характеризуется светло-палевой окраской, основная масса обезжелезнена, в ней разбросаны обособленные мелкие (не более 0.5 мм в диаметре) округлые Fe–Mn пятна, а также угольная пыль, иногда образующая тончайшие прослойки (рис. 3i, стрелки). В порах и среди основной массы отмечаются скопления “отмытых” зерен кварца. Единично встречено разрозненное карбонатное стяжение, но в целом почвенная масса бескарбонатна. Материал неоднородный, четко видна микрослоистость, иногда вдоль границы слоев четко читаются скелетаны.

Горизонт ЕВ, 397–420, [42–65] см, оставляет двойное впечатление. С одной стороны, здесь еще хорошо развиты обесцвеченные микрозоны тонкодисперсной массы, но они часто имеют неестественно ровные границы (рис. 3j, стрелки) и четко видны внедрения более глинистого бурого материала. С другой, есть микрозоны с бурой глиной и приуроченными к ней гумусово-Fe-глинистыми кутанами и пятнами Fe–Mn оксидов (рис. 3j, центр и левая часть). Но и здесь видны микрозоны внедрения материала более крупнозернистого и обезжелезненного, эти фрагменты имеют произвольную форму, материал в целом разбит трещинной сетью, которая сечет как бурые, так и светлые фрагменты.

В горизонтах Вt1, 420–450, [65–95] см, Вt2, 450–520, [95–165] см, происходит смешивание высокоглинистого (более глинистого, чем в вышележащих горизонтах) материала с пылеватым, бурого и серого соответственно (рис. 3k), причем последний похож на тот, что мы видели выше в горизонтах Ah–ЕВ, а высокоглинистый – это новый

материал, который в незначительном количестве уже присутствовал в вышележащем горизонте ЕВ. В буром материале множество Fe-глинистых кутан, их число и мощность здесь достигают профильного максимума, кутаны показывают несколько генераций или этапов накопления (рис. 3l). Сверху вниз по иллювиальной части профиля увеличивается выраженность и все более темная окраска пятен Fe–Mn оксидов. Ориентировка тонкодисперсной бурой массы – чешуйчатая, местами – перекрестно-волоконистая. По очертаниям и обособленности такие внедрения непохожи на силтану, а скорее здесь смешение пылеватого материала и более глинистого. Отмечается и криогенная сортировка материала: зерна крупнопесчаного размера в поре, иногда такие зерна покрыты Fe-глинистой кутаной.

В нижнем горизонте Вt3, 520–540, [165–185] см, по микроморфологическим признакам хорошо прослеживается литогенная матрица, что читается по сходству размеров и формы зерен минерального скелета и наличию зерен глауконита, а также постшлировой текстуры основной массы, как наблюдалось в подстилающем позднемосковском лёссе (МИС 6). Но при этом есть значительные отличия: горизонт бескарбонатный, за исключением присутствия редких удлиненных зерен литогенных карбонатов; имеются тонкие, почти неслоистые, часто фрагментарные Fe-глинистые кутаны в мелких порах, реже – вокруг зерен минерального скелета, иногда цвет кутан становится практически черным за счет примеси Fe–Mn оксидов, много пятен Fe–Mn оксидов и в основной массе. Отмечается лишь чешуйчатый тип оптической ориентации тонкодисперсной массы.

Позднемосковский лёсс представлен в основном пылеватым и меньше – глинистым материалом, но с заметной долей мелко- и среднеспесчаных практически неокатанных зерен. Хорошо выражена слоеватая постшлировая текстура в сложении материала, при этом поры-ваги не имеют никаких покровов, а биогенные округлые поры (ходы корней) заняты карбонатными скрытокристаллическими кутанами. Тип оптической ориентации тонкодисперсной массы лёсса недифференцированный, а в местах аккумуляции карбонатов – кристаллитовый. Часто поверх карбонатных кутан либо в основной массе наблюдаются дендритоподобные Fe–Mn пятна, а также имеются перекристаллизованные, представленные спаритом, карбонатные стяжения. Среди зерен минерального скелета присутствует глауконит и множество удлиненных и округлых зерен литогенного кальцита, что указывает на примесь коренных (палеогеновых и карбоновых) пород в лёссе.

Физико-химические характеристики. Данные гранулометрического состава почвы МИС 5е и подстилающего ее позднемосковского лёсса (рис. 4а)

хорошо коррелируют с микроморфологическими наблюдениями и четко показывают неоднородность литогенной матрицы для изучаемого профиля. В верхней части профиля, включая горизонт ЕВ, гранулометрический состав легкосуглинистый с резким преобладанием фракции крупной пыли (53–57%), мелкий песок и мелкая пыль находятся примерно в равных соотношениях, по 11–16%, ил при этом составляет 3–8%, достигая профильного минимума в горизонтах Е, ЕВ (около 3%). Ниже, в горизонте Вt1, резко снижается фракция крупной пыли (42–43%) и увеличивается – илистой фракции (21–22%), гранулометрический состав становится среднесуглинистым, сохраняясь таким до нижней границы горизонта Вt3. Обращает на себя внимание заметное снижение доли песка (как мелкого, так и особенно среднего) в горизонтах Вt2–Вt3. Если обособленно рассмотреть совокупность горизонтов Вt почвы МИС-5е, четко видна слоистость этой толщи по илу и содержанию песчаных фракций, отличающаяся от позднемосковского лёсса. В лёссе гранулометрический состав легкосуглинистый, увеличивается доля песчаных фракций, падает содержание илистой фракции, хотя и не достигает тех значений, как в горизонтах Вt.

