

## СТАДИЙНОСТЬ РАЗВИТИЯ РЫШКОВСКОГО ПЕДОЛИТОКОМПЛЕКСА КАК СМЕНА БЛАГОПРИЯТНЫХ И ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ В ЗАВЕРШЕННОМ МЕЖЛЕДНИКОВЬЕ (МИС-5Е)

© 2024 г. С. А. Сычева<sup>а,\*</sup> (ORCID: 0009-0005-8835-0877), П. Р. Пушкина<sup>а</sup>, А. А. Гольева<sup>а</sup>  
(ORCID: 0000-0002-1162-3321), О. С. Хохлова<sup>б</sup> (ORCID: 0000-0002-8989-9395), Т. М. Горбачева<sup>с</sup>,  
И. В. Ковда<sup>д</sup> (ORCID: 0000-0003-1382-8600)

<sup>а</sup>Институт географии РАН, Старомонетный пер., 29, Москва, 119017 Россия

<sup>б</sup>Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,  
ул. Институтская, 2, Пушкино, Московская область, 142290 Россия

<sup>с</sup>Научно-исследовательский университет “Высшая школа экономики”,  
Покровский бул., 11, Москва, 109028 Россия

<sup>д</sup>Почвенный институт им. В. В. Докучаева, Пыжевский пер., 7, Москва, 119017 Россия

\*e-mail: sychevasa@mail.ru

Поступила в редакцию 20.06.2023 г.

После доработки 16.08.2023 г.

Принята к публикации 17.08.2023 г.

В 2011 г. в Александровском карьере (г. Курск, Россия) изучен рышковский педолитокомплекс микулинского межледниковья (МИС-5е), состоящий из трех–четырёх профилей почв, разделённых гумусированными педоседиментами. Нижняя почва – эродированная серая лесная, две средние – луговые в днище берегового оврага, средняя на палеосклоне – дерново-подзолистая и верхние слабообразованные почвы с элементами лесного почвообразования. Морфологическое, физико-химическое и микробиоморфное изучение строения педолитокомплекса на склоне и в днище погребенного берегового оврага, заполненного пролювиальными и аллювиально-делювиальными отложениями, позволило реконструировать не менее трех педогенных и четырех морфолитогенных этапов в МИС-5е, что значительно детализировало событийную историю межледниковья. В профиле рышковского педолитокомплекса хорошо выражен погребенный гумусовый горизонт нижней серой лесной почвы, отражающий более теплые климатические условия первой половины последнего завершённого межледниковья, по сравнению со второй. Почвообразование в трансаккумулятивных ландшафтах неоднократно прерывалось эрозивно-аккумулятивными процессами, что отражает нестабильность (ритмичность) климатической обстановки в микулинское (эмское) межледниковье и хорошо коррелирует с детальными записями других геологических архивов.

*Ключевые слова:* палеопочва, склон, овраг, межледниковье МИС-5е, фитоциты, этапы развития, Александровский карьер

DOI: 10.31857/S0032180X24010097, EDN: ZLGGLI

### ВВЕДЕНИЕ

Изучение палеокатен последнего (микулинского, эмского) межледниковья имеет большое значение для познания пространственно-временных закономерностей изменения почв, форм рельефа, палеоландшафтов и климата в полном межледниково-ледниковом цикле (от его начала в предшествующем московском позднеледниковье

до завершения и перехода к валдайскому раннеледниковью) [17, 23]. Плакорные лёссово-почвенные разрезы, на которых чаще базируются стратиграфические построения, интегрально отражают зональные характеристики палеоландшафтов и изменения климата крупных рангов, таких как межледниковье – оледенение, мегаинтерстадиал – стадиал [2, 3, 5]. Однако они не фиксируют локальные палеоэкологические условия и мелкие

климатические флуктуации в течение межледниковья. Изучение палеопочв в разрезах, расположенных на разных элементах рельефа, образующих геохимические сочетания почв и отложений – палеокатены на склонах, позволяет дополнить недостающие звенья палеогеографической истории и детализировать палеогеографические события. Педоседиментационные архивы склонов и депрессий дают возможность выйти на качественно новый временной уровень разрешения природных событий на суше в плейстоцене – тысячи лет.

Хорошо развитая палеопочва (салынская, рышковская на Русской равнине, бердская в Западной Сибири, гороховская в Подолии, кайдакская на Украине, нетулиско 1 в Польше, MF2 в Венгрии, вернетон и рокур в Бельгии, нижний член педокомплекса ПК III в Чехии и штильфрида А в Австрии и другие) последнего заверщенного межледниковья (микулино, эем) является наиболее распространенной и хорошо изученной из всех плейстоценовых палеопочв [7, 9, 11, 13, 20, 26, 28, 31, 32, 34, 38, 39]. Эта почва является важным стратиграфическим репером позднего плейстоцена (geosol, pedostratum) [3, 18].

Преимущественное нахождение почв последнего межледниковья на склонах и плакорах (длинных пологих склонах и древних террасах) в предгорьях, вследствие последующих эрозионных процессов, не способствовало сохранению их полного профиля. Как правило, в разрезах таких геоморфологических позиций присутствуют только горизонты Vt, реже E [25]. Верхние гумусовые горизонты полностью уничтожены различными денудационными процессами (эрозионными, эоловыми, солифлюкционными). На плакорах равнин в условиях слабой седиментации палеопочвы последующих ранневалдайских интерстадиалов наложены на эродированные межледниковые почвы, образуя педокомплекс (ПК III в Моравии, мезинский на Украине и в России, нетулиско в Польше). Вследствие этих двух причин говорить о стадийности развития почв в межледниковье, как это имеет место быть в голоцене [1, 24], не представлялось возможным.

Однако результаты изучения различных геологических архивов (озерно-болотных, океанических, ледовых) показали, что климатические условия межледниковья были непостоянными [12, 21, 27]. На фоне короткопериодных климатических изменений внутри межледниковья выделяются два крупных похолодания и три потепления, а первая половина межледниковья часто характеризуется более теплым климатом по сравнению со второй. Это отражено, в частности, в ледовой записи МИС-5е в керне из скважины, пробуренной в Гренландии, где выделены дополнительные подстадии в МИС-5е [30].

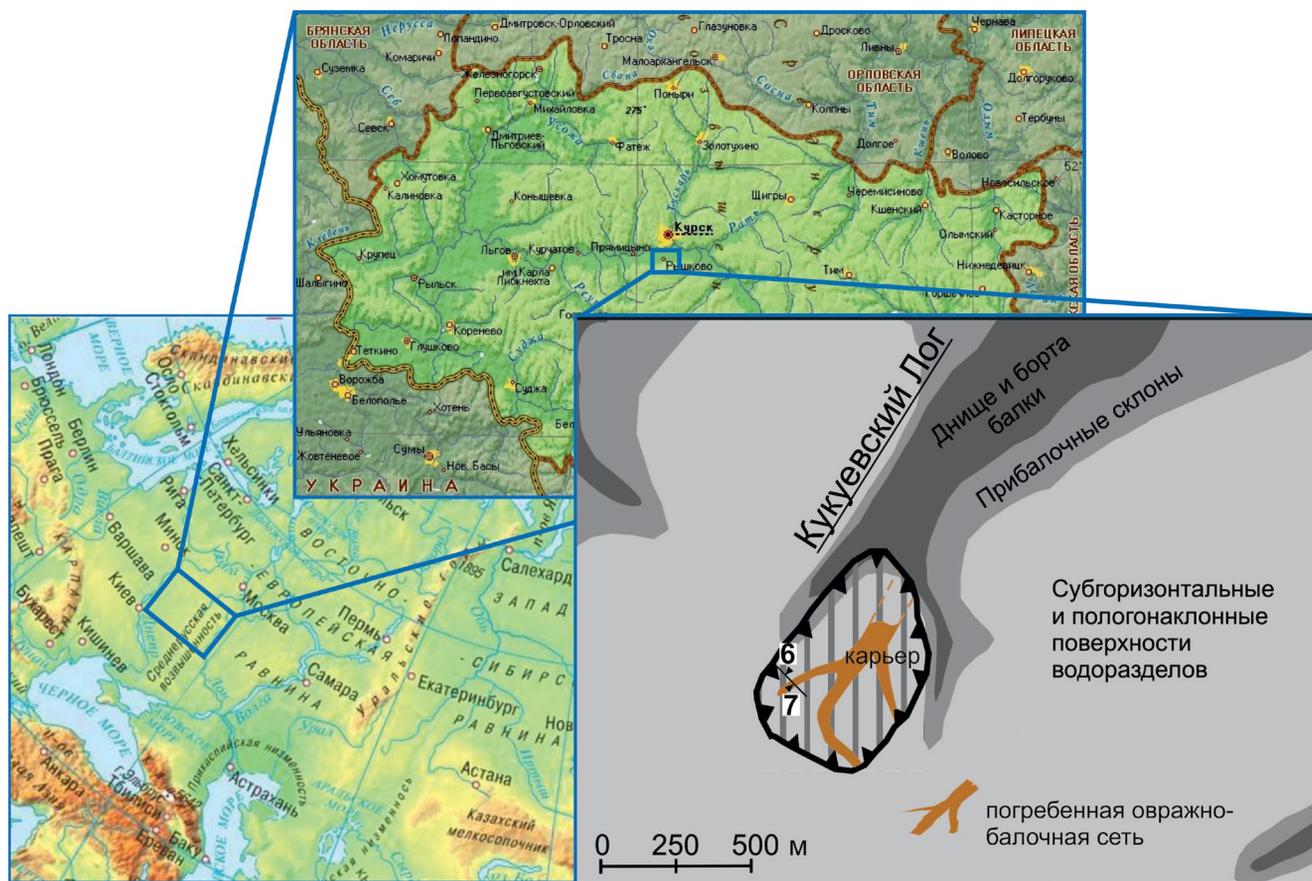
В условиях линейных палеодепрессий, образованных в московское позднеледниковье, создавались условия для повышенного и дискретного осадконакопления, и благодаря этому, палеопочвы сохранены в более полном виде [16]. Примером таких почв являются рышковский педолитокомплекс, изученный авторами настоящей статьи в погребенной московско-микулинской сухой долине (балке), состоящий из двух–трех, а иногда четырех профилей, наложенных или совмещенных друг с другом [37]. Перерывы в почвообразовании и захоронение почв в результате ускоренного осадконакопления связаны с усилением эрозионных процессов после сильных лесных пожаров в условиях засух и последующих эндотермальных похолоданий. Это нашло отражение во внутримежледниковых циклитах, состоящих из почв и педоседиментов, в составе которых есть мелкозем разрушенных и переотложенных верхних горизонтов почв, преимущественно гумусовых и элювиальных [29].

