

ЭВОЛЮЦИЯ ПРИРОДНЫХ СИСТЕМ

УДК 551.89

ПОГРЕБЕННЫЕ ПОЧВЫ И ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА ВТОРОЙ ПОЛОВИНЫ ГОЛОЦЕНА В ПОЙМЕ р. ОКИ В РАЙОНЕ ПРИОКСКО-ТЕРРАСНОГО ЗАПОВЕДНИКА

© 2025 г. В. Э. Демидов^{1,*}, О. С. Хохлова², О. Г. Занина², С. В. Губин²

¹Приокско-Террасный государственный заповедник,
Данки, городской округ Серпухов, Московская область, Россия

²Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пушкино, Московская область, Россия

*e-mail: vasedemidov@mail.ru

Поступила в редакцию 01.11.2023 г.

После доработки 30.10.2024 г.

Принята к публикации 28.12.2024 г.

В районе среднего течения р. Оки на левобережной высокой пойме на территории, прилегающей к Приокско-Террасному государственному биосферному заповеднику, в районе современного расположения наиболее северных степных фитоценозов Русской равнины установлено присутствие погребенной почвы, классифицированной как аллювиальная темногумусовая типичная среднесуглинистая или Fluvic Stagnic Phaeozem (Loamic). По данным радиоуглеродного анализа диапазон формирования погребенной почвы может быть очерчен средним и поздним голоценом, захватывая суббореальный период. Распределение форм железа по профилю погребенной почвы, а также наличие спикул губок, свидетельствуют о сезонном или периодически застойном режиме влаги. В растительном покрове высокой поймы на начальном этапе формирования погребенной почвы по данным микробиоморфного и фитолитного анализа преобладали разнотравно-злаковые ассоциации с небольшим участием лесной флоры. Поздние этапы формирования характеризуют лугово-лесную стадию с преобладанием лесных злаков над луговыми, присутствием хвойных, в погребенной почве отмечены угли сосны и дуба. Анализ распространения фитолитов ковыля *Stipa pennata* L. (наиболее характерного эдификатора современных степных ассоциаций района) показал, что в период формирования погребенной почвы ковыльные фитоценозы не имели широкого распространения на пойме р. Оки. Выявленные в образцах признаки присутствия ковыля в отдельных локациях (рефугиумах) требуют дальнейшего исследования для определения роли степных фитоценозов на пойме р. Оки в суббореале.

Ключевые слова: палеопочва, палеогеография, ковыль, *Stipa pennata*, суббореал, фитолиты, пойма, Ока, Окская флора

DOI: 10.31857/S2587556625020093

ВВЕДЕНИЕ

Погребенные почвы (ПП) речных пойм являются важным информативным объектом при изучении палеогеографических обстановок голоцена. В долинах рр. Оки и Москвы проведен ряд исследований погребенных почв, позволивших охарактеризовать их строение, свойства, время формирования, реконструировать природную и ландшафтные обстановки (Александровский, 2004; Александровский, Александровская, 2005; Александровский и др., 2014, 2019; Александровский, Панин, 2013; Ершов и др., 2019; Кривцов и др., 2020; Самохина, 2017; Сычева,

2009, 2011; Alexandrovskiy et al., 2000, 2016). В дополнение этих исследований важно получить представление о ПП, сформированных на пойме в среднем течении р. Оки между Серпуховым и Каширой, где находится наиболее северный участок распространения современных степных ковыльных фитоценозов дискуссионного происхождения (так называемая Окская флора), удаленный от основных ареалов произрастания степных растений на сотни километров (Данилов, 1983, 1998; Кауфман, 1866; Костенчук, Тюрюканов, 1980; Талиев, 1897; Флеров, 1908). Реконструкция палеогеографической обста-

новки данного района в голоцене представляет особый интерес.

Основные ареалы современных степных фитоценозов находятся на южной границе Приокско-Террасного государственного биосферного заповедника — ПТБЗ (Данилов, 1983), расположенного в 6 км к востоку от Серпухова в подтаежной зоне (Геоботаническое ..., 1989). Сведения о ПП, а также почвах со вторым гумусовым горизонтом в южных лесных кварталах заповедника и прилегающей пойме отрывочны (Фридланд, 1949; Тюрюканов, 2001). Специальных исследований этих почв, аналогичных тем, которые осуществлены на рязанском течении р. Оки (Кривцов и др., 2020), в бассейне р. Москвы (Александровский, Панин, 2013; Александровский и др., 2019; Ершов и др., 2019) и в других районах центра Русской равнины (Александровский и др., 2022), не проводилось.

В 2021 г. научным отделом ПТБЗ были инициированы спорово-пыльцевые исследования торфов верховых болот на севере заповедника одновременно с выявлением ПП и торфяных горизонтов в пойме р. Оки. Радиоуглеродным методом датирована колонка торфов в верховом болоте в северных кварталах ПТБЗ. В составе спорово-пыльцевых спектров обнаружено значительное присутствие пыльцы полыни и злаков, свидетельствующее о господстве открытых и полуоткрытых ландшафтов в первой трети голоцена, примерно до 7000 cal BP, и наличие открытых участков среди лесов в среднем и позднем голоцене (Ершова, 2022). На пойме р. Оки непосредственно в современном ареале произрастания степных растений между селом Лужки и деревней Республика ручным бурением было установлено распространение единого погребенного темноцветного горизонта, приуроченного к высокой пойме. В центральной части исследованного района была заложена траншея, вскрывшая на глубине от 1.2–1.5 м профиль темноцветной ПП.

Целью проведенных исследований являлось изучение строения и основных свойств обнаруженной ПП, определение ее классификационной принадлежности, реконструкция ландшафтно-климатической обстановки формирования, возможности существования в этих условиях степной флоры и установления признаков присутствия в ее составе основного эдификатора — ковыля перистого *Stipa pennata* L.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Площадь распространения ПП была прослежена стандартным почвенным буром. Вскрывающий ПП опорный разрез заложен в точке с максимальной мощностью погребенного гори-

зонта в северном борту безводного старичного понижения (оз. Большое), координаты 54.847906° N и 37.591870° E (рис. 1). Протяженность старицы 1 км, ширина 100–120, глубина 6–7 м, всхолмленное днище покрыто злаковой растительностью, по бортам произрастает редкий ивняк. Старица разделяет полого-холмистую пойму (северный борт) и выровненную пойму (южный борт). Старица и окружающая пойма затапливаются во время высоких весенних паводков. Пойма активно распаивается. Зона распахки примыкает к бровке старичного понижения. Преобладающими почвами в пределах надпойменных террас и водоразделов под смешанными лесами являются дерново-подзолы и подбуры разной степени оподзоленности, в основном легкого гранулометрического состава (Иванов, Шадриков, 2009). По классификации WRB (IUSS, 2022) практически все они относятся к Arenosols. На современной распаханной луговой пойме Оки, которая не попадает на территорию заповедника и находится в его охранной зоне, распространены преимущественно аллювиальные почвы (Fluvisols) также легкого гранулометрического состава — песчаного и супесчаного. Пойменные ландшафты Оки, согласно геоморфологическим исследованиям, имеют голоценовый возраст (Асаинова, Иванов, 2003). К северу от старицы оз. Большое вдоль границы произрастающих на песчаных дюнах сосновых боров Приокско-Террасного заповедника располагается основной ареал степной растительности, в том числе урочище “Долы” (Ковыльный дол) с характерными для Окской флоры ковыльными ассоциациями (Данилов, 1983; Зеленская и др., 2020).

Изучение современной почвы, ПП, перекрывающих и подстилающих отложений проведено в траншее шириной 120 см, вскрывающей борт понижения от его бровки до днища и углубленной в него на 1.5 м. Было выполнено полевое морфологическое описание погребенной и современной почв; по шкале Манселла в полевых образцах определен цвет горизонтов. Индексы почвенных горизонтов приведены по WRB (IUSS, 2022). Почвы классифицированы по Классификации и диагностике почв России (2004) и по WRB.

Подготовка почв для аналитических исследований проводилась по общепринятым методикам. Определение содержания С_{общ.} выполнено методом Тюрина в модификации Антоновой (Антонова и др., 1984); СО₂ карбонатов — манометрически по разнице давлений в контроле и образце в герметичных сосудах с пробками, в которых образцы реагировали с 10% соляной кислотой, результаты пересчитывали на С (С_{карб.}) (Воробьева, 2006); содержание органического

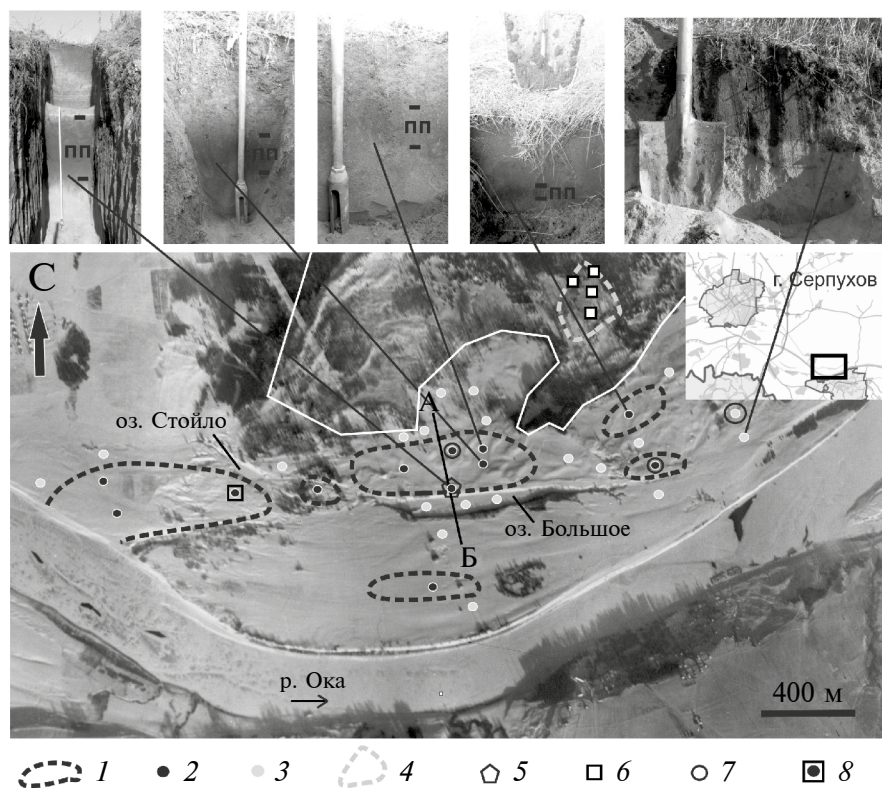


Рис. 1. Распространение погребенной почвы в пределах высокой поймы и точки опробования.