По *распределению углерода органического* ($C_{орг}$) значения от 0.5 до 0.2% получены для верхней гумусовой части профиля межледниковой почвы (рис. 4б). В горизонте ЕВ значения нулевые. Необходимо обратить внимание на небольшие увеличения содержания $C_{орг}$, чередующиеся с нулевыми значениями этого показателя в горизонтах Вt почвы МИС 5е и лёссе.

В *распределении углерода карбонатов* ($C_{карб}$) отмечается небольшой пик его содержания в пирогенном слое Аруг, 0.4%, затем снижение в горизонтах

Ah+AE до 0.1% (рис. 4б). $C_{карб}$ остается на уровне 0.1% по всему профилю и резко увеличивается в лёссе, 0.9–1.1%.

Магнитная восприимчивость показывает закономерный пик в пирогенном слое (рис. 4с), величина МВ достигает здесь почти 100×10^{-8} ед. СИ и намного превышает остальные значения в профиле. Еще одно повышенное значение МВ приурочено к горизонту Вt1, 420–435 см, что совпадает с резкой сменой гранулометрического состава в рассматриваемом профиле и сменой внешнего облика материала по микроморфологическим наблюдениям. В московском лёссе значения МВ самые низкие и одинаковые, не превышают 13×10^{-8} ед. СИ.

Спорово-пыльцевой анализ показал, что верхние горизонты погребенной почвы содержат пыльцу и споры, однако их концентрация очень низка (рис. 5). Все образцы содержали также большое количество микроскопического древесного угля и фитолитов, в том числе обугленных.

В горизонте АО (355–357(360) или [0–3(5)] см) пыльца практически отсутствовала, были встречены только единичные пыльцевые зерна.

В спектрах образцов из горизонта Ah (357(360)–375 или [3(5)–20] см) древесные составляют 53–72% от общего спектра. Доминантами являются сосна и береза, в очень небольшом количестве (менее 5%) встречены ель, дуб, лещина, ольха, вяз. Пыльца травянистых таксонов составляет 21–33% общего спектра, среди них помимо диких злаков заметно участие степных таксонов, таких как полынь (*Artemisia*) – до 12%, сложноцветные (*Asteraceae*) – до 3%, маревые (*Chenopodiaceae*), василистник (*Thalictrum*), камнеломка (*Saxifragatype*) и злаки с крупной пыльцой (более 40 мкм). Отмечены водные таксоны – рогоз (*Typha latyfolia*),

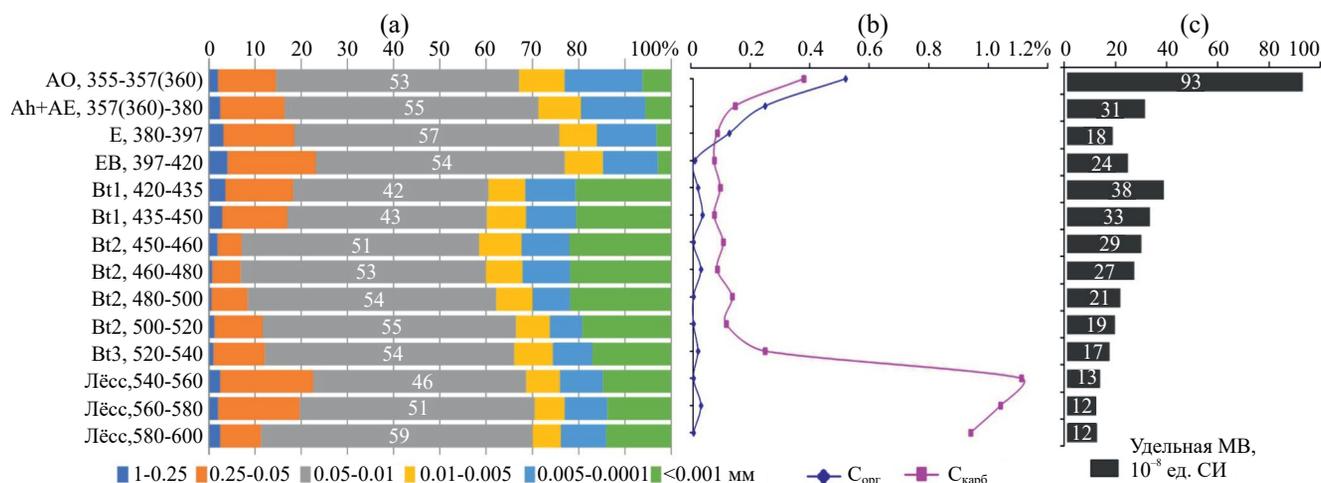


Рис. 4. Гранулометрический состав (а), содержание углерода органического и карбонатного (б), величины удельной магнитной восприимчивости (с) в профиле палеопочвы МИС 5е в Танеевском карьере.