Широкое применение методов оптически стимулируемого люминесцентного датирования различных осадочных материалов (океанических, морских, озерных отложений) и ископаемых остатков позволило определить временной интервал последнего межледниковья, как 12–15 тыс. лет. Для лёссово-почвенных последовательностей это впервые подтверждено результатами нашего исследования, проведенного в этом же разрезе Александровского карьера [36]. Возрастные рамки формирования рышковской палеопочвы укладываются в интервал 127 (образец из горизонта ВС в основании профиля) – 117 тыс. лет (дата 115 тыс. лет получена для образца из кровли перекрывающего рышковскую почву сеймского педоседимента).

Целью настоящего исследования является установление этапов развития почв, ландшафтов и форм палеорельефа в микулинское время (МИС-5е), как неоднократной смены оптимальных (педогенные стадии) и экстремальных (морфолитогенные стадии) климатических условий в завершённом межледниково-ледниковом цикле.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Район исследования относится к северной лесостепи, в настоящее время полностью преобразованной деятельностью человека в сельскохозяйственную зону. Он расположен на Среднерусской возвышенности в г. Курске на междуречье Млодаты и Сейма (реки бассейна Днепра) (рис. 1). Междуречье расчленено крупными балочными системами различных порядков. Поверхностные породы в основном представлены валдайскими и московскими лёссами. Погребенные почвы последнего межледниковья сохранились эпизодически в понижениях мезорельефа или на склонах северной и северо-восточной экспозиции [15, 16].



**Рис. 1.** Местоположение объектов исследования: разрезов 6/11 и 7/11 в фрагменте погребенной московско-микулинской палеобалки в Александровском карьере и размещение карьера на картах Курской области и Европейской территории.

Голоценовые зональные почвы (дневные) на этой территории представлены черноземами типичными и выщелоченными, по балкам встречаются темно-серые лесные, в западинах – лугово-черноземные почвы [8].

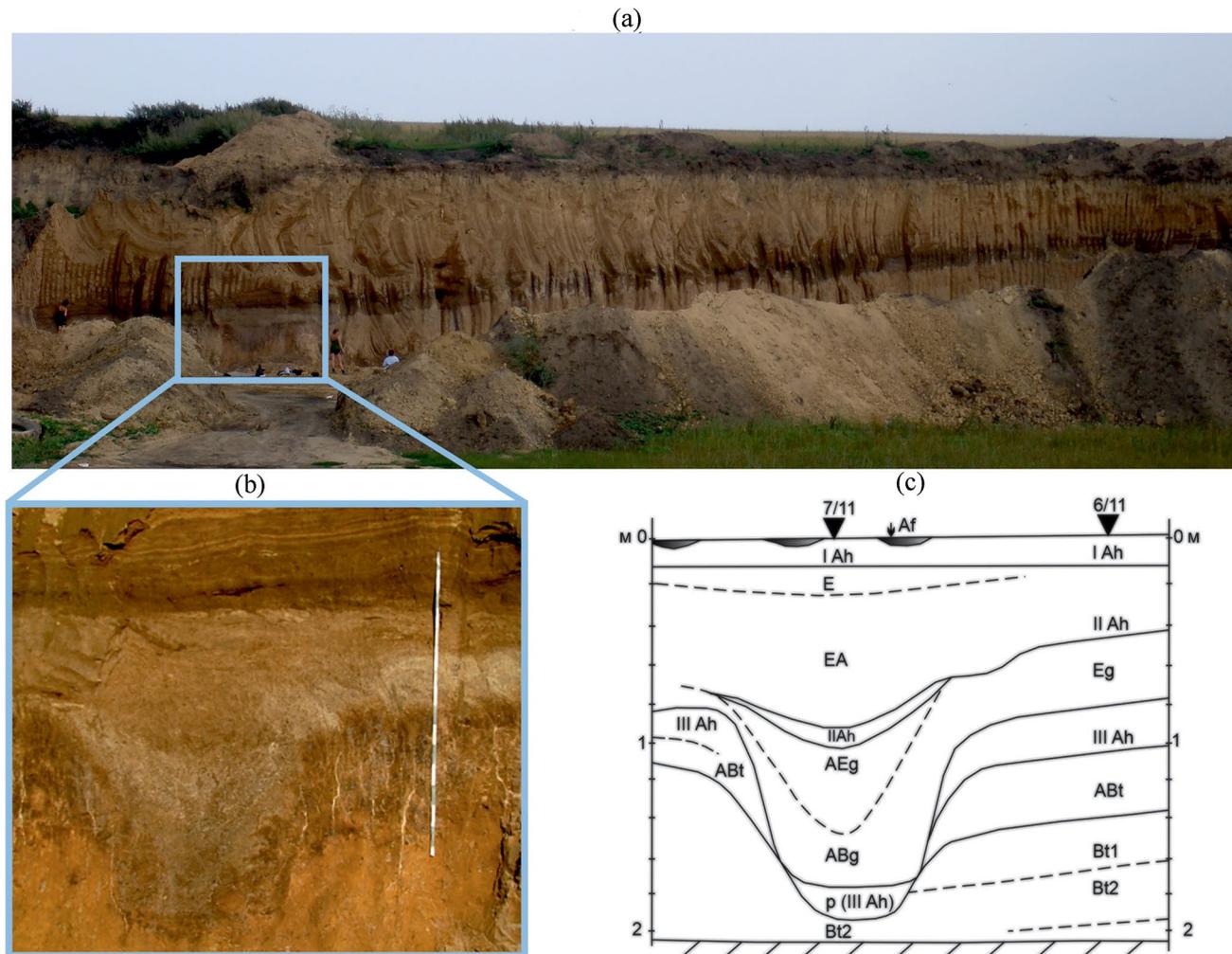
Палеокатены этого возраста неоднократно изучали в Александровском карьере [16, 17, 37]. Объект исследования расположен в пределах памятника природы “Погребенная микулинская палеобалка в карьере Александровского месторождения суглинков”. Микулинская палеобалка наследует позднемосковский перигляциальный овраг [16].

Изучен фрагмент поперечного геолого-геоморфологического профиля 2011 г. погребенной ложбины (верховье московско-микулинской палеобалки). Длинный, пологий палеосклон ложбины обращен на север – разрез 6/11 (склон) и осложнен береговым оврагом – разрез 7/11 (днище) (рис. 2).