1 — ареал распространения темноцветной погребенной почвы; 2 — точки бурения почвенным буром и прикопки, в которых отмечено наличие погребенной почвы (фотографии прикопок сопровождаются обозначением горизонта погребенной почвы — ПП); 3 — точки бурения почвенным буром и прикопки, в которых не отмечено наличия погребенной почвы; 4 — ареал современного распространения ковыля в районе исследований (степное урочище “Долы” ПТБЗ); 5 — траншея оз. Большого; 6 — пробы современной почвы с наличием фитоцитов ковыля по профилю; 7 — пробы погребенной почвы и нижнего почвенного горизонта с отсутствием фитоцитов ковыля; 8 — пробы погребенной почвы с наличием фитоцитов ковыля. Белая линия — современная южная граница ПТБЗ. Линия А–Б — почвенно-геоморфологический профиль (рис. 3). В качестве основы использован аэрофотоснимок от 5 декабря 1941 г. (предоставлен ресурсом Luftfoto.ru).

углерода ($C_{\text{орг}}$) вычислялось вычитанием $C_{\text{карб}}$ из содержания $C_{\text{общ}}$; потери при прокаливании (ППП) — нагревом образца до 900°C в течение 1 ч (Аринушкина, 1970). Гранулометрический состав определен методом пипетки с использованием пирофосфата натрия для диспергирования, фракции рассчитаны на абсолютно сухую навеску с учетом определения гигроскопической влаги; микроагрегатный состав выполнен методом Качинского с использованием воды в качестве диспергатора (Вадюнина, Корчагина, 1986). В почвенной суспензии при соотношении вода : почва 2.5 : 1 потенциметрически определяли рН водной вытяжки. Дитионитовую и оксалатно-экстрагируемую фракции железа проанализировали (Воробьева, 2006) на спектрофотометре Cary 60 (Agilent Technologies, США). Путем соотнесения оксалаторастворимого (аморфного) железа к дитионит-экстрагируемому (свободному, несиликатному) рассчитан индекс Швертмана, характеризующий степень гидроморфизма почв гумидных ландшафтов (Зайдельман, 1991).

Микроморфологический анализ шлифов и их фотосъемка проведены на микроскопе AxioScope A1 Carl Zeiss (Германия) в ЦКП ИФ-ХиБПП РАН. Шлифы для микроморфологического анализа отобраны погоризонтно по всему профилю ПП, а также в горизонтах Ah1 и BC современной почвы.

Радиоуглеродное датирование материала верхнего (0–10 см) гумусового горизонта ПП проведено в Радиоуглеродной лаборатории кафедры геологии и геоэкологии Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена, под руководством д.г.н. М.А. Кульковой.

Микробиоморфный и фитоцитный анализы были применены как при изучении образцов из разреза современной и ПП (траншея оз. Большое), так и образцов из верхнего горизонта ПП, отобранных при бурении в разных местах поймы. Обработку проб выполняли мокрым просеиванием на сите 0.25 мм, с последующим

удалением песка и выделением из полученного осадка органического материала в тяжелой жидкости ($KI + CdI_2$, плотностью 2.2 г/см^3). Основные исследования полученных мацератов проводили с использованием светового микроскопа AxioScope A1 Carl Zeiss (Германия) при 100 и 400-кратном увеличении с применением фазового контраста и сканирующего электронного микроскопа Vega 3 Tescan (Чехия) в режиме высокого и переменного вакуума с использованием анализаторов BSE и SE. Названия морфотипов в скобках приведены прописными латинскими буквами согласно требованиям международной номенклатуры (International Code for Phytolith Nomenclature (ICPN) 2.0, 2019). В образцах выявлялись все биогенные компоненты: панцири диатомовых водорослей, спикеры пресноводных губок, пыльца, споры, фитолиты, угли и растительный детрит.

Особое внимание уделялось фитолитам ковыля *Stipa pennata* L., который является одним из основных эдификаторов современной степной Окской флоры (Данилов, 1983). Для выяснения вопроса накопления характерных для *Stipa pennata* L. фитолитов в почвах был проанализирован материал верхних горизонтов современных почв, формирующихся на единственном крупном участке распространения ковыля этого вида в урочище “Долы” ПТБЗ. Здесь были отобраны верхние 0–5 см современной почвы в северо-западной, северо-восточной и южной части так называемого “Ковыльного дола”. Для выяснения особенностей формирования фитолитного профиля и возможности миграции фитолитов *Stipa pennata* L. по профилю в центре “Ковыльного дола” были отобраны образцы с глубин 0–5 см, 5–10 см, 10–30 см. С поверхности были отобраны наземные части и корневища *Stipa pennata* L. для определения характерных фитолитов непосредственно в растительных образцах.

Выделение фитолитов из современной растительности проводилось сухим озолением в муфеле. Отбор проб для создания базовой коллекции фитолитов проводили в конце вегетационного периода, когда окремнение клеток в тканях максимально. Для анализа выбирали около 10 экземпляров растений, которые полностью погружали в моющий раствор в ультразвуковой ванне 30 мин, чтобы очистить от возможных загрязнений. Чистые растения высушивались в сушильном шкафу до полного высыхания. Далее растительный материал нарезали и озоляли фарфоровых тиглях в течение 12 ч при 450°C , чтобы убрать органическое вещество. Полученную золу обрабатывали 5% соляной кислотой для удаления растворимых веществ, разбавляли дистиллированной водой и фильтровали через

систему вакуумной фильтрации на мембранных фильтрах МФАС СПА с диаметром пор 1.5–3 мкм. Затем золу микроскопировали для определения набора характерных форм.

Присутствие фитолитов ковыля в почвенном материале определялось по набору характерных для этого рода форм [(Сперанская и др., 2014); сравнение с собственной/авторской коллекцией, представленной на рис. 2], в том числе Bilobate — одной из характерных форм, ранее выделяемых в англоязычной литературе как “stipa type” (Barboni and Bremond, 2009; Gutiérrez et al., 2011; Morris et al., 2010; Silantyeva et al., 2018; Stromberg, 2005) и stipa-bilobate short cell (An et al., 2015; Menéndez et al., 2009), которую также называют гантелевидная короткая клетка (Гольева, 2001), двулопастная трапезиевидная форма (Лада, Гаврилов, 2016). В первую очередь определялись соотношение доминирующих (не видоспецифичных) форм между собой и наличие специфичных форм фитолитов, которые встречаются в небольшом числе (усеченные округлые и конусовидные частицы, трапезиевидные короткие частицы, особые формы трихом).

Палинологический анализ проводили погоризонтно для профилей современной и ПП в разрезе траншеи оз. Большое. Обработка проб для палинологического анализа выполнялась в образцах массой 30 г с использованием сепарационного метода В.П. Гричука (Палеопалинология, 1966; Пыльцевой ..., 1950).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Погребенная почва, легко определяемая в шурфах и в буровых колонках по черному цвету и легкому супесчаному гранулометрическому составу, распространена в пределах высокой поймы. Ареал ее протягивается полосой шириной около 200–300 м севернее цепочки старичных понижений, в числе которых оз. Большое (см. рис. 1). Рельеф поймы в этой части осложнен рядом дюнных всхолмлений. В междюнных понижениях и вблизи бровки стариц погребенная почва имеет наибольшую мощность (0.5–0.8 м) и залегает на песках на глубине 1–1.5 м от дневной поверхности под чехлом суглинисто-супесчаных наносов (см. рис. 3). На вершинах дюн и по северной кромке поймы горизонт наносов выклинивается и залегающая на песках погребенная почва небольшой мощности (0.1–0.3 м) местами непосредственно подстилает современную, имея облик второго гумусового горизонта в профиле. Таким образом, погребенная почва облекает пойменный дюнный рельеф, залегает на разных глубинах и имеет разную мощность в зависимости от высотного уровня, что должно быть связано

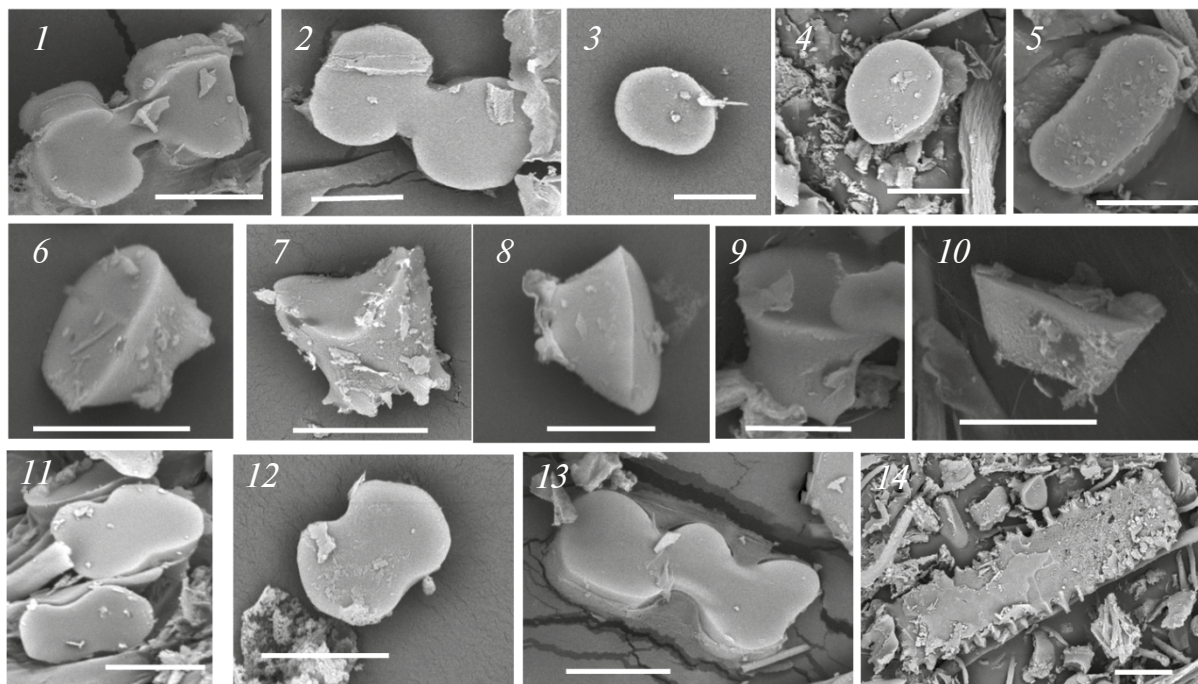


Рис. 2. Индикационные формы фитолитов для *Stipa* sp. (фото из авторской коллекции): 1 — двулопастная короткая (Bilobate) форма — *Stipa pennata*; 2 — *Stipa lessingiana*; 3, 4 — усеченные округлые частицы (Rondel); 5 — седловидная форма (Saddle) — *Stipa capillata*; 6–9 — усеченные конусовидные частицы (Rondel) — *Stipa lithophila*; 10–12 — трапециевидные короткие формы (Trapezoid) — *Stipa lessingiana*; 13 — трапециевидная несимметричная частица (Polylobate) — *Stipa lessingiana*; 14 — удлиненная зубчатая (Elongate entire) — *Stipa pennata*. Масштаб линейки — 10 мкм.