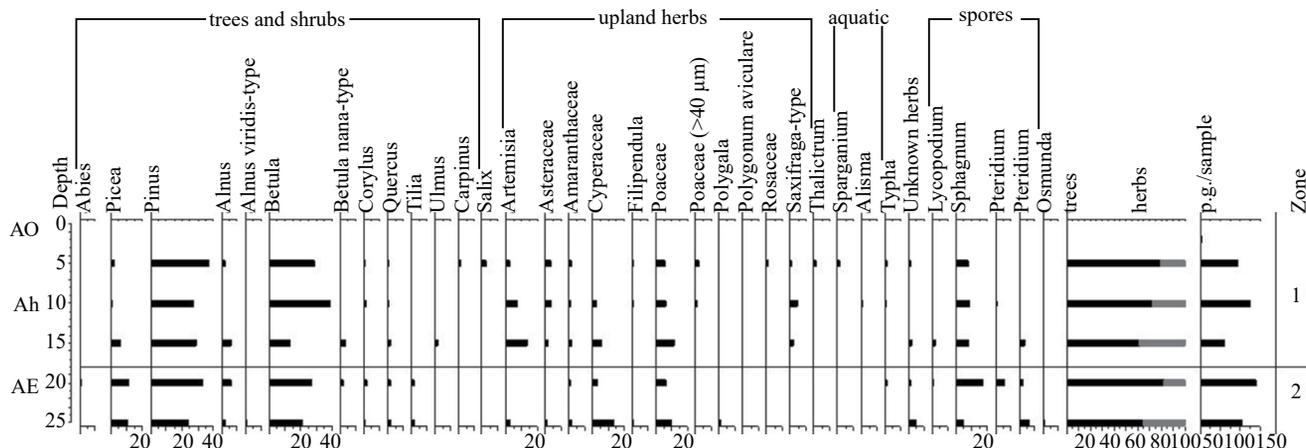


Рис. 5. Спорово-пыльцевая диаграмма образцов из гумусовых горизонтов рышковской палеопочвы в Танеевском карьере. Участие пыльцевых таксонов представлено в процентах от общей суммы пыльцы, участие споровых – в процентах от суммы пыльцы и спор.

ежеголовник (*Sparganium*), частуха (*Alisma*). Споры немногочисленны (7–13%) и представлены в основном сфагновыми мхами.

В горизонте АЕ (375–380 или [20–25] см) древесные составляют 57–65% от общего спектра. Доминирует сосна (*Pinus sylvestris*) и береза (*Betula alba-type*) – примерно по 20%. Кроме того, заметно присутствие ели (*Picea*) – около 9% и ольхи (*Alnus*) – 2–5%. Единично встречены дуб (*Quercus*), липа (*Tilia*) и лещина (*Corylus*). Травянистые составляют 10–30% от общего спектра, в основном за счет злаков (*Poaceae*) и осоковых (*Cyperaceae*), остальные таксоны встречены единично. Среди споровых, составляющих 11–25%, преобладают сфагновые мхи (*Sphagnum*), единично встречены споры плаунов (*Lycopodium*) и папоротников из семейств *Polypodiaceae*, орляка (*Pteridium*) и осмунды (*Osmunda*).

ОБСУЖДЕНИЕ

На основе макроморфологических наблюдений по катене (разрезы 1–4), микроморфологического строения, данных спорово-пыльцевого и физико-химических анализов в разрезе 3 в профиле рышковской палеопочвы можно выделить четыре разнородные и, по-видимому, разновозрастные толщи, отличающиеся по исходной литогенной матрице: 1) Vt3/BC–C; 2) Vt1–Vt2; 3) АЕ–Е–ЕВ; 4) Аруг–АО–Аh.

И хотя рышковская палеопочва образована в целом на позднемосковском лёссе, ее литологическая матрица не оставалась неизменной вследствие разной истории взаимодействия таких групп процессов, как эолового, склонового (солифлюкционного и делювиального) осадконакопления, инициального и межледникового почвообразования.

Горизонт Vt3 в разрезе 3 и горизонт BC в разрезе 4 сформированы на позднемосковском карбонатном лёссе С. В горизонтах ЕВ–Vt1–Vt2 к пылевато-лёссу добавляется бурая глинистая масса, практически не содержащая Fe-глинистых кутан. Начиная с горизонта Е вверх, идет пылевато-песчаный материал, в нем доля песчаных фракций достигает максимума. В горизонтах Аруг–АО–Аh в пылевато-песчаном материале в заметном количестве появляются пирогенные продукты (зола и угли, пирогенные карбонаты). По гранулометрическому составу эти горизонты не отличаются от нижележащей элювиальной толщи. Практически во всех горизонтах профиля почвы видны внедрения разнородного материала, подробно описанные.

По данным гранулометрического состава читается литологический разрыв на уровне кровли горизонта Vt1, фиксируемый не только по резкому (в 7 раз) увеличению доли илистой фракции, но и по снижению доли среднего и мелкого песка, это снижение особенно заметно в горизонте Vt2 (в 3–6 раз) по сравнению с горизонтом ЕВ. Затем такой же разрыв виден и между слоями лёсса и подошвой горизонта Vt3.