В этих разрезах исследовали строение рышковского педолитокомплекса. Кроме тщательного морфологического анализа профиля определяли гранулометрический состав пирофосфатным

методом; содержание углерода – методом Тюрина в модификации Никитина, с фотометрическим окончанием (измерения проводили на аппарате Specola 211); дитионитовую и оксалатно-экстрагируемую фракции железа по Мера–Джексону и Тамму [4] соответственно, и анализировали на спектрофотометре Cary 60 (Agilent Technologies, США). Путем соотношения оксалаторастворимого (слабоокристаллизованного) железа к дитионитэкстрагируемому (свободному, несиликатному) рассчитывали индекс Швертмана, характеризующий степень гидроморфизма почв гумидных ландшафтов [10].

Микробиоморфный анализ выполняли для гумусово-аккумулятивных и элювиальных горизонтов разрезов 6/11 и 7/11 и включали определение фитоцитов, губок, что способствовало выяснению детализации палеоландшафтных событий микулинского межледниковья в локальных условиях погребенных малых эрозионных форм. Анализ проводили по стандартной методике [6, 35]. Подсчет фитоцитов делали для единого объема, соответствующего примерно 1.9 мм<sup>3</sup>. Поскольку



**Рис. 2.** Палеосклон московско-микулинской ложбины северной экспозиции, осложненный погребенным оврагом: а – общий вид палеосклона, б – овраг, с – строение рышковского педолитокомплекса в изученных разрезах 6/11 (склон) и 7/11 (дно оврага).

изначально брали равные по весу образцы, полученные итоговые значения позволили проводить сравнительный количественный анализ. Для более точной морфологической характеристики отдельные образцы рассматривали при помощи электронного сканирующего микроскопа JEOL 6610LV (JEOL, Япония). Морфологическое описание форм фитолитов провели согласно требованиям, ICPN 2.0 [33], а биоценотическая характеристика выделенных форм выполнена согласно [6]. Корреляция между морфотипами фитолитов и их биоценотической характеристикой опубликована [14, 22].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

### Материалы и результаты исследования

*Морфологический анализ почвенных профилей.* На основе систематических исследований

в Александровском карьере по реконструкции строения погребенной московско-микулинской балочной системы, проводимых с 1986 по 2021 г., установлено, что основное русло балки, начиная с вилкообразного слияния двух верховьев в 2007 г., резко поворачивает на восток. Правый приток завершается неглубокой ложбиной, ориентированной с юга на север. В стенке карьера 2011 г. обнажился поперечный срез этой ложбины и пологого прибалочного склона северной экспозиции, осложненного береговым оврагом глубиной ~1 м и шириной ~1.5 м.

Строение верхней части разрезов палеосклона включает чернозем типичный: сохранился частично горизонт Ah, горизонт АВ (0–70 см), развитый на поздневалдайском лёссе (70–220 см), в верхней части карбонатном (горизонт Вк), подстилаемом средневалдайским лёссом с карбонатными

конкрециями (220–290 см) и ранневалдайским горизонтально слоистым делювием (290–380 см).

Нижняя пачка слоистого делювия (мощностью 65 см) состоит из переотложенных материалов горизонтов Ah и E рышковской палеопочвы, а верхняя (мощностью 25 см) – преимущественно из материала горизонта Bt этой почвы. Нижняя граница делювиального слоя – резкая, ровная, эрозионная. На границе межледниковой рышковской палеопочвы и ранневалдайского делювия сосредоточены крупные угли, силикатно-карбонатные конкреции. Они неправильной, уплощенной формы толщиной до 4–5 см. Такие конкреции связаны с пирогенным слоем, встречались и ранее [20].

В табл. 1 дана морфологическая характеристика изученных разрезов 6/11 (склон) и 7/11 (днище). На склоне палеоложбины (разрез 6/11) рышковский педолитокомплекс состоит из трех палеопочв, из которых наиболее развита нижняя палеопочва – IIIAh–ABt–Bt1–Bt2. В разрезе 7/11 (днище берегового оврага) сохранился только нижний горизонт этой почвы Bt2, перекрытый пролювиальным слоем – р(IIIAh), состоящим из смешанного материала гумусового и иллювиального горизонтов. Овраг заполнен материалом элювиальных и гумусовых горизонтов, смытых со склонов палеоложбины. В обоих разрезах присутствует две слабо развитые палеопочвы, представленные гумусовыми и элювиальными горизонтами, более оглеенными в разрезе 7/11.

*Физико-химические характеристики.* По гранулометрическому составу в разрезе 6 контрастно отличаются верхняя (IAh–Eg) и нижняя (IIIAh–ABt–Bt1–Bt2) части: среднесуглинистая и легкоглинистая (вплоть до средней глины) соответственно (табл. 2). Во всех горизонтах в гранулометрическом составе преобладает фракция крупной пыли (0.05–0.01 мм), второй по преобладанию фракцией в нижней части разреза является ил (<0.001 мм), тогда как в верхней – доли фракций ила, мелкой и средней пыли близки. В разрезе 7/11 гранулометрический состав практически по всему разрезу среднесуглинистый, иногда – тяжелоуглинистый, и лишь в одном – пролювиальном слое, на глубине 180 см, – легкая глина. Фракция крупной пыли также является доминирующей для всех слоев разреза 7/11, на втором месте – илистая фракция. Хотя и здесь в горизонтах EA выравниваются доли фракций ила, мелкой и средней пыли. Весьма близок гранулометрический состав образцов с глубин 170 см в разрезе 6 и с глубины 200 см разреза 7/11 (горизонт Bt2), а также образцов с глубины 90 см в разрезе 6, горизонт IIIAh и 180 см в разрезе 7/11, переотложенный горизонт р(IIIAh). Горизонт с глубины 110 см разреза 6/11 оказался наиболее глинистый (>60% физической глины).

По содержанию  $C_{орг}$  в разрезе 6/11 выделяются горизонты IAh, IIIAh, (0.72, 0.4% соответственно). В других гумусовых горизонтах IIIAh и IIIABt  $C_{орг}$  так же несколько завышен (0.25–0.26%), тогда как в остальных горизонтах составляет от 0.11 до 0.18%. В разрезе 7/11 выделяется лишь самый верхний IAh горизонт, в котором содержание  $C_{орг}$  составляет 1.26%. В этом разрезе величины  $C_{орг}$  колеблются в пределах 0.43–0.53%, что довольно значительно для лёссовидных суглинков и свидетельствует о том, что педоседиенты образовались в результате переотложения гумусовых горизонтов почв. В пролювиальном прослое содержание  $C_{орг}$  снижается до 0.36%, но остается более высоким, чем в подстилающем иллювиальном горизонте – 0.11%.

По распределению форм железа в разрезе 6 дитионит-цитратные (по Мера-Джексона) формы превышают оксалатнорастворимые (по Тамму) (до 2 раз). В разрезе 7/11 наблюдается такая же картина за исключением горизонта Eg, где оксалатно-растворимые формы резко увеличиваются и даже преобладают над дитионит-цитратными. Содержание соединений дитионит-цитратных форм железа увеличивается во всех гумусовых горизонтах и горизонтах Bt и уменьшается в горизонтах Eg обоих разрезов. Коэффициент Швермана повышен (>0.7) в горизонте Eg разреза 6/11 и горизонте ABg разреза 7/11, в горизонтах Bt он снижается – <0.7. По содержанию  $Al_2O_3$ , определенного в вытяжке Тамма, отмечаем некоторое его увеличение в верхней части разреза 6/11, горизонты IAh, IIIAh, а также в горизонте IIIABt. В разрезе 7/11 идет постепенное снижение содержания  $Al_2O_3$  сверху вниз.

*Микробиоморфный анализ.* Результаты микробиоморфного анализа показаны в табл. 3 и 4, а также на рис. 3.

*Разрез 6/11, склон.* В просмотренной колонке образцов в верхней части (до глубины 90 см, включая верхнюю часть IIIAh) встречаются корродированные спикулы губок, что указывает на их перемещенный характер (не *in situ*). Самый верхний горизонт IAh выделяется наличием панцирей диатомовых водорослей и обилием разнообразных фитолитов. То есть данный слой однозначно является водным наносом. В то же время присутствие в данном слое грибных гифов и копролитов почвенной фауны указывают на протекание почвенных процессов. Вероятно, горизонт был сформирован за счет наноса, но непосредственно перед погребением в слое происходили процессы почвообразования. Фитолитный комплекс в слое сложносоставной. Отделить привнесенные частицы от оставшихся при разложении растений, выросших за почвенный период невозможно. В целом фитолитный комплекс можно охарактеризовать как луговой с незначительной примесью лесных компонентов.