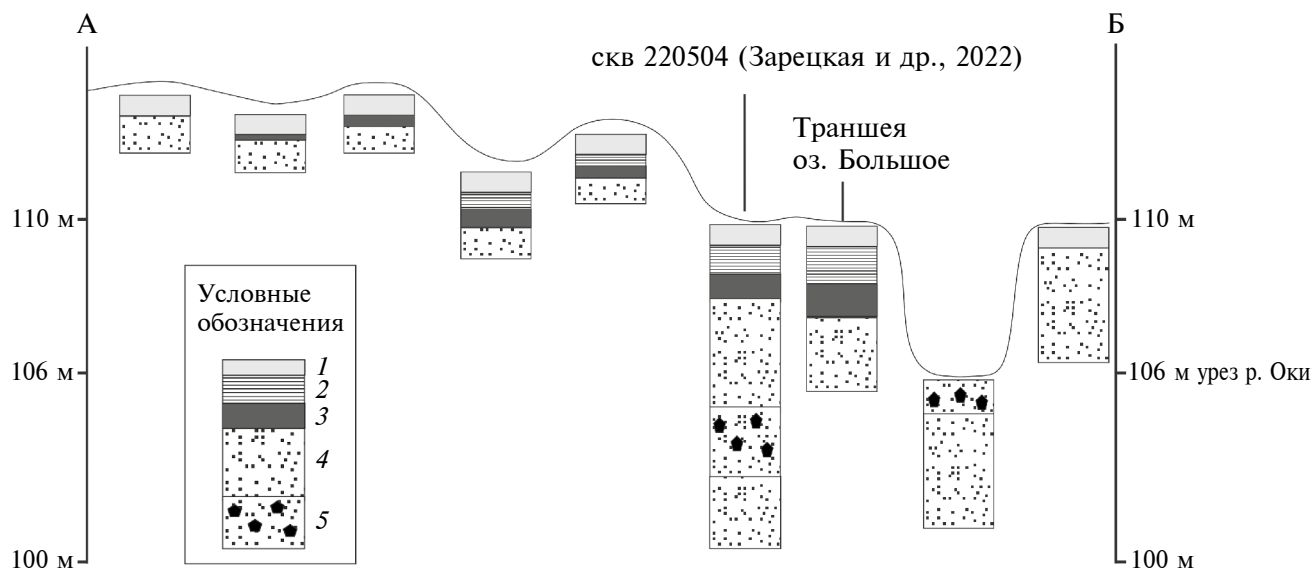


Рис. 3. Почвенно-геоморфологический профиль через фрагмент поймы р. Оки от границы леса до старицы оз. Большое: 1 — современная почва; 2 — слоистая толща песков, супесей и суглинков; 3 — погребенная темноцветная почва; 4 — средне и крупнозернистые пески; 5 — средне- и крупнозернистые пески с включением обломочного материала (гравий, древесва, щебень и плохо окатанная галька).

с частотой речных разливов и соответствующей увеличенной мощностью аллювиальных наносов в междюнных понижениях. Погребенная почва, таким образом, формировалась на дюнных песках, после завершения их аккумуляции, и в настоящее время представляет собой погребен-

ный горизонт (в местах с мощными наилками) и второй гумусовый горизонт (в местах, где общая мощность почвы над материковым песком мала).

В траншее оз. Большое, расположенной по склону от бровки пойменного уступа, до глубины 55 см вскрывается профиль современной

почвы. Современная почва подстилается прослой тонкослоистого песчаного, супесчаного и суглинистого материала. С глубины 120 см следует профиль ПП. Морфологическое описание профилей исследуемых почв приведено в табл. 1 и на рис. 4.

Сравнение морфологического строения рассматриваемых почв показало, что современная почва имеет меньшую мощность профиля, более светлую окраску гумусового горизонта Ah, в котором присутствуют следы деятельности землероев. Структура непрочная

Таблица 1. Морфологическое строение изученного разреза

Горизонт, слой, глубина, см	Описание
Современная почва	
<i>Аллювиальная серогумусовая типичная постагрогенная легкосуглинистая (Eutric Fluvisol (Siltic, Aric, Drainic))</i>	
Ah1, 0–10	Сырой. Серый, 10YR3/2, густо переплетен корнями травянистых растений, легкий/средний суглинок, комковато-зернистая структура, граница волнистая. Материал всего профиля очень слабо вскипает под действием HCl.
Ah2, 10–30(32)	Свежий. Темно-бурый, 10YR4/1 — 3/2, при подсыхании сереет до 10YR5/1, пылеватый суглинок, комковато-зернистая структура с крупными зернистыми отдельностями. Присутствует почвенная фауна (живые нематоды). Переход постепенный по цвету и уменьшению содержания корней.
AB, 32–50(55)	Свежий. Неоднородно окрашенный — в серой массе присутствуют светлые пятна, приуроченные к опесчаненным зонам. Окраска темного материала — 10YR3/3, более светлых зон — 10YR6/3. Структура непрочной-комковатая с горизонтальной делимостью. В нижней части появляются признаки неясной слоистости.
Cal, 55–120	Слой с прослоями разного состава: песчаные, суглинистые темные и светлые прослои, 10YR6/3 — 5/6, чередуются с переотложенными прослоями оструктуренных педоседиментов, 10YR4/3 — 5/3. Прослои не выдержаны по простиранию, имеют резкие границы.
Погребенная почва	
<i>Аллювиальная темногумусовая типичная среднесуглинистая или Fluvic Stagnic Phaeozem (Loamic)</i>	
[Ahb1], 120–136, [0–16]	Сухой. Черный, 5YR2.5/1, средний суглинок, уплотненный, структура комковато-порошистая с зернистыми отдельностями. Хорошо выражена копрогенная переработка материала, единично встречаются мелкие корешки современной травянистой растительности. Переход постепенный по цвету. С поверхности и глубже по профилю материал слабо вскипает под действием HCl. <i>SPb_4017 P-CV-21 (гумины из почвы) 2450 ± 30BP (2σ 2783 — 2360 calBP)</i>
[Ahb2], 136–150, [16–30]	Свежий. Черный с бурым оттенком (7.5YR3/2) при подсыхании 7.5YR3/1, средний суглинок, уплотненный, зернисто-комковатая структура. Зерна около 3 мм, лишены кулан. Комковатые отдельности до 2–3 см. Граница волнистая, переход заметный по цвету. <i>UOC-18183 (уголь сосны) median 4530 calBP (Пономаренко и др., в подготовке)</i>
[Ahb3], 150–168, [30–46(48)]	Свежий. Светло-серый (10YR3/2) с нарастанием бурых тонов в окраске (10YR4/2). Уплотненный опесчаненный суглинок с отмытыми песчаными зернам. Зернисто-комковатая с увеличением размеров комковатых отдельностей до 5 см и уменьшением зернистых. Ходы бывших корней окрашены в бурые тона. Присутствуют ходы червей. Переход заметный по цвету, граница волнистая. <i>UOC-18184 (уголь дуба) median 4780 calBP (Пономаренко и др., в подготовке)</i>
[ABb], 168–190, [48–70]	Свежий. Бурый, 10YR3/3 — 4/3, супесчаный, комковатый с единичными призматическими отдельностями. Встречаются светлые и темные пятна диаметром до 2 см, связанные, по-видимому, с ходами мелких землероев или насекомых, присутствуют признаки жизнедеятельности червей, выраженные в присутствии материала, обладающего вермикулярной структурой. Материал при растирании хорошо мажет рыже-бурыми тонами. Переход заметный по цвету и структуре. Граница слабоволнистая.
[BCb], 190–210, [70–90]	Свежий. Неоднородно окрашенный в темные бурые тона 10YR2/1, средней 7.5YR4/4 — 5/4 и светлой 2.5YR7/6 — 6/6 интенсивности. Грубый песок, рыхлый, бесструктурный. Признаки застоя влаги отсутствуют. Переход заметный.
Cb, 210–230, [90–120]	Песок желтого цвета 10YR7/6 — 8/6, несвязный, грубый, с признаками легкого ожелезнения на поверхности песчаных зерен. Присутствуют два землеройных хода диаметром 10 см, заполненные темным минеральным материалом.

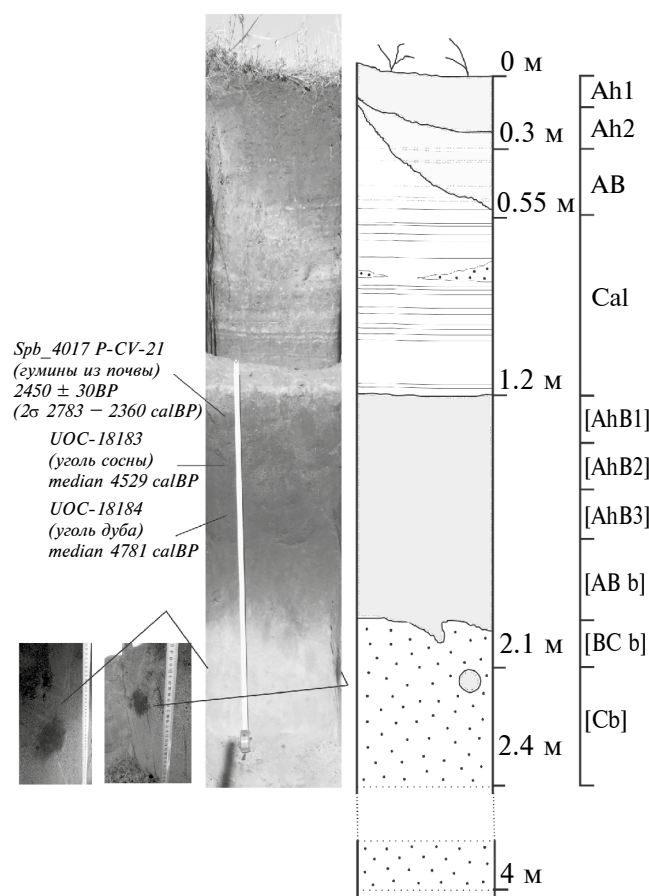


Рис. 4. Общий вид изученного разреза; почвенные горизонты указаны в соответствии с табл. 1.

комковато-зернистая; в горизонте АВ — непрочная комковатая. В горизонте АВ хорошо заметна аллювиальная слоистость. В подстилающем профиле слое Cal наряду с песчаными и суглинистыми прослоями, лишенных признаков почвообразования, встречаются прослойки утяжеленного гранулометрического состава темно-серой окраски с явными признаками педогенеза. Они состоят из переотложенного гумусированного почвенного материала (педоседименты), накопившегося в периоды активизации паводков либо представляющие собой гумусированный материал молодых инициальных почв.

В ПП мощность гумусового профиля ([Ah] + [AB]) на 20 см больше, чем в современной. Гумусовый горизонт имеет черную окраску, подразделяется на три подгоризонта, в которых постепенно сверху вниз в окраске усиливаются бурые тона. Структура зернисто-комковатая прочная, хорошо выражены признаки деятельности мезофауны. В нижней части профиля встречена нора сравнительно крупного землероя диаметром 8–9 см, прослеженная на разных стенках разреза. Гумусовая часть профиля ПП в целом обладает более тяжелым грануломет-

рическим составом, по сравнению с таковой в современной почве. В ней отмечаются признаки перераспределения оксидов железа.