По распределению $C_{орг}$ обнаруживаются максимум его содержания в гумусовом профиле (горизонтах АО–Е) и небольшие повышения показателя в некоторых частях горизонтов Vt и лёссе. Последнее указывает на добавление не только глинистого, но и обогащенного органическим веществом материала к материалу указанных горизонтов.

В распределении $C_{карб}$ так же, как по микроморфологическим наблюдениям, хорошо фиксируется пирогенный пик его накопления [1], который закономерно не достигает величин содержания $C_{карб}$ в лёссе. Этот пик подтверждается и по

распределению величин МВ, в горизонте АО величины удельной МВ в 3 раза превышают самые высокие значения этого показателя в целом по профилю. Из литературных данных хорошо известно и описано обогащение магнитной минеральной фракцией почв и культурных слоев в результате пирогенного воздействия [32, 33, 38].

Пыльцевые спектры верхней части гумусового профиля (горизонты АО и Ah) рышковской почвы отражают растительность заключительной фазы межледниковья и перехода к раннеледниковью — сочетание сосновых и березовых лесов с участками тундрово-степных сообществ. В нижней части гумусового профиля (горизонт АЕ) пыльцы степных трав меньше, кроме сосны и березы присутствует пыльца ели и широколиственных деревьев (липа, дуб, вяз, граб), а также споры лесных папоротников и плаунов. Спектры этого горизонта представляют собой смесь разновременной пыльцы, сформировавшуюся в результате почвенных и слаботекущих делювиальных процессов, поэтому они не отражают определенный тип растительности. Однако они дают основание утверждать, что в предыдущие фазы межледниковья в растительном покрове присутствовали более теплолюбивые еловые и широколиственные леса.

Интерпретация. Сопоставление ОСЛ-дат, полученных для рышковской палеопочвы в карьерах: Александровском (127 ± 8 тыс. л.н. в основании горизонта Vt) и Танеевском (123 ± 16 тыс. л.н. в горизонте EB), указывает на высокие скорости осадконакопления, относящегося к одному седиментационному этапу в московском позднеледниковье. Ему предшествовало не только эоловое накопление лёсса, но и заложение малых эрозионных форм рельефа двух генераций вследствие деградации московской криолитозоны [25].

Нижний литологический разрыв по кровле горизонта Vt3, вероятно, связан с границей вреза палеоложбины (ПМЭФ Па), смещенной относительно перигляциального оврага (ПМЭФ I) вверх по склону. Верхняя эрозионная граница на уровне кровли горизонта Vt1 — следствие ускорения плоскостной эрозии в самом конце московского позднеледниковья при переходе к межледниковью.

Заполнение палеоложбины и формирование литогенной матрицы для горизонтов Vt1 и Vt2 отражает высоко динамичные палеогеоморфологические условия московского позднеледниковья. Изучаемые разрезы 1–3 расположены в палеоложбине, куда по склонам и тальвегу стекался, отлагался и сохранялся, прежде всего, тонкий иловатый, слегка обогащенный органическим веществом материал, образованный из инициальных почв московского позднеледниковья (с этим связано незначительное обогащение органикой частей горизонтов Vt). Данный процесс можно

назвать криогенно-латеральной или склоновой сепарацией мелкозема по гранулометрическому составу. Предлагается следующее объяснение. В валдайское позднеледниковье в перигляциальной обстановке образовывались слаборазвитые (инициальные) почвы, описанные в лёссах на юге Московской области [11, 16], в Воронежской области [19] и в других районах [8]. В разрезе верхнепалеолитической стоянки Костенки 11 в Воронежской области выделено пять таких почв с профилями, состоящими из двух горизонтов: АВ или В и Вк (по наблюдениям С.А. Сычевой). Наличие профиля и особых трещиноватых границ верхнего бурого горизонта показывает, что это — именно инициальные почвы, а не делювиальные прослойки. Верхний горизонт почв более ожелезнен и оглинен, чем разделяющие лёссовидные слои, и, возможно, был слегка гумусирован. Почвы отражают теплые фазы кратковременных климатических ритмов, имевших место в столь динамичное время, как позднеледниковье. В педогенную фазу ритма инициальные почвы образовывались, а затем в морфолитогенную фазу материал их верхних горизонтов сносился и переоткладывался ниже по склону и/или накапливался в днищах ложбин или балок, периодически промерзая, создавая поясковую текстуру в нижних частях. При вытаивании льдистых прослоев криогенная сепарация приводила к чередованию супесчаного алеврита с более глинистыми прослоями — создавалась постшлировая текстура.

При формировании третьей толщи — материнской породы горизонтов EB—E—AE — принимали участие эоловое осадконакопление и склоновое перемещение частиц в конце московского позднеледниковья. В микулинское межледниковье морфолитогенные процессы продолжались, но уже без участия криогенеза и инициального почвообразования.

Накопившийся новый эоловый нанос, имевший облегченный гранулометрический состав (крупная пыль и мелкий песок переносится ветром легче, чем мелкозем илистой фракции), в завершающий этап позднеледниковья и в начале межледниковья был зафиксирован процессами усиливающегося зонального элювиально-иллювиального почвообразования под лесными биоценозами. Оподзоливание и лессиваж способствовали вертикальной сортировке мелкозема: обеднению илистой фракцией горизонтов E и EB и обогащению горизонта Vt. Формировался единый профиль AE—E—Vt с серией переходных подгоризонтов, оттеняя литогенную текстурную дифференциацию, охватывая значительную мощность лёссовых пород (от 1 до 2 м), зависящую от энергетики климата межледниковья, положения в микро- и мезорельефе и особенностей материнских пород.