**Таблица 1.** Морфология рышковского педолитокомплекса в разрезах 6/11 склон и 7/11 днище берегового оврага

Горизонт	Глубина, см	Мощность, см	Описание
Разрез 6/11. Береговой овраг – склон			
IAh	0–12	12	Средний суглинок, серовато-бурый, неоднородный из-за копролитов и включений угля, структура комковато-призматическая. По верхней границе многочисленные углистые остатки образуют линзы толщиной от 1 до 5 см (гор. Af). Граница волнистая, переход заметный по цвету
EA	12–28	16	Средний суглинок, светло-буро-палевый, пластинчатой структуры, рассыпчатый, грани педов покрыты белесыми силтанами, встречаются округлые агрегаты, включения угля. По верхней границе рыжие железистые прослойки. Граница волнистая, переход заметный по цвету
IIAh	28–46	18	Суглинок средний, серовато-светло-бурый, ореховато-пластинчатой структуры. Пластинки распадаются на мелкие орешки, со всех сторон покрытые силтаной. Внутрипедная масса (ВПМ) гумусированная, без силтаны. Редкие глинистые кутаны, железисто-марганцовистые прослойки, единичные ортштейны, включения угля. Весь горизонт насыщен ооидами, за счет них и мелких углей выглядит пятнистым. Граница слабоволнистая, переход заметный
Eg	46–80	34	Суглинок легкий, светло-серовато-белесый мелкоореховато-зернистый с таблитчатым делением, тонкопористый. Все грани педов покрыты силтанами. Скопления ортштейнов образуют линзовидные прослойки. Переход резкий по цвету, структуре, гранулометрическому составу. Граница ровная, крупноволнистая. От нижней границы отходят субвертикальные прожилки, заполненные разрушенными агрегатами со скелетанами
IIIAh	80–106	26	Суглинок тяжелый, темно-коричневый, ВПМ коричневая, сложной ореховато-зернистой структуры, гумусово-глинистые кутаны по граням педов, фрагментарные силтаны лежат на кутанах, железисто-марганцовистые пленки. Характерна нечетко выраженная горизонтальная слоистость, выраженная чередованием белесых и бурых прослоев. Переход резкий, граница крупноволнистая
ABt	106–140	34	Тяжелый суглинок, темно-бурый, ВПМ неоднородная, коричневатая-бурая, сложная ореховатая структура, педы покрыты глинистыми кутанами и обильными скелетанами, единичные ортштейны и железисто-марганцовистые примазки. Переход постепенный по цвету
Bt1	140–165	25	Тяжелый суглинок, бурый, неоднородной из-за чередования желто-коричневых и темно-бурых пятен, ореховато-призматический, сохранилась слабая крупная таблитчатость. Педы покрыты железисто-глинистыми пленками. Неоднороден из-за сизых субвертикальных прожилков. По крупным вертикальным трещинам видны марганцовистые пленки поверх скелетан, которые, в свою очередь, лежат на глинистых кутанах
Bt2	165–200	35	Суглинок тяжелый, светло-бурый, крупно-ореховато-призматический. Педы покрыты железисто-глинистыми кутанами
IAh	0–10	10	Суглинок средний, бурый, рассыпчатый, структура плохо оформленная комковато-призматическая. Включения угля, местами они образуют линзы от 1 до 5 см. Переход резкий по цвету, граница ровная
EA	10–80	70	Белесовато-светло-серый (0–10 см), ниже желто-светло-серый, листоватая структура, книзу пластинчатая, начиная с 60 см крупнопластинчатая, силтаны, их количество увеличивается книзу, включения мелкодисперсного угля. Переход постепенный по цвету

Таблица 1. (Окончание)

Горизонт	Глубина, см	Мощность, см	Описание
Разрез 7/11. Береговой овраг – днище. Заполнение оврага			
IAh	80–90	10	Суглинок средний, серовато-светло-бурый, ореховато-листоватой структуры. Внутрипедная масса (ВПМ) гумусированная. Редкие глинистые кутаны, железисто-марганцовистые прослойки, единичные ортштейны, включения угля. Граница слабоволнистая, переход заметный
AЕg	90–140	50	Суглинок легкий, цвет сизовато-белесый, создается обильными силтанами, которая, начиная с 95 см, покрывает все структурные отдельные, мелкодисперсный уголь. Переход постепенный
ABg	140–170	30	Суглинок средний, сизоватый, пестрый, призматический, плотный, островные силтаны, как на субвертикальных, так и на субгоризонтальных поверхностях, кутан мало, они тонкие, бурые марганцовистые примазки, включения мелкодисперсного угля. По границе с вмещающим горизонтом Bt2, развитым вне оврага, буро-ржавые пятна и прослойки подчеркивают границу горизонта. Переход резкий по цвету, граница волнистая
p (IIIAh)	170–180	10	В подошве оврага увеличивается неоднородность материала за счет перемешанности материала деградированного гумусового горизонта IIIAh – темно-коричневого суглинка и вмещающего бурого горизонта Bt2 (разрез 6/11). Суглинок тяжелый, неоднородной окраски, чередование желто-коричневых и темно-бурых пятен, крупнопризматической структуры, островная силтана, ее меньше, чем в вышележащем горизонте, сосредоточена в основном по трещинам, много кутан и микроортштейнов диаметром 1–5 мм
Bt2	180–205	25	Суглинок тяжелый, светло-бурый, крупноореховато-призматический. Педы покрыты железисто-глинистыми кутанами

Остальную часть рассмотренного профиля можно разделить на две части – верхняя (30–90 см) и нижняя (110–150 см). Основным критерием такого деления является количественное распределение фитоцитов. В естественных почвах имеет место аккумулятивный тренд распределения фитоцитов с максимумом в верхнем горизонте и убыванием с глубиной.

На глубине 110 см (горизонт ABt) наблюдается некоторое увеличение количества фитоцитов. Не очень много, но значительно по сравнению с соседними слоями. И это позволяет предположить, что нижняя часть профиля, это эродированная более ранняя почва, которая была погребена водными наносами (спикулы губок начинают встречаться с перекрывающего этот слой горизонта 90 см). Фитоцитов мало, данные анализа статистически не значимы, но в общем виде данный комплекс характеризуется как лесной.

Верхняя часть (30–90 см) представляет собой полноразвитый почвенный профиль. Состав фитоцитного комплекса в целом луговой, но можно отметить присутствие лесных, включая хвойные, форм фитоцитов, особенно на глубине 55 см.

*Разрез 7/11, днище.* В исследованном разрезе спикулы губок встречаются единично лишь в отдельных слоях (25, 90, 140 см). Панцири диатомовых водорослей встречались лишь в верхних 10–25 см.

Здесь в анализируемой гумусово-аккумулятивной толще можно выделить три погребенных почвы – первая маломощная, сформированная на аллювиально-сапропелевом наносе (10 см, горизонт IAh) – при относительно большом количестве диатомовых водорослей, в слое присутствуют копролиты почвенной фауны и грибные гифы.

Вторая погребенная почва (40–70 см, горизонт EA) имеет четко выраженный аккумулятивный тренд. Слой 90 см (горизонт IAh), возможно, является аллювиальным наносом, поскольку в нем присутствует спикула губки, и общее количество фитоцитов несколько больше, чем в вышележащей толще, что не характерно для минеральных горизонтов автоморфных почв. Здесь 5% от всех фитоцитов приходится на гидрофильную флору (тростник/камыш), что дополнительно подтверждает гипотезу об аллювиальном генезисе толщи.