Микроморфологический анализ гор. Ah современной почвы выявил неоднородное микростроение материала, слабую его микроагрегированность с доминированием угловатых микроагрегатов и единичным присутствием мелких зернистых их форм (рис. 5а, б). Присутствуют микрозоны консолидированного сложения, в которых микроагрегация отсутствует (рис. 5в). Прослеживается неравномерная, в виде аморфных пятен, пропитка материала бурыми формами дисперсного гумуса. Деятельность мезофауны выражена крайне слабо. Минеральная основа представлена преимущественно слабо окатанными зернами кварца с присутствием на поверхности отдельных зерен тонких трещин.

Материал гумусового горизонта ПП организован более сложно и состоит из многопорядковых черных микроагрегатов, которые присутствуют как в верхней части горизонта ([Ahb1]) (рис. 5г), так и в глубже залегающих его подгоризонтах (рис. 5д, е). Хорошо выраженные скопления зернистых копрогенных агрегатов указывают на активную деятельность в профиле мезофауны (рис. 5ж). Материал верхних горизонтов характеризует равномерная пропитка черными формами консолидированного гумуса, выделения которого присутствуют в горизонтах [Ahb] и [BC]. С самого верха профиля до горизонта [ABb] среди темных микроагрегатов присутствуют в виде пятен выделения Fe-Mn оксидов (см. рис. 5ж). Начиная с нижней части гумусового горизонта [Ahb3], тонкодисперсное вещество основы имеет признаки оптической ориентации — чешуйчатый, местами волокнистый типы ориентации (рис. 5з). Абсолютно доминирующие в составе материала основы зерна кварца в горизонте [BCb] более окатаны, чем в верхней части профиля (рис. 5и). Практически все они в ПП на поверхности имеют трещины.

Современная почва (рис. 6а) имеет среднесуглинистый иловато-крупнопылевый гранулометрический состав с облегчением до среднеспесчано-крупнопылеватого в горизонтах Ah2–AB. Фракция крупной пыли преобладает по всему ее профилю. Верхние гумусовые горизонты ПП имеют тяжелосуглинистый среднеспесчано-иловатый гранулометрический состав. С глубиной отмечено резкое преобладание фракции среднего песка — легкий суглинок сменяется супесью, затем рыхлым песком.

Анализ микроагрегатного состава (рис. 6б) показывает различие оструктуренности гумусовых горизонтов палео- и современной почв. Фактор дисперсности (отношение ила “микроагрегатно-

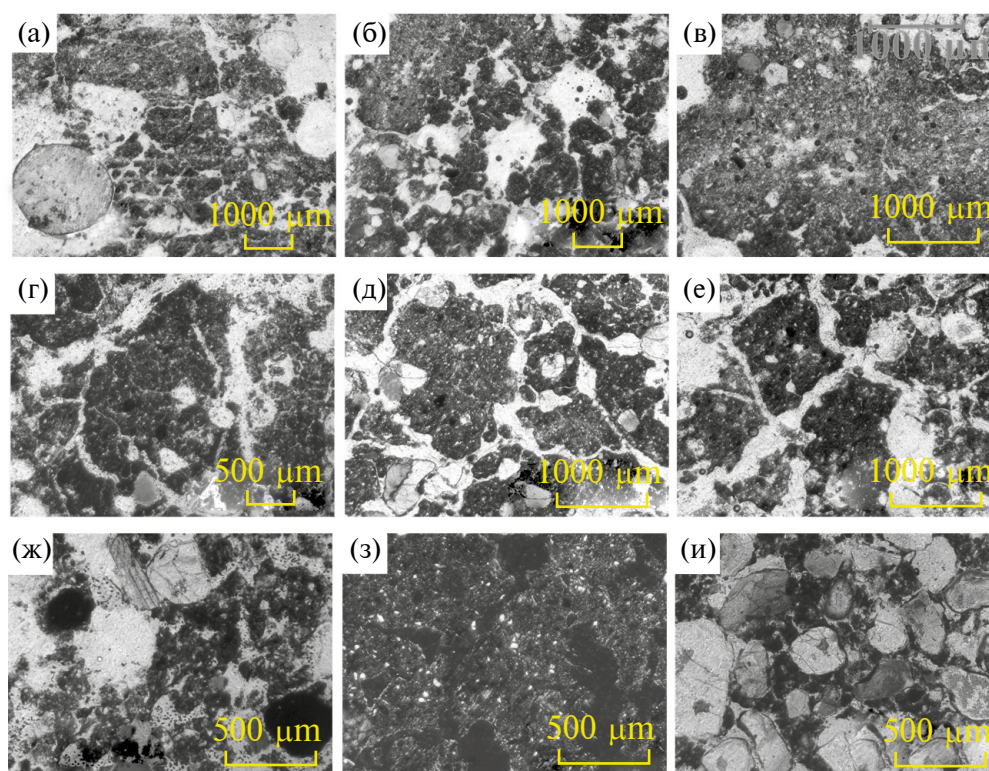


Рис. 5. Микроморфологическое строение современной и погребенной почв. Горизонты: (а–в) Ah; (г) [Ahb1]; (д) [Ahb2]; (е) [Ahb3]; (ж) [Ahb1]; (з) [Ahb3]; (и) [BCb]. Пояснение к рисунку см. в тексте. Фотографии (а–ж), (и) сняты без анализатора, (з) — с анализатором.

го” к илу “гранулометрическому”) в двух верхних горизонтах современной почвы составляет около 6%, в верхних горизонтах ПП — около 4%, что указывает на более высокую прочность микроструктуры этих горизонтов ПП по сравнению с таковыми в современной почве. По водопрочности структуры, определяемой на основании коэффициента структурности K_a (Вадюнина, Корчагина, 1986), верхние горизонты современной и ПП демонстрируют полное сходство (K_a около 65%). В горизонте Ah2 ПП структура более водопрочная, чем в таком же горизонте современной почвы (K_a равен 69% против 61% соответственно).

По величинам водного pH рассматриваемые почвы обладают близкими к нейтральным значениями и различаются незначительно: в гумусовом профиле современной почвы показатель составляет 7.0 и постепенно увеличивается книзу до 7.3. В ПП с поверхности и до горизонта [ABb] включительно pH не превышает 6.9, а в горизонтах [BC] и [C] — 7.3 (рис. 6в).

Содержание органического углерода ($C_{орг}$) в современной почве в горизонте Ah1 составляет 2.5%, в горизонте Ah2 убывает в два раза и глубже по профилю продолжает постепенно снижаться (рис. 6г). В подстилающем песчаном аллювии (Cal) его содержание составляет 0.5%,

подтверждая наличие в нем органогенного материала.

В ПП до глубины 30 см содержание $C_{орг}$ составляет 1.5–1.6% и с глубиной постепенно убывает до нулевых значений в горизонтах [BCb] и [Cb]. Учитывая, что при длительности погребения около 2.5 тыс. л. в результате диагенетической биоминерализации содержание $C_{орг}$ в почве убывает примерно в два раза (Иванов и др., 2009), можно предположить, что на момент погребения оно составляло около 3%, т.е. было больше, чем в современной почве, и такое содержание было характерно для большей толщи гумусового профиля ПП по сравнению с современной.

Содержание углерода карбонатов ($C_{карб}$) в современной и погребенной почвах очень близко и составляет 0.15–0.17% до горизонтов АВ включительно (рис. 6д). В современной почве и в аллювиальных отложениях содержание $C_{карб}$ возрастает до 0.21, а в погребенной — убывает до 0.08–0.10%.

В показатели потерь от прокаливания (ППП), т.е. в разницу веса почвы до и после нагревания при 900°C при свободном доступе воздуха, входят химически связанная вода, гумус, CO_2 карбонатов, адсорбированные газы и хлориды (Аринушкина, 1970). Ввиду того, что

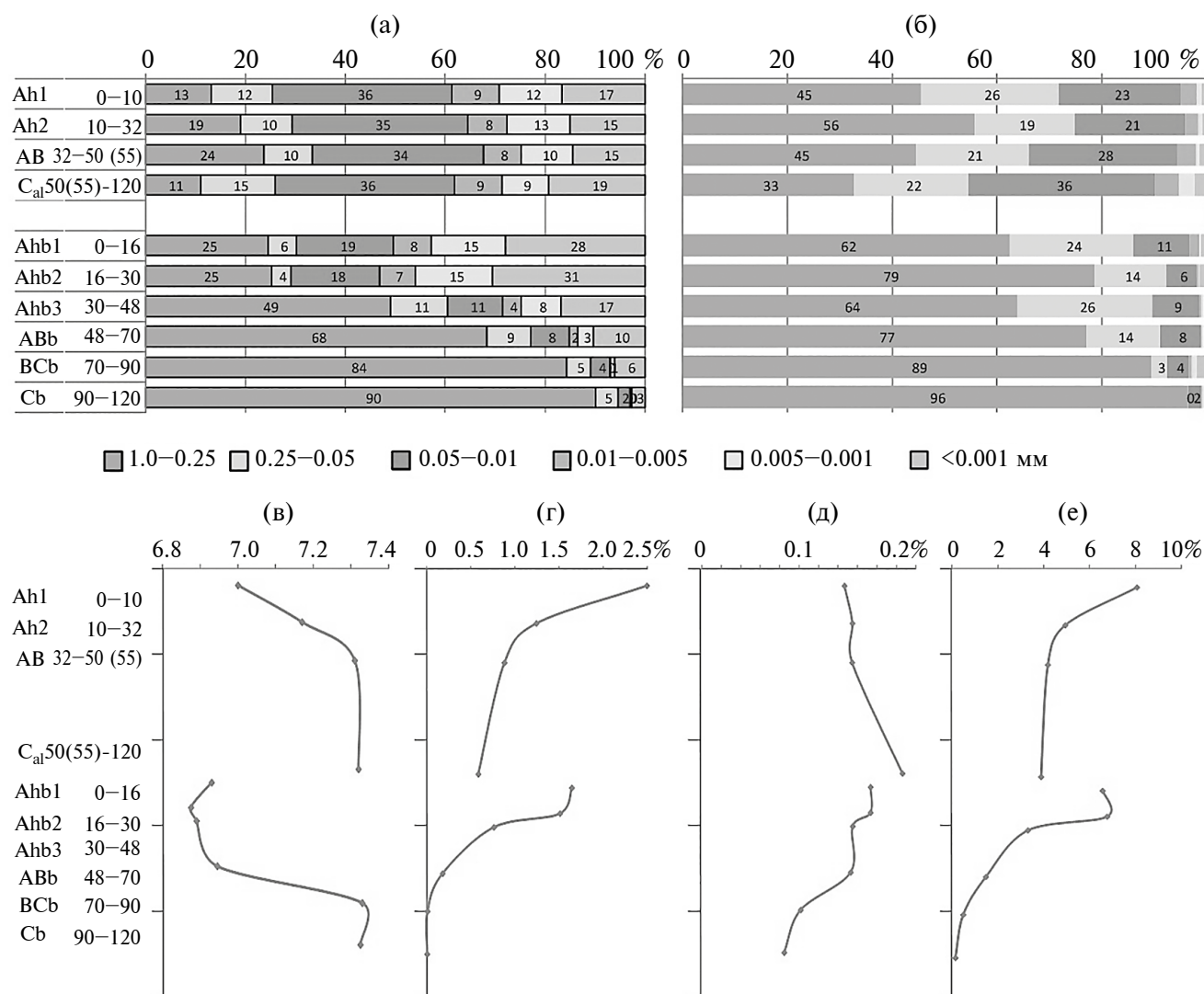


Рис. 6. Физико-химические свойства почв изучаемого профиля (вверху — современная почва, внизу — ПП, глубины горизонтов даны от поверхности ПП): (а) гранулометрический состав; (б) микроагрегатный состав; (в) pH водный; (г) углерод органический; (д) углерод карбонатный; (е) потери при прокаливании.