Горизонты АО—Ah и, возможно, самый верх АЕ (четвертая толща), возобновляемые в межледниковье, также вносят свою лепту в усиление текстурной дифференциации профиля. После пожаров, которые являются необходимым механизмом функционирования лесных экосистем, периодически возобновлялся латеральный перенос мелкозема в микулинском межледниковье, протекающий даже на слабонаклонных поверхностях плакоров (с углом больше 2°—3°). Это подтверждается результатами микроморфологического и спорово-пыльцевого анализов верхней части профиля рышковской палеопочвы, особенно в днищах палеоформ, где отмечаются признаки литогенной (делювиальной) слоистости. Слоистость не успевала “стираться” биогенными и химическими процессами. Такую картину наблюдали и в гумусовом горизонте рышковской палеопочвы в Александровском карьере [28]. Продукты склонового переноса в межледниковье накапливались в нижних частях склонов или во вновь образованных депрессиях (промоинах, донных оврагах), слагая межледниковые почвенно-седиментационные архивы [27].

В четвертой толще обнаруживаются следы быстротекущих процессов, характерных для самого конца межледниковья и даже начала раннеледниковья (тонкая постшлировая текстура, многочисленные доказательства неоднократных лесных пожаров: угли, кремнево-карбонатные конкреции (золы), пятна обожженного суглинка). По данным спорово-пыльцевого спектра отмечено появление тундрово-степных сообществ.

На основе стратиграфического и катенно-латерального подходов установлено, что история формирования литогенной основы будущего профиля межледниковой рышковской палеопочвы начинается в московском позднеледниковье с отложения лёсса (разрезы 3, 4) и образования перигляциальных оврагов (разрез 1).

История формирования литогенной матрицы рышковской палеопочвы (четырёх толщ) включает следующие этапы морфо-лито-крио-педогенеза:

I. Образование материнской породы нижней толщи (С—ВС—Vt3) в московское позднеледниковье:

1. Накопление лёсса (первая толща), промерзание и формирование шлировой текстуры вместе с криогенной сепарацией гранулометрического состава лёссовых пород.

2. Образование инициальных почв (небольшая дифференциация по гранулометрическому составу).

3. Деградация криолитозоны и заложение перигляциальных оврагов — ПМЭФ I (врезание и быстрое заполнение их делювиально-солифлюкционными суглинками со слоистой текстурой);

II. Накопление второй толщи — материнской породы для горизонтов Vt2 и Vt1 во вторую половину московского позднеледниковья:

1. Новый этап накопления лёсса эолово-делювиальным путем.

2. Образование инициальных почв.

3. Новый этап врезания и образование на борту перигляциального оврага позднемосковской палеоложины — ПМЭФ IIa.

4. Постепенное заполнение формы переотложенным материалом инициальных палеопочв, криогенная сепарация материала и формирование поэтому более тяжелого по гранулометрическому составу слоя — литогенной основы верхней части иллювиальных горизонтов.

III. Тектурная дифференциация с периодическим добавлением нового эолового и делювиального мелкозема в самом конце позднеледниковья и формирование литогенной матрицы для третьей толщи для горизонтов EB—E—AE в результате эолового переотложения, послепожарной эрозии почв и с участием биогенной турбации в межледниковье. В начале термохрона тип профиля рышковской палеопочвы с системой горизонтов Ah—AE—EB— возобновлялся и поддерживался даже на более крутых склонах, хотя и значительно сокращался по мощности (разрез 4). Это основной период создания текстурно-дифференцированного профиля и сохранения палеоложины — микулинской ПМЭФ IIb, унаследованной от ПМЭФ IIa. Отличие от материала горизонтов Vt — более легкий гранулометрический состав достигается за счет отсутствия многолетней мерзлоты и криогенной сепарации, а также добавления эолового компонента.

IV. Биогенное накопление с добавлением литогенного материала в результате турбации и участия эрозионно-аккумулятивных процессов в межледниковье — формирование литогенной основы верхней толщи (AE—Ah—AO).

V. Катастрофический пожар — образование пирогенного слоя Аруг в конце межледниковья.

Таким образом, следует различать генезис, время и историю формирования материнских пород для разных горизонтов: Vt, E, Ah — и создание единого профиля межледниковой почвы.

В валдайское (вюрмское, вейхселийское, вислинское) позднеледниковье формировалась материнская порода будущих иллювиальных и отчасти элювиальных горизонтов современной голоценовой почвы [34, 37]. В московское позднеледниковье создавалась аналогичная ситуация — закладывалась новая геоморфологическая основа для межледниковых ландшафтов (ПМЭФ I, затем ПМЭФ II), и накапливалась материнская порода для рышковских текстурно-дифференцированных почв

микулинского межледниковья [26]. В ее генезисе принимали участие не только эоловое и делювиальное осадконакопление, но и криогенные, склоновые, почвенные процессы.