Таблица 2. Физико-химические свойства рышковского педолитокомплекса изученных разрезов

Глубина, см	Горизонт, слой	C <sub>орг</sub> %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %		К Шверг- мана	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> по Тамму, %	Гранулометрический состав (мм), %							
			по Тамму	по Мера- Джексону			1.0- 0.25	0.25- 0.05	0.05- 0.01	0.01- 0.005	0.005- 0.001	<0.001	>0.01	<0.01
Разрез 6, склон														
10	IАh	0.72	0.59	1.18	0.50	0.22	0.0	2.6	49.2	10.5	14.1	23.6	51.8	48.2
30	IIАh	0.25	0.61	0.93	0.65	0.23	0.0	2.2	58.7	7.6	14.8	16.8	60.9	39.2
55	Eg	0.15	0.89	1.25	0.72	0.17	0.0	2.9	63.5	13.0	11.5	9.2	66.4	33.7
70	Eg	0.18	0.83	1.11	0.75	0.20	0.0	2.6	58.8	12.8	12.6	13.2	61.5	38.6
90	IIIАh	0.40	0.50	1.15	0.44	0.17	0.0	1.2	44.4	12.3	14.2	27.8	45.6	54.3
110	ABt	0.26	0.53	1.39	0.38	0.24	0.0	0.3	38.1	13.1	15.5	32.9	38.5	61.5
130	ABt	Не опр.	0.50	1.10	0.45	0.21	0.0	1.4	48.5	11.9	12.0	26.2	49.9	50.1
150	Bt1	0.11	0.35	1.15	0.31	0.19	0.0	1.1	52.5	10.3	10.8	25.4	53.5	46.5
170	Bt2	0.11	0.23	0.94	0.25	0.17	0.0	2.1	57.7	8.8	8.2	23.2	59.8	40.2
Разрез 7, днище														
10	IАh	1.26	0.65	1.26	0.52	0.21	0.0	0.1	51.7	11.6	14.4	22.2	51.9	48.2
25	EA	0.53	0.58	1.02	0.57	0.14	0.0	2.5	60.3	10.1	14.2	12.8	62.8	37.1
40	EA	0.52	0.50	0.86	0.58	0.12	0.0	3.8	58.1	10.7	12.3	15.1	61.9	38.1
70	EA	0.43	0.65	0.97	0.67	0.15	0.0	2.3	59.0	10.0	10.4	18.3	61.4	38.7
90	IIАh	0.53	0.67	0.11	0.63	0.16	0.0	2.8	56.2	11.3	11.6	18.2	59.0	41.1
120	AEg	0.48	0.62	0.82	0.76	0.13	0.0	2.5	60.2	11.2	11.8	14.2	62.8	37.2
140	AEg	Не опр.	0.54	0.77	0.70	0.13	0.0	2.6	58.5	12.0	10.6	16.3	61.1	38.9
160	Bg		0.63	0.97	0.65	0.12	0.0	3.7	56.7	11.2	11.6	16.8	60.4	39.6
180	p(IIАh)	0.36	0.45	1.38	0.33	0.15	0.0	0.5	46.4	13.0	12.7	27.4	46.9	53.1
200	Bt2	Не опр.	0.20	0.93	0.22	0.13	0.0	3.1	57.6	10.0	6.7	22.7	60.7	39.4

Таблица 3. Сравнительное полуколичественное содержание частиц биогенной природы

№ образца	Глубина см	Детрит	Аморфная органика	Спикулы	Диатомовые	Фитолиты	Другие частицы
Разрез 6/11, склон							
1	10	+++	+++	Ед.	+	+++	Гифы, копролиты
2	30	+++	++	Ед.	–	+++	–
3	55	++	++	Ед.	–	++	–
4	70	++	++	Ед.	–	+	–
5	90	+	++	Ед.	–	Ед.	–
6	110	+	++	–	–	+	–
7	130	+	+	–	–	Ед.	–
8	150	+	+	–	–	–	–
9	170	+	+	–	–	–	–
Разрез 7/11, днище							
10	10	+++	+++	–	+	+++	Гифы, копролиты
11	25	+++	+++	Ед.	Ед.	+++	–
12	40	+++	+++	–	–	+++	–
13	70	+++	+++	–	–	+	–
14	90	+++	+++	Ед.	–	+	–
15	120	+++	+++	–	–	+++	–
16	140	+	+++	Ед.	–	++	–
17	160	++	+++	–	–	+	–
18	180	+	+++	–	–	–	–
19	200	Ед.	+	–	–	–	–

Примечание. Плюсами показано сравнительное содержание микробиоморф: +++ много; ++ среднее; + мало; Ед. – единично; прочерк – отсутствуют.

Третья погребенная почва, в отличие от аналогичной почвы в разрезе 6–11, не эродирована. Она имеет полноразвитый профиль, значительную протяженность (120–160 см, горизонт АЕg и горизонт АВg) и абсолютно иной качественный и количественный состав фитолитов, что позволяет считать сравнительный анализ морфотипов фитолитов более достоверным. В фитолитном комплексе основную долю составляют формы, характерные для лугового разнотравья, включая частицы, типичные для растений степных ландшафтов.

### ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

В 2011 г. карьером вскрыты московско-микулинская погребенная ложбина (верховье палеобалки) и пологий прибалочный палеосклон (рис. 2а). Древнюю поверхность фиксирует рышковская палеопочва или рышковский педолитокомплекс (МИС-5е), отлично сохранившийся на склонах и днище, благодаря быстрой и надежной консервации ранневалдайским педоседиментом, образованным за счет разрушения и переотложения верхних

горизонтов этой же почвы, развитых на приводораздельных склонах и межбалочных водоразделах. Вне заполнения палеобалки межледниковая палеопочва не сохранилась.

Изменение рышковской почвы в катене по склону не отличается резкой контрастностью. Вариативность рышковских палеопочв укладывается в рамки одного генетического типа. Ее наиболее близкий аналог – дерново-подзолистая почва смешанных лесов, формировавшаяся во вторую половину межледниковья [20, 37].

Основные отличия почв, развитых в палеокатенах, связаны со степенью детальности записи эволюционного развития, обусловленной различными сочетаниями процессов почвообразования с денудационно-седиментационными процессами. Палеокатена по пологому склону северной экспозиции разнообразна по полноте строения палеопочвенных профилей, благодаря развитию дополнительных почв и слоев внутри межледникового педолитокомплекса в гумусово-аккумулятивной части профиля между горизонтами IAh и Bt1.

**Таблица 4.** Содержание кремниевых микробиоморф (шт./%) и распределение отдельных групп фитолитов (%)

№ образца	Горизонт, глубина, см	Всего	Спикулы	Диатомовые	Фито-литы	1*	2	3	4	5	6	7	8
Разрез 6/11, борт													
1	IAh, 10	1155/100	3/**	8/1	1144/99	65	8	6	16	3	1	1	—
2	IIAh, 30	130/100	2/2	—	128/98	57	9	7	17	—	3	1	6
3	E, 55	81/100	3/3	—	78/97	48	9	12	17	1	—	—	13
4	Eg, 70	10/100	1/10	—	9/90	56	—	11	33	—	—	—	—
5	IIIAh, 90	2/100	1/50	—	1/50	100	—	—	—	—	—	—	—
6	AB, 110	6/100	—	—	6/100	50	17	34	—	—	—	—	—
7	AB, 130	1/100	—	—	1/100	50	—	—	—	—	—	—	—
Разрез 7/11, днище													
10	Ah, 10	314/100	—	6/2	308/98	61	3	3	27	5	1	—	—
11	EA, 25	312/100	2/1	2/1	308/98	56	14	1	24	5	—	—	—
12	EA, 40	165/100	—	—	165/100	55	8	2	27	5	—	—	—
13	EA, 70	36/100	—	—	36/100	91	3	—	3	3	—	—	—
14	IIAh, 90	40/100	1/3	—	39/97	73	3	8	8	3	5	—	—
15	Eg, 120	163/100	—	—	163/100	62	5	5	24	3	1	—	—
16	Eg, 140	62/100	1/2	—	61/98	70	5	3	19	3	—	—	—
17	Bg, 160	12/100	—	—	12/100	75	25	—	—	—	—	—	—

\* Содержание частиц менее 1%.

Примечание. Цифрами указаны следующие фитолитные комплексы: 1 – разнотравье (ELO\_ENT), 2 – хвойные (BLO\_RES; BLO\_VEL), 3 – лесные злаки (ACU\_BUL\_1); 4 – луговые злаки (ACU\_BUL\_2; BIL; ELO\_SIN; POL); 5 – степные злаки (сухих лугов) (RON\_CON; RON\_TRZ); 6 – тростник/камыш (bul\_fla); 7 – мох (Sph\_psi); 8 – не диагностируемые обломки.

Сложное сочетание почво- и рельефообразующих процессов нашло отражение в физико-химических свойствах и результатах микробиоморфного анализа рышковского педолитокомплекса в ее верхней гумусово-аккумулятивной и гумусово-элювиальной части.