содержание $C_{\text{карб}}$ в изучаемых почвах невелико и различается слабо, кривая распределения ППП как в современной, так и ПП повторяет кривую распределения $C_{\text{орг}}$.

По содержанию и распределению форм железа изучаемые почвы проявляют некоторые различия (табл. 2). Содержание дитионит-цитратных форм (Fed) в современной почве по профилю почти не варьирует, и составляет 0.27–0.30%. В ПП мы видим аккумулятивный характер распределения этих форм: от 0.45–0.46 в горизонтах [Ahb1]–[Ahb2] с постепенным убыванием в горизонтах [Ahb3]–[Abb] до 0.31–0.19% и резким снижением (0.08–0.04%) в нижних горизонтах. В гумусовых горизонтах ПП по сравнению с современной более чем в два раза выше процентное содержание оксалатно-растворимых форм железа (Feo). Значения коэффициента Швертмана в двух верхних горизонтах ПП так же почти в два раза выше таковых в совре-

менной почве. В нижних частях профилей рассматриваемых почв значения коэффициента выравниваются. Подобное распределение форм железа по профилям изученных почв согласуется с макро- и микроморфологическими наблюдениями — обнаружением в погребенной почве в гумусовом профиле пятен Fe-Mn оксидов. Вероятно, поверхностным горизонтам погребенной почвы был свойственен сезонный или периодически застойный режим влаги, что оправдывает применение квалификатора Stagnic в классификационном названии этой почвы.

Микробиоморфный анализ. Установлено, что споры и пыльца в значимом (около 200 шт.) количестве были обнаружены только в материале гумусово-элювиального горизонта Ah современной почвы. Палиноморфы в образцах ПП отсутствуют. Основной причиной низкой эффективности этого анализа является плохая сохранность палиноморф из-за формирования

Таблица 2. Формы соединений железа* (измеренные и расчетные) в почвах изучаемого разреза

Почва	Горизонт, глубина, см	Fed, %	Feo, %	Fec, %	Feo/Fed (коэффициент Швертмана)
Современная	Ah1, 0–10	0.30	0.12	0.18	0.39
	Ah2, 10–32	0.27	0.10	0.17	0.37
	AB, 32–50(55)	0.21	0.09	0.12	0.43
	Cal, 50(55)–120	0.27	0.12	0.15	0.45
Погребенная	Ahb1, [0–16]	0.46	0.30	0.15	0.67
	Ahb2, [16–30]	0.45	0.27	0.18	0.60
	Ahb3, [30–48]	0.31	0.15	0.17	0.47
	ABb, [48–70]	0.19	0.08	0.11	0.43
	BCb, [70–90]	0.08	0.03	0.05	0.37
	Cb, [90–120]	0.04	0.01	0.03	0.25

Примечание: * формы железа: Fed — извлекаемые дитионит-цитратной вытяжкой по Мера-Джексону, несиликатные оксиды и гидрооксиды; Feo — извлекаемые оксалатной вытяжкой по Тамму, аморфные или слабоокристаллизованные; Fec — Fed-Feo, расчетные, несиликатные, хорошо окристаллизованные.

отложений в заливаемой пойме р. Оки. Вероятно, палинологический материал разрушается как при седиментации в водной среде (гидродинамические процессы), так и уже в осадке (химико-биологические процессы диагенеза). С уплотнением осадка процессы трансформации палинологического материала должны приостанавливаться, но в толщах легкого гранулометрического состава из-за хорошей аэрации могут продолжаться длительное время. В нашем случае, времени и условий достаточно для полного разрушения палинологического материала в ПП.

Анализ горизонта Ah современной почвы показал довольно разнообразный фитолиитный спектр низкой насыщенности (рис. 7).

Фитолиитный спектр характеризует луговое разнотравье с элементами ксерофитной флоры. Определены характерные для осок воронковидные (*Acute bulbosus*) формы. Выявленные остатки тканей, характерные для хвойных, при отсутствии кубических и массивных (*Blocky*) фитолиитов, характерных для их хвои, представляют собой занос, но скорее всего недалекий — 200–300 м, и характеризуют *Pinus sylvestris* L. Обугленные остатки тканей однодольных и проводящих сосудов сосны указывают на пожары. Отмечены остатки раковин диатомовых водорослей, спикулы губок в небольшом количестве — около 2%. Выявлены мицелий и плодовые тела почвенных микрогрибов и лигнифицированные остатки растительных тканей. Образец насыщен также разнообразными палинологическими остатками (преобладают сем. *Pinaceae*).

Горизонт AB характеризуется увеличением концентрации и разнообразия фитолиитов, что вероятно связано с более полным разложением здесь поступившего в почву растительного материала. Отмечен высокий процент изъезженных форм — 22% и отсутствие остатков семейства *Pinaceae*, в том числе их фитолиитов. Выявлены крупные, более 200 мкм, удлинённые формы. Фитолиитный спектр отражает хорошо развитый растительный покров со злаками. Встречено много остатков почвенных грибов. Заметны спикулы губок и раковины диатомовых водорослей, которые составляли до 13% от общего числа микробиоморфов. Их наличие указывает на повышенный гидроморфизм верхних горизонтов современных почв ключевого участка, что типично для почв пойм/заливных территорий, на которые оказывают влияние талые и паводковые воды в определенные периоды года. Микробиоморфный комплекс современной почвы выявил признаки переувлажнения (возможно периодического затопления), а также вероятную смену растительного сообщества во время формирования горизонта AB.

Микробиоморфные спектры верхних горизонтов ПП довольно схожи между собой по содержанию диагностических групп фитолиитов. Их отличает хорошая насыщенность и разнообразие фитолиитов. Отмечен довольно высокий процент корродированных форм 11–17% фитолиитного спектра, что вероятно связано с их сохранностью при периодическом переувлажнении или застойном режиме влаги. Спикулы, диагно-

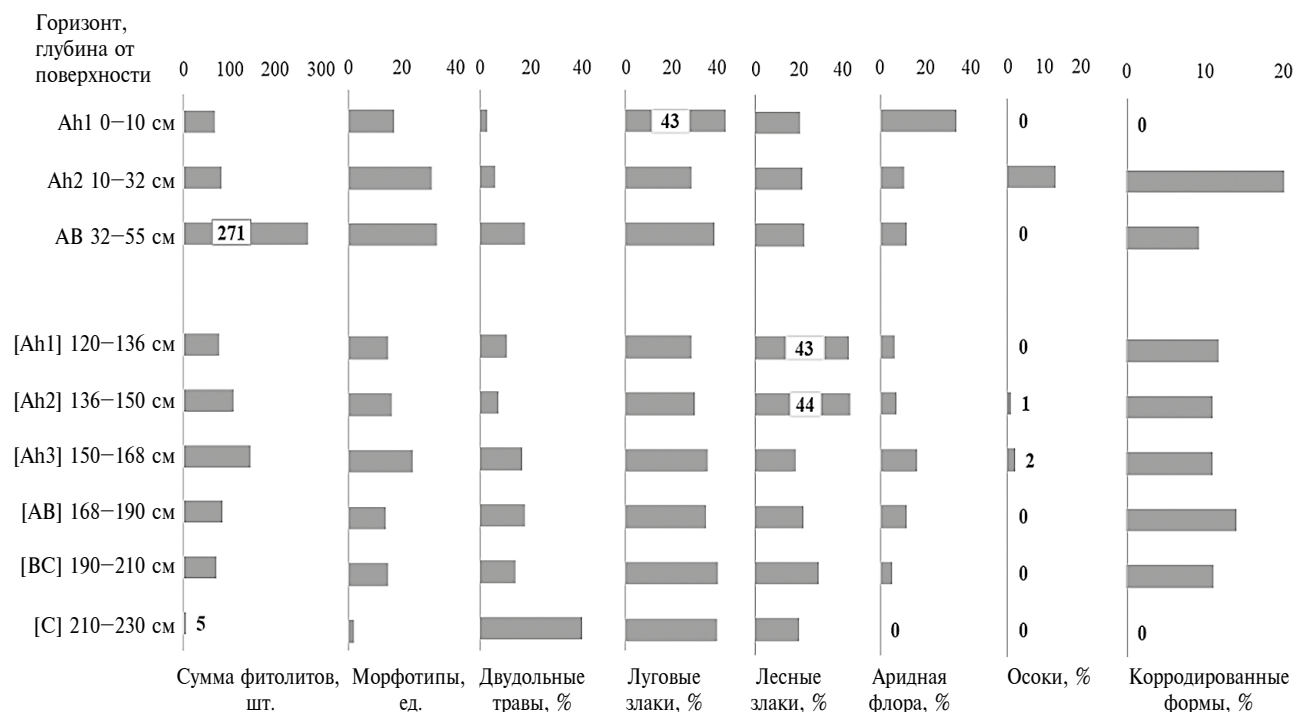


Рис. 7. Распределение диагностических групп фитоцитов в современном и погребенном профилях из исследованного разреза.

переувлажнения в органо-аккумулятивных горизонтах ПП выявлены единично, однако отмечены остатки осок в небольшом 1–2% количестве. Одинаковое содержание луговых и лесных форм и единичные массивные формы хвойных позволяют реконструировать лугово-лесную растительную ассоциацию с доминированием в древостое хвойных пород. Массовая встречаемость обугленных остатков указывает на частые пожары.

Следует подчеркнуть, что при низкой доле воронковидных (*Acute bulbosus*) форм, характерных для осок, их присутствие в фитолитных спектрах позволяет уверенно диагностировать участие представителей этого семейства в растительном покрове. На границе перехода к минеральным горизонтам ПП возрастает разнообразие фитолитного спектра, в его составе присутствуют диагносты, как переувлажнения, так и сухих условий, что указывает на увеличение разнообразия растительных ассоциаций.

В минеральных горизонтах начинается обеднение микробиоморфного комплекса, заметно снижается количество фитоцитов. Спектр горизонта [BC] ПП схож со спектром горизонта AB современной почвы. Он отражает растительность, представленную разнотравьем с незначительным участием луговых и лесных злаков.

Микробиоморфный комплекс подстилающего слоя аллювиальных отложений содержит единичные фитоциты, что связано с кратковре-

менностью нахождения вблизи дневной поверхности и заносным характером фитоцитов.