Почвенный профиль, как единая система парагенетических горизонтов — зональный тип дерново-подзолистых и серых лесных почв, — исключительно продукт межледниковья. До межледниковья это была лишь слоистая или скрытослоистая лёссовая порода, и только в межледниковье она превратилась в текстурно-дифференцированную полнопрофильную зональную почву. Дифференциация на горизонты А–Е–Вt протекает и в межледниковье, что подтверждается нахождением дерново-подзолистых, серых лесных почв, развитых на вновь образованных поверхностях (на голоценовых отложениях в поймах рек и днищах балок), а также деградацией раннеголоценовых черноземов и преобразованием их в серые лесные почвы [3, 23, 31, 40].

Рышковская палеопочва, изученная в Танеевском карьере, как и аналогичная в Александровском карьере, запечатлела всю сложную историю почвообразования, а также важные моменты в жизни почв и ландшафтов в самом конце микулинского межледниковья и в начале валдайского раннеледниковья. Свойства верхней части гумусовых горизонтов рышковской палеопочвы демонстрируют следы сильных лесных пожаров, возникших, вероятно, в результате продолжительных весенне-летних засух, особенно катастрофических в сосново-березовых лесах на склонах в пересеченной местности. Биогеоценозы в конце межледниковья не смогли пережить подобные неоднократные катаклизмы не только в результате сильной эрозии, вызвавшей денудацию почв в водосборе и захоронение рышковской палеопочвы в днищах и на склонах палеоформ, но и наступившего в скором времени значительного похолодания. Эти события еще предстоит испытать в будущем современным голоценовым почвам и ландшафтам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложена новая концепция образования литологической матрицы текстурно-дифференцированных почв микулинского межледниковья. Определены ОСЛ-возраст и механизм образования материнской породы рышковской палеопочвы предпоследнего межледниковья (МИС 5e) — позднемосковского лёсса. В предмикулинское время (московское позднеледниковье) происходило прерывистое эоловое осадконакопление, чередующееся с инициальным почвообразованием и криогенно-склоновым переносом мелкозема, тем самым отражая структуру кратковременных климатических ритмов. В холодные и сухие фазы ритмов накапливались пылеватые наносы. В холодные

и влажные фазы происходило делювиально-солифлюкционное переотложение мелкозема. В теплые фазы формировались инициальные почвы, которые разрушались, а продукты их разрушения переоткладывались ниже по склону. В итоге это привело к образованию трех литогенных толщ к началу межледниковья: верхней — облегченной, срединной — наиболее тяжелой по гранулометрическому составу и нижней — среднесуглинистой (лёсса). На трехчленной матрице в межледниковье, благодаря биогенным и почвенным процессам, стала образовываться палеопочва (рышковская) с профилем Ah–AE–E–Bt–BC. В межледниковье система верхних горизонтов постоянно возобновлялась. Процессы плоскостной эрозии хотя и замедлились, но не прекратились полностью и в термохрон, что отразилось в характеристиках горизонтов Ah и AE.

Налаженный механизм устойчивого межледникового почвообразования был безвозвратно нарушен в конце термохрона вследствие катастрофических пожаров. В это время формируется четвертая — биогенная толща: Aруг–АО–Ah. Последующая ускоренная эрозия на водосборе и похолодание привели к тому, что почва была погребена над наносом в депрессиях и геоморфологических узлах-ловушках и частично денудирована на более высоких поверхностях склонов и межбалочных водоразделов.

Предложенная концепция является компромиссом между почвенной и литогенной гипотезами образования текстурно-дифференцированных почв, не противоречит каждой из них, а дополняет предшествующие. Она может быть использована для объяснения генезиса материнской породы (позднеледниковья) и текстурной дифференциации современных голоценовых почв.

Результаты изучения рышковской палеопочвы в разрезе и в катене (в днище и на склонах палеоложебины) впервые показали сложность палеоэкологической обстановки московского позднеледниковья, характеризовавшегося не только нарастающей ролью почвообразования, но высокодинамичным характером эоловых и криогенно-склоновых процессов.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Приносим свою благодарность О.А. Герасимовой, А.Л. Захарову, П.Г. Панину, К.Е. Пустовойтову, Н.В. Сычеву, принимавших участие в подготовке разрезов и отборе образцов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Полевые и лабораторные исследования выполнены при поддержке РФФИ, проект 19-29-05024 мк. Данная статья написана в рамках выполнения

проекта РНФ, № 23-17-00073 и государственных заданий Института географии РАН ААА-А-А19-119022190169-5 (FMGE-2019-0006) и Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН 122040500036-9.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