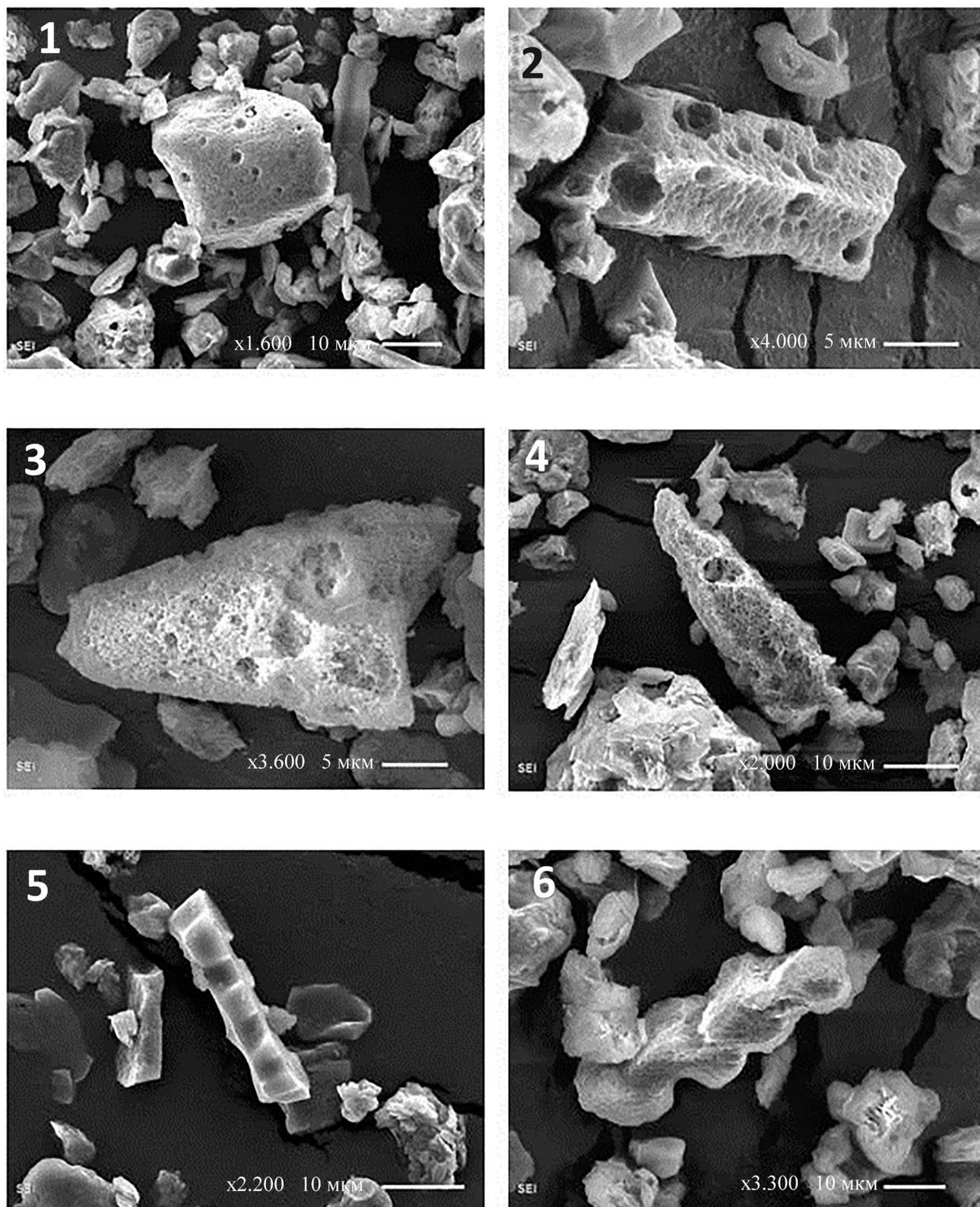
В нижней части палеосклона (разрез 6/11) рышковский педолитокомплекс представлен тремя почвами с наложенными или частично совмещенными профилями. Профиль нижней почвы – IIIAh–ABt–Bt1–Bt2. По физико-химическим свойствам профиль характеризуется наиболее тяжелым гранулометрическим составом (легкая глина, в горизонте ABt – средняя), увеличением содержания  $C_{орг}$  в горизонте IIIAh и понижением его в горизонте ABt, сравнительно высоким содержанием окристаллизованных форм железа (дитионит-цитратных) во всех трех горизонтах с максимумом в ABt, снижением коэффициента Швертмана, а также максимальным содержанием оксалатно-растворимого  $Al_2O_3$  в горизонте ABt, что согласуется с наибольшим содержанием здесь физической глины.

И хотя верхняя часть нижней почвы (гор. IIIAh) подвергалась эрозионно-аккумулятивным

процессам, профиль с ведущими диагностическими признаками хорошо сохранился, что позволяет определить палеопочву, как серую лесную, формировавшуюся длительное время под широколиственными лесами.

Благоприятные условия первой половины межледниковья сменились ухудшением климата, спровоцировавшим эрозионные процессы в бассейне и особенно ярко проявившимися на склоне. В результате часть профиля была уничтожена, но в этой геоморфологической позиции накопился делювиальный нанос мощностью 50–60 см, послуживший материнской породой для средней почвы.

Во вторую педогенную фазу происходила деградация нижней почвы и превращение части ее профиля в иллювиальный горизонт средней почвы. И хотя в верхней части средняя почва по данным микробиоморфного анализа определяется как луговая, ее профиль IIIAh–E свидетельствует о процессе выноса илестых частиц и накопления их в нижележащих горизонтах, что позволяет определить ее как дерново-подзолистую, формировавшуюся в условиях смешанных лесов [20].



**Рис. 3.** Фитолиты в разрезе 7/11, глубина 120 см: 1 – тростник; 2 – хвойное; 3, 4 – лесные злаки; 5, 6 – луговые злаки.

Новое ухудшение климатических условий вызвало захоронение средней почвы под делювиальным наносом мощностью около 20 см, на котором формировалась луговая почва с признаками лесного почвообразования.

Микробиоморфный анализ профиля разреза 6/11 позволяет выделить три независимых почвы, разной степени сохранности и длительности функционирования. Верхняя часть самой древней почвы подвергалась воздействию водной эрозии, и полноценно сохранилась средняя часть профиля. Профиль средней почвы развит, хорошо сохранился, что позволяет говорить о довольно длительном периоде почвообразования. Самая верхняя почва является самой молодой – фиксируются лишь начальные стадии почвообразования на делювиальном наносе.

Анализ строения и заполнения берегового оврага на склоне палеоложбины дополняет историю развития ландшафтов в микулинское межледниковье. Он был образован после формирования нижней палеопочвы, так как пререзает все ее горизонты до горизонта Vt2. В днище оврага (разрез 7/11) залегает смешанный материал гумусового и глинисто-иллювиального горизонтов этой почвы, сложенный пролювиальными процессами при заложении оврага. Этот материал не содержит включения элювиального горизонта E, что косвенно подтверждает существование в бассейне в первую педогенную фазу серых лесных, возможно, темно-серых, а не дерново-подзолистых почв.

На основании изучения строения и заполнения берегового оврага (разрез 7/11) реконструируются следующие педогенные и морфолитогенные стадии в развитии рышковского педолитокомплекса в микулинском межледниковье:

1) первая почвенная стадия та же, что и на склоне северной экспозиции – образование нижней почвы с профилем IIIAh–ABt–Vt1–Vt2. Эта почва явилась вмещающей толщей для новой эрозионной формы рельефа – берегового оврага. В разрезе днища оврага сохранился только нижний горизонт этой почвы.

2) первая морфолитогенная стадия – заложение оврага и накопление в днище пролювиального наноса – p (IIIAh) – смешанного материала гумусовых и иллювиальных горизонтов нижней почвы, снесенного со склонов в первое внутримежледниковое похолодание;

3) вторая педогенная стадия – луговое почвообразование. На бортах оврага развита почва, сходная с почвой первой стадии, но меньшей мощности, чем вне оврага;

4) вторая морфолитогенная стадия – заполнение оврага балочными аллювиальными и делювиальными процессами. В результате в его днище накоплен нанос мощностью 80–90 см, образованный

за счет смыва поверхностных горизонтов Ah, Ae и E склоновых почв.

5) третья почвенная стадия – формирование профиля средней луговой палеопочвы с профилем IIIAh–AEg–ABg в днище оврага.

По содержанию  $C_{орг}$  горизонты IIIAh профилей почв и в днище (разрез 7/11) и на склоне (6/11) выделяются повышенными величинами, что свидетельствует об образовании их из материала гумусовых горизонтов почв, эродированных, ранее развитых на более высоких геоморфологических позициях. По формам железа профиль в днище характеризуется заметным увеличением аморфных форм (оксалатно-растворимых), что приводит к максимальным величинам коэффициента Швертмана, указывающего на повышенный гидроморфизм этой почвы. В горизонте AEg наблюдается сближение величин аморфного и окристаллизованного железа, что приводит к максимальному значению коэффициента Швертмана в этом горизонте, по сравнению со всеми другими почвенными горизонтами на склоне. Величины оксалатнорастворимого  $Al_2O_3$  согласуются с данными гранулометрического состава. Эту почву можно определить, как луговую, не полноразвитую, формировавшуюся в условиях периодического поверхностного переувлажнения.