Результаты фитолитного и микробиоморфного анализов позволяют начальные этапы формирования ПП связать с господством разнотравно-злаковой растительности. Наиболее активный этап развития ПП связан с лугово-лесной стадией, что выражено в преобладании в аккумулятивно-гумусовых горизонтах ПП группы лесных злаков. В формировании облика территории этого времени определенную роль играли пожары. Диагносты переувлажнения затопления — спикеры губок и раковины диатомовых водорослей в горизонтах Ah малочисленны, что может быть объяснено снижением плодородия территории.

Аридные формы в фитолитных спектрах представлены формами с многочисленными шипиками или зубчатыми отростками. Доля аридных форм в горизонте Ah современной почвы — 34%, в образцах ПП колебалась 6–16%. В материале исследованного разреза не выявлено форм, характерных для ковылей — двулопастных (*Bilobate*) и усеченно-конических (*Rondel*) форм фитоцитов.

Анализ фитоцитов ковыля *Stipa pennata* L. Изучение литературных данных (Сперанская и др., 2014) и собственные исследования растительного материала современных ковылей видов *Stipa pennata* L., *S. capillata* L., *S. lessingiana* Trin. & Rupr., *S. lithophila* P.A. Smirn. ex Roshev

показали, что основные формы представлены двулопастными короткими (Bilobate), усеченными округлыми (Rondel), усеченными конусовидными (Rondel), трапециевидными короткими (Trapezoid) и несимметричными волнистыми (Polylobate), удлинёнными зубчатыми (Elongate entire), трихомами с хорошо выраженной остью (Acute bulbosus) и седловидными (Saddle) фитолитами (см. рис. 2).

Растительный материал ковыля перисто-го *Stipa pennata* L., отобранный на участке “Ковыльного дола” ПТБЗ, в заметном количестве содержит двулопастные короткие, усеченные округлые, усеченные конусовидные, трапециевидные короткие частицы и особые формы трихом, что позволяет отнести эти морфотипы фитолитов к его диагностическим формам. Для диагностики ковылей при фитолитном анализе использовали весь спектр форм, характерных для ковылей (табл. 3, см. рис. 2).

Установлено, что все образцы почв ковыльно-го участка хорошо насыщены фитолитами. Для каждого образца подсчитано 200 шт. Выявлено, что все образцы содержат “stipa-type” — короткие двулопастные клетки (Bilobate) за исключением глубин 5–10 см (см. табл. 3). Кроме того, в образцах отмечено присутствие усеченных округлых (Rondel), усеченных конусовидных (Rondel), трапециевидных коротких (Polylobate) и удлинённых зубчатых (Elongate entire) форм. Совокупная доля этих форм в исследованных поверхностных (0–5 см) образцах составляла от 14 до 40%, с наибольшим разнообразием и количеством в южной и центральной частях дола, чему, по-видимому, способствовала распашка (перемешивание и вынос фитолитов на глубину) этого участка в 1930-х годах (Опросы ..., 1974). Распределение фитолитов по профилю показало отсутствие их в центральной части дола на глубине 5–10 см, где отмечено малое содержание усеченно-конической (Rondel) и двулопастной (Bilobate) форм на глубине 10–30 см. Полученные результаты позволяют утверждать, что признаки произрастания ковылей закрепляются в фитолитном спектре современных почв, даже при недлительном (с 1930-х годов по настоящее время) их произрастании на участке.

Широко представленные в материале профилей современных почв “Ковыльного дола” фитолиты, характерные для *Stipa pennata* L., который является основой травостоя современных ковыльных растительных сообществ ПТБЗ, в изучаемом разрезе современной и ПП траншеи оз. Большое не выявлены. Для образцов ПП высокой поймы, отобранных почвенным буром, фитолиты ковыля также не характерны, и только в одном случае (оз. Стойло) на глубине 0.5–0.6 м

установлено их наличие (см. табл. 3, обр. 7); причем по разнообразию форм можно полагать, что здесь это не занос педотурбацией, а признак произрастания ковыля непосредственно в период формирования ПП.

Суммируя результаты исследования фитолитов ковыля в ПП можно сделать предварительный вывод о присутствии ковыля во флоре верхней поймы во время формирования ПП (средний-поздний голоцен) ограниченно в ре-фугиумах небольших размеров. Данное утверждение требует подкрепления дальнейшими исследованиями с более широким опробованием образцов ПП и дополнительным радиоуглеродным датированием.

ВЫВОДЫ

В районе среднего течения р. Оки на левобережной пойме на территории, прилегающей к Приокско-Тerrasному государственному биосферному заповеднику, в районе современного расположения наиболее северных степных фитоценозов Русской равнины, в верхней части толщи песчаных отложений установлено присутствие погребенной почвы. Она хорошо диагностируется в разрезах, в прикопках, в буровых колонках, обладает черным цветом, легкосуглинистым, опесчаненным или песчаным гранулометрическим составом.

ПП распространена в пределах высокой поймы, протягиваясь единым горизонтом в полосе шириной около 200–300 м севернее цепочки старичных понижений в охранной зоне ПТБЗ. В этой части поймы рельеф осложнен рядом дюнных всхолмлений. ПП облекает пойменный и дюнный рельеф, залегает на разных глубинах и имеет разную мощность в зависимости от высотного уровня, что связано с частотой речных разливов и соответствующей увеличенной мощностью аллювиальных наносов в междюнных понижениях.

По основным признакам, изученным в траншее на склоне старицы оз. Большое, погребенная почва классифицирована как аллювиальная темногомусовая типичная среднесуглинистая, или Fluvic Stagnic Phaeozem (Loamic). По ряду признаков она существенно отличается от современной почвы поймы р. Оки (аллювиальной серогумусовой типичной постагрогенной легкосуглинистой — Eutric Fluvisol (Siltic, Aric, Drainic)).

По основным чертам ПП, изученная в разрезе траншеи, схожа с распространенными в бассейне р. Оки погребенными черноземными и лугово-черноземными почвами, формировавшимися в более теплых по сравнению с современными

Таблица 3. Характеристика участков дополнительного отбора и качественный и количественный состав фито-литов группы ковылей в современной почве под ковыльными ассоциациями и в погребенной почве высокой поймы

Лабо- ратор- ный № об- разца	Место отбора	Коорди- на- ты	Почва, глубина отбора, см	Наличие ковыля на по- верх- ности вблизи точки отбора	Наличие и обилие группы фитолитов* ковыля в образцах							
					двулопастные короткие “stipa—type”	усеченные округлые	усеченные конусовидные	трапещиевидные короткие	трапещиевидные несим- метричные волнистые	удлиненные зубчатые	седловидные	трихомы
Современная почва в районе ковыльного участка урочища “До́лы”												
1	Северо-западная часть участка		0—5	<i>Stipa pennata</i>	+	ед.	+	ед.	—	+	—	ед.
2	Северо-восточ- ная часть участка		0—5	<i>Stipa pennata</i>	ед.	+	++	ед.	+	ед.	—	+
3	Южная часть участка		0—5	<i>Stipa pennata</i>	++	+	++	ед.	—	++	ед.	—
4	Центральная часть участка		0—5	<i>Stipa pennata</i>	+	+	+++	ед.	++	ед.	ед.	+
5			5—10	<i>Stipa pennata</i>	—	ед.	++	+	ед.	ед.	—	+
6			10—30	<i>Stipa pennata</i>	++	ед.	+	++	+	—	—	—
Погребенные почвы, высокая пойма												
7	500 м к востоку от с. Лужки и в 20 м к западу от оз. Стоило	54.850215° с.ш., 37.572118° в.д.	темноцветная ПП, 50—60 см	—	+	ед.	+	ед.	—	—	—	+
8	200 м к северу от оз. Большое, вершина не- большой дюны	54.849855° с.ш., 37.595047° в.д.	темноцветная ПП (второй гу- мусовый гори- зонт), 40—50 см	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	200 м к восто- ку от старицы оз. Большое, вершина дюны	54.847385° с.ш., 37.606524° в.д.	Погребенная под песчаным наносом почва, 80—90 см	Редкие куртины <i>Stipa pennata</i>	—	—	ед.	+	—	—	—	—
10	500 м к юго-запа- ду от д. Респуб- лика, понижение между дюнами	54.850773° с.ш., 37.613430° в.д.	Нижний гори- зонт мощной аллювиальной почвы, 60— 70 см	—	—	—	—	+	—	—	—	—

Примечание: * обозначения: “ед.” — единично (<5 экз.), “+++” — >15% от фито-литного спектра, “++” — 10—15% от фито-литного спектра, “+” — 5% от фито-литного спектра, “—” отсутствует.

условиях атлантического и суббореального периодов голоцена.

Полученная радиоуглеродная датировка верхней части погребенного горизонта 2783–2360 calBP отмечает завершающий этап формирования темноцветной почвы перед погребением наносами. Вместе с полученными ранее датировками по углям дуба и сосны median 4781 calBP и median 4529 calBP из разреза траншеи оз. Большое, диапазон формирования ПП может быть очерчен средним и поздним голоценом, захватывая суббореальный период.

Распределение форм железа по профилю погребенной почвы, а также наличие спикул губок, свидетельствуют о сезонном или периодически устойчивом режиме влаги.

В растительном покрове высокой поймы на начальном этапе формирования ПП по данным микробиоморфного и фитолитного анализа преобладали разнотравно-злаковые ассоциации с небольшим участием лесной флоры. Поздние этапы формирования ПП характеризуют лугово-лесную стадию с преобладанием лесных злаков над луговыми, присутствием хвойных пород. В формировании облика территории этого времени определенную роль играли пожары. В ПП отмечены угли сосны и дуба.

Анализ распространения фитолитов ковыля *Stipa pennata* L. (наиболее характерного эдификатора современных степных ассоциаций района) показал, что в период формирования ПП (суббореал) ковыльные фитоценозы не имели широкого распространения на пойме р. Оки. Выявленные в образцах ПП признаки присутствия ковыля в отдельных локациях (рефугиумах), требуют дальнейшего исследования для определения роли ковыльных фитоценозов на пойме р. Оки в суббореале.