В данной работе отсутствуют исследования человека или животных.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Александровский А.Л.* Пирогенное карбонатообразование: результаты почвенно-археологических исследований // Почвоведение. 2007. № 5. С. 517–524.
2. *Александровский А.Л.* Эволюция почвенного покрова Русской равнины в голоцене // Почвоведение. 1995. № 3. С. 290–297.
3. *Александровский А.Л.* Этапы и скорость развития почв в поймах рек центра Русской равнины // Почвоведение. 2004. № 11. С. 1285–1295.
4. *Александровский А.Л., Таргульян В.О., Черкинский А.Е., Чичагова О.А.* Новые данные о возрасте и эволюции дерново-подзолистых почв на покровных суглинках // Доклады АН СССР. 1990. Т. 310. № 2. С. 454–457.
5. *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/10.31857/S0032180X22020022>
6. *Алифанов В.М., Гугалинская Л.А., Ковда И.В.* К истории почв центра Русской равнины // Почвоведение. 1988. № 9. С. 76–84.
7. *Антонова З.П., Скалабян Л. Г., Сучилкина Л.Г.* Определение содержания в почвах гумуса // Почвоведение. 1984. № 11. С. 130–133.
8. *Голубцов В.А., Рыжов Ю.В., Кобылкин Д.В.* Почвообразование и осадконакопление в Селенгинском среднегорье в позднеледниковье и голоцене. Иркутск: Изд-во Ин-та географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2017. 139 с.
9. *Градусов Б.П.* Процессы дифференциации твердой фазы дерново-подзолистых суглинистых почв. Гл. 2 // Почвообразовательные процессы. М.: Почв. ин-т им В.В. Докучаева. 2006. 510 с.
10. *Гугалинская Л.А., Алифанов В.М.* Морфолитопедогенез и неотектоника // Почвоведение. 1995. № 9. С. 1061–1070.
11. *Гугалинская Л.А., Алифанов В.М., Фоминых Л.А.* Концепция формирования профиля почв гумидной области Русской равнины // Пространственно-временная организация и функционирование почв. Пушино, 1990. С. 83–92.
12. *Зайдельман Ф.Р.* Теория образования светлых кислых элювиальных горизонтов почв и ее прикладные аспекты. М.: КРАСАНД, 2010. 239 с.
13. *Каздым А.А., Корякова Л.Н., Ковригин А.А., Берсенева Н.А.* Петрографическое и минералогическое исследование “зольников” Павлинова городища (V в. до н.э., Курганская область) // Минералогия техногенеза. 2003. Т. 4. С. 198–203.
14. *Макеев А.О.* Гипотеза формирования профиля суглинистых подзолистых почв Русской равнины // Бюл. Почв. ин-та. 1983. Вып. 32. С. 21–25.
15. *Макеев А.О.* Поверхностные палеопочвы лёссовых водоразделов Русской равнины. М.: Молнет, 2012. 260 с.
16. *Овчинников А.Ю., Худяков О.И., Хохлова О.С., Макшанов А.М.* Палеокриогенез и эволюция дерново-подзолистых почв таежной зоны севера Восточно-Европейской равнины // Почвоведение. 2023. № 12. С. 1596–1611.
<https://doi.org/10.31857/S0032180X23600506>
17. *Прокашев А.М.* Генезис и эволюция почв бассейна Вятки и Камы (по палеопочвенным данным). Киров: Изд-во ВятГГУ, 2009. 386 с.
18. *Роде А.А.* Генезис почв и современные процессы почвообразования. М.: Наука, 1984. 256 с.
19. *Седов С.Н., Синицын А.А., Лев С.Ю., Бессуднов А.А., Бессуднов А.Н., Сычѐва С.А., Романис Т.В., Шейнкман В.С., Коркка М.А.* Отражение вековых и тысячелетних изменений природной среды в палеопочвах верхнепалеолитических стоянок Восточно-европейской равнины в МИС 3 и МИС 2 // Геоморфология. 2022. Т. 53, № 5. С. 69–77.
<https://doi.org/10.31857/S0435428122050157>
20. *Соколов И.А.* О генезисе, диагностике и классификации почв с текстурно-дифференцированным профилем // Почвоведение. 1988 № 11. С. 32–41.
21. *Соколов И.А.* Почвообразование и экзогенез. М.: Почв. ин-т им. В. В. Докучаева, 1997. 244 с.
22. *Соколов И.А., Макеев А.О., Турзина Т.В., Верба М.П., Кулинская Е.В.* К проблеме генезиса почв