По данным микробиоморфного анализа средняя палеопочва выделяется *in situ* меньшей мощности, так как верхняя часть профиля была подвержена латеральному переносу и определяется как нанос.

6) третья морфолитогенная стадия – эрозия и аккумуляция материала гумусовых и элювиальных горизонтов, снесенных с верхних частей склонов. Над днищем накопилось 60–70 см гумусированного делювиально-аллювиального суглинка (горизонт EA). В этой толще по данным микробиоморфного анализа, возможно, начала формироваться дополнительная синлитогенная почва. Накопление мелкозема продолжилось по всей нижней части палеосклона. В днище оврага накопилось 20–30 см, полностью выровнив поверхность;

7) четвертая почвенная стадия – формирование верхней луговой почвы с элементами текстурной дифференциации (слаборазвитой дерново-подзолистой). Над заполненным днищем оврага эта почва представлена горизонтом IAh–E, на склоне – IAh–EA. Гранулометрический состав – среднесуглинистый, признаков оглеения по формам железа не отмечено.

8) четвертая морфолитогенная стадия – стрессовая перестройка палеоэкологической обстановки перед погребением рышковского педолитокомплекса: следы сильного лесного пожара (горизонт Af) вследствие частых и продолжительных

засух в конце межледниковья; последующая эрозия почв в результате обильных после пожарных ливней.

Распределение фитолитов в почвах склона и днища существенно различается между собой особенно по отношению к самой ранней из почв. Эти различия касаются как качественного, так и количественного распределения частиц и однозначно связаны с эрозионными склоновыми и аккумулятивными процессами на дне погребенного оврага. Очевидно, что фитолитный комплекс днища оврага (разрез 7/11) более информативен (он фиксирует дополнительную педолитогенную стадию), поскольку он большей мощности и отражает состав как локального растительного покрова (*in situ*), так и микроостатки растений, произраставших на склонах.

Фитолитный комплекс первой почвы характеризуется как луговой, с элементами степного и лесного фитоценозов. Растительный покров для средней почвы близок к таковому для верхней почвы — преимущественно луговой с элементами степной и лесной флоры. В профиле третьей погребенной почвы наблюдается четкая смена растительного покрова от лесного хвойного на начальных стадиях функционирования к практически чисто луговому с небольшой долей степных форм на заключительных стадиях. Состав фитолитного комплекса в самом нижнем горизонте разреза 7/11 близок к таковому для толщи 110 см, в разрезе 6/11 — такой же лесной. Это позволяет говорить о том, что данные слои формировались в единых природно-климатических условиях, а также предположить, что процессами эрозии (разрез 6/11) было уничтожено не менее 30–40 см.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В палеокатене по склону северной экспозиции и в днище берегового оврага, отражена детальная смена этапов развития локальных ландшафтов: три на склоне и четыре в днище оврага почвообразовательные стадии, разделенные эрозионно-аккумулятивными стадиями, и завершающая, наиболее интенсивная — четвертая стадия. Педогенные фазы отражают наиболее благоприятные ландшафтно-климатические условия, в то время как морфолитогенные — экстремальные для почвообразования, связанные с внутримежледниковыми похолоданиями. Выявленная цикличность связана с изменчивостью климата в микулинское межледниковье, которая также была реконструирована по другим биостратиграфическим индикаторам: изменению состава фитолитов и спорово-пыльцевых спектров по профилю рышковского педолитокомплекса [19].

Полученные палеоклиматические и биоценотические результаты хорошо согласуются

с опубликованными ранее [29] — относительно сухие и теплые условия с лугово-степным разнотравьем начальных стадий функционирования территории сменились похолоданием и усилением общей увлажненности, сопровождавшейся интенсивной линейной эрозией. Эрозионные процессы уничтожили верхние 30–40 см почв, сформированных на склонах балки, сохранив при этом (за счет мощных наносов) информационный блок на днище балки. Как и в предыдущем исследовании, авторами настоящей статьи выявлено чередование природно-климатических условий на всем протяжении заполнения балки и независимо подтверждено, что на заключительном этапе педоседименты формировались в условиях холодного и влажного климата.

Сравнительные морфогенетический и физико-химические анализы, дополненные характеристиками фитолитных комплексов погребенных почв на склонах и в днищах оврага или палеобалки (ранее полученные выводы) убедительно показали более высокую информативность профилей почв, развитых на подчиненных элементах рельефа по сравнению с плакорными, где за счет эрозионных сносов возможно частичное или полное уничтожение информационных компонентов.

Проведенные исследования дополнили базу данных о природно-климатических и ландшафтных условиях прошлого межледниковья. Впервые на основе изучения педоседиментационных архивов подробно реконструированы изменения климата и ландшафтов в течение последнего завершеного межледниковья (МИС-5е). Они сопоставимы с палеоклиматическими кривыми, полученными на основе изучения детальных ледовых и океанических архивов.

## ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Статья написана в рамках выполнения плановых тем госзадания, № АААА-А19-119022190169-59 (FMWS-2024-0010) (С.А. Сычева, П.Р. Пушкина, А.А. Гольева) и 0191-2022-0008 (О.С. Хохлова).

## КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александровский А.Л., Александровская Е.И. Эволюция почв и географическая среда. М.: Наука, 2005. 223 с.
2. Величко А.А., Като Н.Р., Тесаков А.С., Титов В.В., Морозова Т.Д., Семенов В.В., Тимирева С.Н. Особенности строения плейстоценовой лессово-почвенной формации юга Русской равнины по

- материалам Восточного Приазовья // Доклады АН. 2009. Т. 428. № 6. С. 815–819.
3. *Величко А.А., Морозова Т.Д.* Микулинская почва, ее особенности и стратиграфическое значение // Антропоген Русской равнины и его стратиграфические компоненты. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 100–146.
  4. *Воробьева Л.А.* Теория и практика химического анализа почв. М.: ГЕОС, 2006. 400 с.
  5. *Глушанкова Н.И.* Палеопедогенез и природная среда Восточной Европы в плейстоцене. Смоленск: Маджента, 2008. 348 с.
  6. *Гольева А.А.* Микробиоморфные комплексы природных и антропогенных ландшафтов. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. 238 с.
  7. *Гугалинская Л.А.* Почвообразование и криогенез центра Русской равнины в позднем плейстоцене. Пушино, 1982. 204 с.
  8. *Дайнеко Е.К.* Структура почвенного покрова Центрально-Черноземного заповедника имени В.В. Алехина и его окрестностей // Химия, генезис и картография почв. М.: Наука, 1968. С. 165–174.
  9. *Добродеев О.П.* Почвенный покров Русской равнины в эпоху московско-валдайского межледниковья // Бюл. Комиссии по изучению четвертичного периода. М.: Наука, 1975. № 44. С. 12–18.
  10. *Зайдельман Ф.Р.* Эколого-мелиоративное почвоведение гумидных ландшафтов. М.: Агропромиздат, 1991. 320 с.
  11. *Зыкина В.С., Зыкин В.С.* Лессово-почвенная последовательность и эволюция природной среды и климата Западной Сибири в плейстоцене. Новосибирск: ГЕО, 2012. 477 с.
  12. *Лаухин С.А.* Палеоклиматические события плейстоцена в Западной и Средней Сибири в течение МИС-5 // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. геол. 2017. Т. 92. Вып. 2. С. 49–57.
  13. *Морозова Т.Д.* Развитие почвенного покрова Европы в позднем плейстоцене. М.: Наука, 1981. 282 с.
  14. *Рябогина Н.Е., Южанина Э.Д., Иванов С.Н., Гольева А.А.* Микробиомаркеры природного окружения и внутреннего обустройства жилищ неолита и энеолита (поселения Мергень 6 и 7) // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2021. № 4 (55). С. 5–16.  
<https://doi.org/10.20874/2071-0437-2021-55-4-1>
  15. *Скоморохов А.И.* Структура чехла субэаральных отложений внеледниковой зоны (на примере бассейна Сейма) // Пограничные горизонты неогена и антропогена КМА и Верхнего Дона. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1982. С. 101–107.
  16. *Сычева С.А.* Эволюция балочной системы в климатическом цикле “оледенение-межледниковье-оледенение” // Геоморфология. 1997. № 2. С. 100–111.
  17. *Сычева С.А.* Эволюция позднеплейстоценовых катен Среднерусской возвышенности в полном климатическом ритме “оледенение-межледниковье” // Почвоведение. 1994. № 10. С. 30–40.
  18. *Сычева С.А.* Эволюция представлений о возрасте, продолжительности и стадийности развития почвы микулинского межледниковья // Бюл. комиссии по изучению четвертичного периода, 2018. № 76. С. 99–109.
  19. *Сычева С.А., Гунова В.С.* Результаты изучения позднеплейстоценового лёссово-почвенного комплекса в погребенной балочной системе Среднерусской возвышенности // Бюл. комиссии по изучению четвертичного периода. М.: ГЕОС, 2004. № 65. С. 86–101.
  20. *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>
  21. *Фотиев С.М.* Криохроны и термохроны Сибири за последние 5 миллионов лет (палеогеокриологическая интерпретация результатов исследования донных осадков озера Байкал) // Криосфера Земли. 2005. Т. IX. № 1. С. 13–27.
  22. *Хохлова О.С., Макеев А.О., Энгватова А.В., Кузнецова Е.А., Гольева А.А.* Палеоэкология и хозяйственная деятельность человека на основе изучения культурных слоев и палеопочвы Тульского кремля // КСИА. 2022. Т. 268. С. 357–378.  
<https://doi.org/10.25681/IARAS.0130-2620.268.357-377>
  23. *Цацкин А.И.* Опыт изучения древних структур почвенного покрова на примере верхнеплейстоценовых почв юго-запада Русской равнины // Известия АН СССР. Сер. Геогр. 1979. № 6. С. 89–97.
  24. *Чендев Ю.Г.* Эволюция лесостепных почв Среднерусской возвышенности в голоцене. М.: ГЕОС, 2008. 212 с.
  25. *Adamekova K., Lisa L., Neruda P., Petřík J., Doláková N., Novak J., Volanek J.* Pedosedimentary record of MIS 5 as an interplay of climatic trends and local conditions: Multi-proxy evidence from the Palaeolithic site of Moravský Krumlov IV (Moravia, Czech Republic) // Catena. 2021. V. 200. P. 105174.  
<https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105174>
  26. *Antoine P., Rousseau D.-D., Degeai J.-P., Moine O., Lagroix F., Kreutzer S., Fuchs M. et al.* High-resolution record of the environmental response to climatic variations during the Last Interglacial-Glacial cycle in Central Europe: The loess-palaeosol sequence of Dolní Věstonice (Czech Republic) // Quater. Sci. Rev. 2013. V. 67. P. 17–38.  
<https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2013.01.014>