Дальнейшее изучение погребенных почв поймы р. Оки в районе Приокско-Террасного заповедника представляет значительный интерес для восстановления палеогеографических обстановок голоцена Русской равнины и решения вопроса о происхождении наиболее северных степных фитоценозов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Александровский А.Л., Александровская Е.И. Эволюция почв и географическая среда. М.: Наука, 2005. С. 126–139.
- Александровский А.Л., Ершова Е.Г., Кренке Н.А. Палеоэкология поймы Москвы-реки в голоцене: почвенные, пыльцевые и археологические данные // Вестн. Рос. ун-та дружбы народов. Сер.: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2014. № 3. С. 62–76.
- Александровский А.Л., Ершова Е.Г., Кренке Н.А. Геоархеология поймы: проблемы стратиграфии, хронологии и палеорекоonstrukций. Археология поймы: рельеф, палеосреда, история заселения. М.: КДУ, 2019. С. 13–16.
- Александровский А.Л., Панин А.В. Закономерности формирования поймы реки Москвы в контексте ее освоения человеком (на примере ключевого участка в районе Звенигородской биостанции МГУ) / Археология Подмосковья. М.: ИА РАН, 2013. Т. 9. С. 231–239.
- Александровский А.Л., Чендев Ю.Г., Юртаев А.А. Почвы со вторым гумусовым горизонтом и палеочерноземы как свидетельства эволюции педогенеза в голоцене на периферии лесной зоны и в лесостепи (Обзор) // Почвоведение. 2022. № 2. С. 147–167.
<https://doi.org/10.1134/S1064229322020028>
- Антонова З.П., Скалабян Л.Г., Сучилкина Л.Г. Определение содержания в почвах гумуса // Почвоведение. 1984. № 11. С. 130–133.
- Ариушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. 488 с.
- Асаинова Ж.С., Иванов И.В. Эволюция почв Проиокско-Террасного биосферного заповедника / Проблемы эволюции почв: матер. IV Всерос. конф., Пушкино, 01–05 апреля 2003 г. / отв. ред. В.А. Дёмкин. Пушкино: Ин-т физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, 2003. С. 122–131.
- Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.
- Воробьева Л.А. Теория и практика химического анализа почв. М.: ГЕОС, 2006. 400 с.
- Гольева А.А. Фитолиты и их информационная роль в изучении природных и археологических объектов. М.–Сыктывкар–Элиста: Полтекс, 2001. 140 с.
- Геоботаническое районирование Нечерноземья европейской части СССР / ред. В.Д. Александрова, Т.К. Юрковская. Л.: Наука, 1989. 62 с.
- Данилов В.И. Степные фитоценозы долины Оки в Московской области и их происхождение. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: МГУ, 1983. 18 с.
- Данилов В.И. О реликтовой флоре и редких степных фитоценозах в лесостепи и лесной зоне Среднерусской возвышенности // Аридные экосистемы. 1998. Т. 4. № 8. С. 47–57.
- Ершов И.Н., Александровский А.Л., Ершова Е.Г., Панин А.В. Древнейшие отложения поймы реки Истра близ Ново-Иерусалимского монастыря в контексте археологических исследований / Археология поймы: рельеф, палеосреда, история заселения. М., 2019. С. 52–54.
- Ершова Е.Г. Отчет по теме “Результаты спорово-пыльцевого анализа торфяной залежи болота

- на границе 8 квартала ПТЗ и 52 квартала” / Летопись природы Приокско-Террасного государственного природного биосферного заповедника за 2021 г. / Книга семьдесят четвертая, часть II. Результаты работ по темам научного сотрудничества. Фонды ПТБЗ. Инв. № 787. 2022. С. 8–23.
- Зайдельман Ф.Р.* Эколого-мелиоративное почвоведение гумидных ландшафтов. М.: Агропромиздат, 1991. 320 с.
- Зарецкая Н.Е.* Изучение отложений пойменно-террасового комплекса долины р. Оки в районе Приокско-Террасного заповедника. Отчет. Фонды Приокско-Террасного заповедника. Инв. № 788. 2023. 27 с.
- Зеленская Н.Н., Волокитин М.П., Аблеева В.А.* Гидротермические особенности биотопов степной и лесной растительности Приокско-Террасного заповедника // Изв. РАН. Сер. геогр. 2020. № 1. С. 56–68.
<https://doi.org/10.31857/S2587556620010185>
- Иванов И.В., Песочина Л.С., Семенов В.М.* Биоминерализация органического вещества в современных целинных, пахотных, погребенных и ископаемых черноземах // Почвоведение. 2009. № 10. С. 1192–1202.
- Иванов И.В., Шадриков И.Г.* Развитие почв и растительного покрова в южной тайге (на примере Приокско-террасного заповедника) // Эволюция почвенного покрова: Тр. V Международ. конф., Пушкино, 26–31 октября 2009 г. Пушкино: ГУП Московской области Серпуховская типография, 2009. С. 193–197.
- Лада Н.Ю., Гаврилов Д.А.* Анализ фитолитного состава основных растений степных экосистем Западной Сибири // Вестн. Томск. гос. ун-та. Биология. 2016. № 2 (34). С. 53–68.
- Кауфман Н.Н.* Московская флора, или описание высших растений и ботанико-географический обзор Московской губернии. М., 1866. 545 с.
- Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
- Костенчук Н.А., Тюрюканов А.Н.* Происхождение окской флоры и биогеоценология // Бюлл. Моск. общ-ва испыт. природы. Отд. биол. 1980. Т. 85. Вып. 3. С. 123–134.
- Кривцов В.А., Воробьев А.Ю., Водорезов А.В., Захаровская Э.П.* Особенности формирования поймы реки Оки в ее среднем течении (на примере Спасского расширения) // Геоморфология. 2020. № 3. С. 56–71.
<https://doi.org/10.31857/S0435428120030050>
- Опросы И.М. Чуманова и В.И. Борзова о хозяйственном использовании территории заповедника // Фонды Приокско-Террасного заповедника. Инв. № 149. 1974. С. 1–10.
- Палеопалинология / под ред. И.М. Покровской. Л.: Недра, 1966. 352 с.
- Пыльцевой анализ / под ред. И.М. Покровской. М., 1950. 479 с.
- Пономаренко Е.В., Ершова Е.Г., Демидов В.Э., Панин А.В., Пономаренко Д.С.* Динамика растительного покрова Приокско-Террасного заповедника под влиянием колебаний гидрологического режима и хозяйственного освоения. В подготовке.
- Сперанская Н.Ю., Соломонова М.Ю., Силантьева М.М.* Разнообразие фитолитов ковылей (*Stipa*) юга Западной Сибири // Изв. Алт. ГУ. 2014. Т. 1. № 3 (83). С. 89–94.
- Талиев В.И.* К вопросу о реликтовой растительности ледникового периода // Тр. общества испыт. природы при Харьковск. ун-те. Харьков, 1897. Т. 31. С. 127–242.
- Флеров А.Ф.* Окская флора // Тр. СПб. бот. сада. Юрьев, 1908. Т. 27. Вып. 2. С. 290–727.
- Фридланд В.М.* Почвы Приокско-Террасного государственного заповедника // Фонды Приокско-Террасного заповедника. Инв. № 34. 1949. 91 с.
- Alexandrovskiy A., Glasko M., Sedov S., Folomeev B., Krenke N., Chichagova O., Kuznetsova E.* Geolines // Papers in Earth Sci. Prague, 2000. Vol. 11. P. 51–52.
- Alexandrovskiy A.L., Ershova E.G., Krenke N.A.* Buried Late-Holocene Luvisols of the Oka and Moskva River floodplain and their anthropogenic evolution according to soil and pollen data // Quat. Int. 2016. Vol. 418. P. 37–48.
- An X., Lu H., Chu G.* Surface soil phytoliths as vegetation and altitude indicators: a study from the southern Himalaya // Scientific Reports. 2015. Vol. 5. № 1. Art. 15523.
<https://doi.org/10.1038/srep15523>
- Barboni D., Bremond L.* Phytoliths of East African grasses: An assessment of their environmental and taxonomic significance based on floristic data // Rev. of Palaeobotany and Palynology. 2009. Vol. 158. № 1–2. P. 29–41.
<https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2009.07.002>
- IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources // International soil 1016 classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th ed. Vienna: Int. 1017 Union of Soil Sciences (IUSS), 2022. P. 1–233.
- Gutiérrez M.A., Martínez G., Luchsinger H., Grill S., Zucol A.F., Hassan G.S., Álvarez M.C.* Paleoenvironments in the Paso Otero locality during Late Pleistocene–Holocene (Pampean region, Argentina): An interdisciplinary approach // Quat. Int. 2011. Vol. 245. № 1. P. 37–47.
<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2010.11.010>
- Menéndez L.P., Osterrieth M., Oliva F.* A first phytolith approximation to diet study in the archaeological site Gascón 1, Pampean Region, República Argentina // Quat. Int. 2009. Vol. 204. № 1–2. P. 84–94.
<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2009.02.006>
- Morris L.R., West N.E., Ryel R.J.* Testing soil phytolith analysis as a tool to understand vegetation change in the sagebrush steppe and pinyon-juniper woodlands

- of the Great Basin Desert, USA // The Holocene. 2010. Vol. 20. № 5. P. 697–709.
<https://doi.org/10.1177/0959683610362809>
- Silantyeva M., Solomonova M., Speranskaja N., Blinnikov M.S. Phytoliths of temperate forest-steppe: A case study from the Altay, Russia // Rev. of Palaeobotany and Palynology. 2018. Vol. 250. P. 1–15.
<https://doi.org/10.1177/0959683610362809>
- Stromberg C.A.E. Decoupled taxonomic radiation and ecological expansion of open-habitat grasses in the Cenozoic of North America // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2005. Vol. 102. № 34. P. 11980–11984.
<https://doi.org/10.1177/0959683610362809>

Buried Soils and Paleoenvironment of Second Half of Holocene in the Oka River Floodplain near the Prioksko-Terrasny Nature Biosphere Reserve

V. E. Demidov^{a,*}, O. S. Khokhlova^b, O. G. Zanina^b, and S. V. Gubin^b

^aPrioksko-Terrasny Nature Biosphere Reserve, Danki, Serpukhov urban okrug, Moscow oblast, Russia

^bInstitute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Science, Russian Academy of Sciences, Pushchino, Moscow oblast, Russia

*e-mail: vasedmidov@mail.ru

The presence of buried soil was discovered in the Oka River floodplain in the territory adjacent to the Prioksko-Terrasny Nature Biosphere Reserve in the area of the modern location of the northernmost steppe phytocenoses. The buried soil was classified as alluvial dark humus typical medium loamy—Fluvic Stagnic Phaeozem (Loamic). According to radiocarbon analysis, the formation of the buried soil took place in the middle and late Holocene, almost completely covering the Subboreal. The distribution of iron along the profile of the buried soil, as well as the presence of sponge spicules, indicates a seasonal or periodically stagnant moisture regime. According to microbimorphic and phytolith analyses, the vegetation cover of the high floodplain at the initial stage of formation of the buried soil was dominated by graminoid-grass associations with a small participation of forest flora. The later stages of formation characterize the meadow-forest stage with the predominance of forest grasses over meadow grasses, the presence of conifers. Pine and oak coals are present in the buried soil. An analysis of the distribution of phytoliths of the feather grass *Stipa pennata* L. (the most characteristic edicator of local modern steppe communities) showed that during the formation of the buried soil feather grass phytocenoses were not widespread on the floodplain of the Oka River. The signs of the presence of feather grass in individual locations (refugia) identified in the samples require further research to determine the role of steppe phytocenoses on the floodplain of the Oka River in the Subboreal.