- с текстурно-дифференцированным профилем // Почвоведение. 1983. № 5. С. 129–142.
23. Сычева С.А. Малый климатический оптимум и малый ледниковый период в памяти почв и отложенный пойм рек Русской равнины // Изв. РАН. Сер. географ. 2011. № 1. 79–93.
 24. Сычева С.А. Новые данные о строении и эволюции мезинского лёссово-почвенного комплекса // Почвоведение. 1998. № 10. С. 1177–1186.
 25. Сычева С.А. Палеомерзлотные события в перигляциальной области Русской равнины в конце среднего и в позднем плейстоцене // Криосфера Земли. 2012. Т. 16. № 4. С. 45–56.
 26. Сычева С.А. Погребенный микулинско-валдайский рельеф и развитие междуречий Среднерусской возвышенности в позднем неоплейстоцене // Геоморфология. 2007. № 1. С. 88–105.
 27. Сычева С.А., Пушкина П.Р., Гольева А.А., Хохлова О.С., Горбачева Т.Д., Ковда И.В. Стадийность развития рышковского педолитокомплекса (127–117 тыс. лет) как смена благоприятных и экстремальных условий в завершённом межледниково-ледниковом цикле (Александровский карьер, 2011) // Почвоведение. № 1. 2024. С. В печати.
 28. Сычева С.А., Седов С.Н., Бронникова М.А., Таргульян В.О., Соллейро-Реболledo Э. Генезис, эволюция и катастрофическое захоронение рышковской палеопочвы микулинского межледниковья (МИС 5e) // Почвоведение. 2017. № 9. С. 1027–1046. <https://doi.org/10.7868/S00332180X17090076>
 29. Таргульян В.О., Соколова Т.А., Бирин А.Г. и др. Организация, состав и генезис дерново-палево-подзолистой почвы на покровных суглинках. М.: ИГАН, 1974. 109 с.
 30. Тонконогов В.Д. Глинисто-дифференцированные почвы Европейской России. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 1999. 156 с.
 31. Чендев Ю.Г., Александровский А.Л., Хохлова О.С., Дергачева М.И., Петин А.Н., Голотвин А.Н., Сарпулкин В.А., Земцов Г.Л., Уваркин С.В. Эволюция лесного почвообразования на юге лесостепи Среднеоусской возвышенности в позднем голоцене // Почвоведение. 2017. № 1. С. 3–16.
 32. Blake W.H., Wallbrink P.J., Doerr S.H., Shakesby R.A., Humphrey G. S. Magnetic enhancement in wildfire-affected soil and its potential for sediment-source ascription // Earth Surface Processes and Landforms. 2006. V. 31. P. 249–264. <https://doi.org/10.1002/esp.1247>
 33. Jordanova N., Jordanova D., Mokreva A., Ishlyanski D., Georgieva B.. Temporal changes in magnetic signal of burnt soils – A compelling three years pilot study // Sci. Total Environ. 2019. V. 669. P. 729–738. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.173>
 34. Kleber A. Cover-beds as soil parent materials in midlatitude regions // Catena. 1997. V. 30. P. 197–213. [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(97\)00018-0](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(97)00018-0)
 35. Kleber A., Terhorst B. Mid-latitude slope deposits (Cover Beds) // Developments in Sedimentology. 2013. V. 66. 302 p.
 36. Lisiecki L.E., Raymo M.E. A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic D18O records // Paleoclimatology. 2005. V. 20. P. 1–17. <https://doi.org/10.1029/2004PA001071>
 37. Semmel A., Terhorst B. The concept of the Pleistocene periglacial cover beds in central Europe: A review // Quat. Int. 2010. V. 222. P. 120–128. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2010.03.010>
 38. De Sousa D.V., Rodet M.J., Duarte-Talim D., Teixeira W.G., Prous A., Vasconcelos B.N., Pereira E. Linking anthropogenic burning activities to magnetic susceptibility: Studies at Brazilian archaeological sites // Geoarchaeology. 2023. V. 38. P. 89–108. <https://doi.org/10.1002/gea.21941>
 39. Sycheva S., Frechen M., Terhorst B., Sedov S., Khokhlova O. Pedostratigraphy and chronology of the Late Pleistocene for the extra glacial area in the Central Russian Upland (reference section Aleksandrov quarry) // Catena. 2020. V. 194. P. 104689. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104689>
 40. Terhorst B. The influence of Pleistocene landforms on soil-forming processes and soil distribution in a loess landscape of Baden–Württemberg (south-west Germany) // Catena. 2000. V. 41. P. 165–179. [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(00\)00098-9](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(00)00098-9)

Cryogenic-Lateral Hypothesis for the Formation of Parent Rocks for Soddy-Podzols (a Case-Study of the Structure of Ryshkovo Paleosol (MIS 5e) in the Taneyev Quarry of the Kursk Region)

S. A. Sycheva^{1, *}, O. S. Khokhlova², E. G. Ershova³, T. N. Myakshina², and P. A. Ukrainskiy⁴

¹Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, Moscow, 119017 Russia

²Institute of Physicochemical and Biological Problems of Soil Science of the Russian Academy of Sciences, Pushchino, Moscow region, 142290 Russia

³Faculty of Biology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, 119991 Russia

⁴Belgorod State National Research University, Belgorod, 308015 Russia

**e-mail: sychevasa@mail.ru*

The paleosol (MIS 5e), Late Moscow loess (MIS 6), and buried small erosional landforms in the Taneyev quarry of the Kursk region were studied. Determination of the age and conditions of formation of the parent rock and a texturally differentiated soil was made for the Ryshkovo paleosol of the Mikulino Interglacial (MIS 5e) in the center of the East European Plain. Macro- and micromorphological analysis of the selected profile, spore-pollen analysis were carried out, the OSL age and physico-chemical properties were determined, and a facial analysis for a catena was carried out, making it possible to detail the history of the development of small erosional landforms, soils and landscapes. It can conclude that the differentiation of the profile of the studied paleosol into Ah–E–Bt horizons is a product of the Mikulino interglacial, but the prerequisites for such differentiation – the formation of parent rock, were created by slope and permafrost processes back in the Moscow Late Glacial. The lithological matrix of the Ryshkovo paleosol did not remain unchanged due to the different history of interaction of such groups of processes as aeolian, slope (solifluction and colluvial) sedimentation, initial and interglacial soil formation.

Keywords: texturally differentiated paleosols, slope transport, Moscow loess, initial soils, cryogenesis