27. *Dansgaard W., Johnsen S.J., Clausen H.B., Dahl-Jensen D., Gundestrup N.S., Hammer C.U., Hvidberg C.S. et al.* Evidence for general instability of past climate from a 250-kyr ice core record // *Nature*. 1993. V. 364. P. 218–220.  
<https://doi.org/10.1038/364218a0>
28. *Gerasimenko N.P.* Upper Pleistocene loess-palaesol and vegetational successions in the Middle Dnieper Area, Ukraine // *Quater. Int.* 2006. V. 149. P. 55–66.  
<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2005.11.018>
29. *Golyeva A.A., Sycheva S.A.* Soils, plants and climate of the eemian interglacial local landscapes of the Russian plain on base of biogenic silica analysis // *Eurasian Soil Science*. 2010. V. 43. № 13. P. 1569–1573.
30. GRIP Members. Climate instability the last interglacial period in the GRIP ice core // *Nature*. 1993. V. 364. P. 203–207.  
<https://doi.org/10.1134/S1064229310130156>
31. *Haesaerts P., Mestdagh H.* Pedosedimentary evolution of last interglacial and early glacial sequence in the European loess belt from Belgium to central Russia // *Netherlands J. Geosci.* 2000. V. 79 (2/3). P. 313–324.  
<https://doi.org/10.1017/S001677460002179X>
32. *Kukla G.J., Bender M.L., de Beaulieu J.-L., Bond G., Broecker W.S., Cleveringa P., Gavin J.E. et al.* Last interglacial climates // *Quater. Research*. 2002. V. 58. P. 2–13.  
<https://doi.org/10.1006/qres.2001.2316>
33. *Neumann K., Strömberg C.A.E., Bal T., Albert R.M., Vrydaghs L., Cummings L.S.* International Code for Phytolith Nomenclature (ICPN) 2.0 // *Annals of Botany*. 2019. V. 124. P. 189–199.  
<https://doi.org/10.1093/aob/mcz064>
34. *Paeppe R., Mariolakos L., Van Over loop E., Keppens E.* Last interglacial-glacial north-south geosol traverse (from stratotypes in the North Sea basin and in the Eastern Mediterranean) // *Quater. Intl.* 1990. V. 5. P. 57–70.  
[https://doi.org/10.1016/1040-6182\(90\)90025-Y](https://doi.org/10.1016/1040-6182(90)90025-Y)
35. *Pető Á.* Burial mounds: detecting ancient surfaces. The method of (semi)quantitative phytolith and biomorph analysis // *Archeologia e Calcolatori*. 2010. 21. P. 315–324.
36. *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>
37. *Sycheva S., Sedov S.* Paleopedogenesis during the Mikulino interglacial (MIS 5e) in the East-European plain: buried toposequence of the key-section “Alexandrov quarry” // *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. 2012. V. 64. N 2. P. 189–197.  
<https://doi.org/10.18268/BSGM2012v64n2a4>
38. *Terhorst B., Appel E., Werner A.* Palaeopedology and magnetic susceptibility of loess-palaesol sequence in southwest Germany // *Quater. Int.* 2001. V. 76–77. P. 231–240.  
[https://doi.org/10.1016/S1040-6182\(00\)00105-1](https://doi.org/10.1016/S1040-6182(00)00105-1)
39. *Vandenhoute P., Frechen M., Buylaert J.P., Vandenhoute D., Decorte F.* The Last Interglacial palaesol in Belgium loess belt TL age record // *Quater. Sci. Rev.* 2003. V. 22. P. 985–990.  
[https://doi.org/10.1016/S0277-3791\(03\)00023-4](https://doi.org/10.1016/S0277-3791(03)00023-4)

## Stage Development of the Ryshkovo Pedolithocomplex (127–117 Ka) as a Change of Favorable and Extremal Conditions in the Complete Interglacial-Glacial Cycle

S. A. Sycheva<sup>1, \*</sup>, P. R. Pushkina<sup>1</sup>, A. A. Golyeva<sup>1</sup>, O. S. Khokhlova<sup>2</sup>, T. M. Gorbacheva<sup>3</sup>, and I. V. Kovda<sup>4</sup>

<sup>1</sup> *Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, Moscow, 119017 Russia*

<sup>2</sup> *Institute of Physicochemical and Biological Problems of Soil Science of the Russian Academy of Sciences, Pushchino, 142290 Russia*

<sup>3</sup> *National Research University Higher School of Economics, Moscow, 109028 Russia*

<sup>4</sup> *Dokuchaev Soil Institute, Moscow, 119017 Russia*

\*e-mail: [sychevasa@mail.ru](mailto:sychevasa@mail.ru)

In 2011, the Ryshkovo pedolithocomplex of the Mikulino Interglacial (MIS-5e), consisting of three or four soil profiles separated by humus pedosediments, was studied in the Alexandrov quarry (Kursk, Russia). The lower soil is eroded gray, the two middle ones are meadow soils at the bottom of the coastal ravine, the middle one on the paleoslope is soddy-podzolic, and the upper poorly developed soils with elements of forest soil formation. Morphological, physicochemical, and microbiomorphic study of the pedolithic complex on the slope and in the bottom of the buried coastal ravine filled with

colluvial and alluvial-colluvial deposits made it possible to reconstruct at least three or four pedogenic and four morpholithogenic stages in MIS-5e, which significantly detailed the event history of the interglacial. In the profile of the Ryshkovo pedolithocomplex, a buried humus horizon of the lower gray soil is well expressed, reflecting the warmer climatic conditions of the first half of the last completed interglacial compared to the second half. Soil formation in trans-accumulative landscapes was repeatedly interrupted by erosion-accumulative processes, which reflects the instability (rhythmicity) of the climatic situation during the Mikulino (Eem) interglacial and correlates well with other detailed records of geological archives.

*Keywords:* paleosol, slope, ravine, MIS-5e interglacial, phytoliths, stages of development, Aleksandrov quarry