Keywords: paleosoil, paleoenvironment, *Stipa pennata*, subboreal, phytoliths, floodplain, the Oka River

REFERENCES

- Aleksandrovsky A.L., Aleksandrovskaya E.I. *Evolutsiya pochv i geograficheskaya sreda* [Evolution of Soils and the Environment]. Moscow: Nauka Publ., 2005. 223 p.
- Aleksandrovsky A.L., Panin A.V. Formation of the Moskva River floodplain and its occupation by humans: The valley area at the Zvenigorod biological station case study. In *Arkheologiya Podmoskov'ya. Vyp. 9* [Archeology of the Moscow Region. Vol. 9]. Moscow: IA RAN, 2013, pp. 231–239. (In Russ.).
- Aleksandrovskiy A., Glasko M., Sedov S., Folomeev B., Krenke N., Chichagova O., Kuznetsova E. Geolines. In *Papers in Earth Sciences. Vol. 11*. Prague, 2000, pp. 51–52.
- Aleksandrovsky A.L., Ershova E.G., Krenke N.A. Paleoecology of the Moskva-river floodplain: soil, pollen and archaeological record. *Vestn. RUDN. Ser.: Ekol. Bezop. Zhiznedeyat.*, 2014, no. 3, pp. 62–76. (In Russ.).
- Aleksandrovskiy A.L., Ershova E.G., Krenke N.A. Buried Late-Holocene Luvisols of the Oka and Moskva River floodplain and their anthropogenic evolution according to soil and pollen data. *Quat. Int.*, 2016, vol. 418, pp. 37–48.
- Aleksandrovsky A.L., Ershova E.G., Krenke N.A. Floodplain geoarchaeology: problems of stratigraphy, chronology and paleoreconstructions. In *Arkheologiya poimy: rel'ef, paleoobstanovki, istoriya zaseleniya* [Archeology of the Floodplain: Relief, Paleoenvironment, History of Settlement]. Moscow: KDU, 2019, pp. 13–16. (In Russ.).
- Aleksandrovskiy A.L., Chendev Yu.G., Yurtaev A.A. Soils with the second humus horizon, paleochnozems, and the history of pedogenesis at the border between forest and steppe areas. *Eurasian Soil Sci.*, 2022, vol. 55, no. 2, pp. 127–146.
<https://doi.org/10.1134/S1064229322020028>

- An X., Lu H., Chu G. Surface soil phytoliths as vegetation and altitude indicators: a study from the southern Himalaya. *Sci. Rep.*, 2015, vol. 5, no. 1, art. 15523. <https://doi.org/10.1038/srep15523>
- Antonova Z.P., Skalabyan L.G., Suchilkina L.G. Determination of humus content in soils. *Pochvoved.*, 1984, no. 11, pp. 130–133. (In Russ.).
- Arinushkina E.V. *Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv* [Guide to Chemical Analysis of Soils]. Moscow: Izd-vo Mosk. Univ., 1970. 488 p.
- Asainova Zh.S., Ivanov I.V. Soil evolution of the Prioksko-Terrasny Biosphere Reserve. In *Problemy evolyutsii pochv: Materialy IV Vserossiiskoi konferentsii, Pushchino, 01–05 Aprelya 2003 g.* [Problems of Soil Evolution: Proc. of the 4th All-Russian Conf., Pushchino, April 01–05, 2003]. Demkin V.A., Ed. Pushchino: IFKHiBPP RAN, 2003, pp. 122–131. (In Russ.).
- Barboni D., Bremond L. Phytoliths of East African grasses: An assessment of their environmental and taxonomic significance based on floristic data. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 2009, vol. 158, no. 1–2, pp. 29–41. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2009.07.002>
- Danilov V.I. Steppe phytocenoses of the Oka valley in the Moscow region and their origin. *Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*. Moscow: Lomonosov Moscow State Univ., 1983. 18 p.
- Danilov V.I. On relict flora and rare steppe phytocenoses in the forest-steppe and forest zone of the Central Russian Upland. *Arid. Ekosist.*, 1998, vol. 4, no. 8, pp. 47–57. (In Russ.).
- Ershov I.N., Aleksandrovskiy A.L., Ershova E.G., Panin A.V. The oldest deposits of the floodplain of the Istra River near the New Jerusalem Monastery in the context of archaeological research. In *Arkheologiya poimy: rel'ef, paleoobstanovki, istoriya zaseleniya* [Archeology of the Floodplain: Relief, Paleoenvironment, History of Settlement]. Moscow: KDU, 2019, pp. 52–54. (In Russ.).
- Ershova E.G. Report on the topic “Results of spore-pollen analysis of the peat deposit of the swamp on the border of the 8th quarter of the PTZ and the 52nd quarter”. In *Letopis' prirody Prioksko-Terrasnogo gosudarstvennogo prirodnogo biosfernogo zapovednika za 2021 g. Kniga sem'desyat chetvertaya, chast' II. Rezul'taty rabot po temam nauchnogo sotrudnichestva, Fondy PTBZ, inv. № 787* [Chronicle of Nature of the Prioksko-Terrasny State Natural Biosphere Reserve for 2021. Book Seventy-Four, Part 2. Results of Work on Topics of Scientific Cooperation. Archive of the Prioksko-Terrasny Reserve. Inv. No. 787]. 2022, pp. 8–23. (In Russ.).
- Flerov A.F. Oka flora. *Tr. S.-Peterb. Bot. Sada Yuryev*, 1908, vol. 27, no. 2, pp. 290–727. (In Russ.).
- Fridland V.M. Soils of the Prioksko-Terrasny state reserve. In *Fondy Prioksko-Terrasnogo zapovednika. Inv. № 34* [Archive of the Prioksko-Terrasny Reserve. Inv. No. 34]. 1949, pp. 1–91. (In Russ.).
- Geobotanicheskoe raionirovanie Nechernozem'ya evropeiskoi chasti SSSR* [Geobotanical Zoning of the Non-Black Earth Region of the European Part of the USSR]. Alexandrova V.D., Yurkovskaya T.K., Eds. Leningrad: Nauka Publ., 1989. 62 p.
- Gol'eva A.A. *Fitolity i ikh informatsionnaya rol' v izuchenii prirodnikh i arkheologicheskikh ob'ektov* [Phytoliths and Their Information Role in Nature and Archeological Objects Research]. Moscow, 2001. 140 p. (In Russ.).
- Gutiérrez M.A., Martínez G., Luchsinger H., Grill S., Zucol A.F., Hassan G.S., Álvarez M.C. Paleoenvironments in the Paso Otero locality during Late Pleistocene–Holocene (Pampean region, Argentina): An interdisciplinary approach. *Quat. Int.*, 2011, vol. 245, no. 1, pp. 37–47. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2010.11.010>
- IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources*. International soil 1016 classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th edition. Vienna: International 1017 Union of Soil Sciences (IUSS), 2022. 233 p.
- Ivanov I.V., Shadrikov I.G. Development of soils and vegetation cover in the southern taiga (on the example of the Prioksko-terrasny reserve). In *Evolutsiya pochvennogo pokrova: Materialy V Mezhdunarodnoi konferentsii, Pushchino, 26–31 Oktyabrya 2009 g.* [Evolution of Soil Cover: Proc. of the 5th Int. Conf., Pushchino, October 26–31, 2009]. Pushchino, 2009, pp. 193–197. (In Russ.).
- Ivanov I.V., Pesochina L.S., Semenov V.M. Biological mineralization of organic matter in the modern virgin and plowed chernozems, buried chernozems, and fossil chernozems. *Eurasian Soil Sci.*, 2009, vol. 42, pp. 1109–1119.
- Kaufman N.N. *Moskovskaya flora, ili opisaniye vysshykh rasteniy i botanikogeograficheskii obzor Moskovskoi gubernii* [Moscow Flora, or a Description of Higher Plants and a Botanical and Geographical Overview of the Moscow Province]. Moscow, 1866. 545 p.
- Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii* [Classification and Diagnostics of Russian Soils]. Smolensk: Oikumena Publ., 2004. 342 p.
- Kostenchuk N.A., Tyuryukanov A.N. Origin of the Oka flora and biogeocenology. *Byull. Mosk. O—va Ispytat. Prirody. Otd. Biol.*, 1980, vol. 85, no. 3, pp. 123–134. (In Russ.).
- Krivtsov V.A., Vorobyov A.Yu., Vodorezov A.V., Zazovskaya E.P. Features of the floodplain formation of the Oka River in its middle reaches: the case study of the “Spasskoe” local widening. *Geomorfol.*, 2020, no. 3, pp. 56–71. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S0435428120030050>
- Lada N.Yu., Gavrilov D.A. Analysis of phytoliths of major plant of steppe ecosystems of Western Siberia *Vestn. Tomsk. Gos. Univ. Biol.*, 2016, no. 2, pp. 53–68.
- Menéndez L.P., Osterrieth M., Oliva F. A first phytolith approximation to diet study in the archaeological site

- Gascón I., Pampean Region, República Argentina. *Quat. Int.*, 2009, vol. 204, no. 1–2, pp. 84–94.
<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2009.02.006>
- Morris L.R., West N.E., Ryel R.J. Testing soil phytolith analysis as a tool to understand vegetation change in the sagebrush steppe and pinyon-juniper woodlands of the Great Basin Desert, USA. *Holocene*, 2010, vol. 20, no. 5, pp. 697–709.
<https://doi.org/10.1177/0959683610362809>
- Paleopalinologiya* [Paleopalynology]. Pokrovskaya I.M., Ed. Leningrad: Nedra Publ., 1966. 352 p.
- Pyltsevoi analiz* [Pollen Analysis]. Pokrovskaya I.M., Ed. Moscow, 1950. 479 p.
- Ponomarenko E.V., Ershova E.G., Demidov V.E., Panin A.V., Ponomarenko D.S. Dynamics of the vegetation cover of the Prioksko-Terrasny Reserve under the influence of fluctuations in the hydrological regime and economic development. (In preparation).
- Silantyeva M., Solomonova M., Speranskaja N., Blinnikov M.S. Phytoliths of temperate forest-steppe: A case study from the Altay, Russia. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 2018, vol. 250, pp. 1–15.
- Speranskaya N.Yu., Solomonova M.Yu., Silantyeva M.M. Diversity of the feather-grass (*Stipa*) phytoliths in the south of Western Siberia. *Izv. Altai. Gos. Univ.*, 2014, vol. 1, no. 3, pp. 89–94. (In Russ.).
- Stromberg C.A.E. Decoupled taxonomic radiation and ecological expansion of open-habitat grasses in the Cenozoic of North America. *PNAS*, 2005, vol. 102, no. 34, pp. 11980–11984.
<https://doi.org/10.1177/0959683610362809>
- Surveys by I.M. Chumanov and V.I. Borzov on the economic use of the territory of the reserve. In *Fondy Prioksko-Terrasnogo zapovednika, Inv. № 149* [Funds of the Prioksko-Terrasny Reserve, Inv. No. 149], 1974, pp. 1–10. (In Russ.).
- Taliev V.I. On the issue of relict vegetation of the Ice Age. *Tr. O-va Ispytat. Prirody Khar'kovsk. Univ.*, 1897, vol. 31, pp. 127–242. (In Russ.).
- Vadyunina A.F., Korchagina Z.A. *Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv* [Methods for Studying the Physical Properties of Soils]. Moscow: Agropromizdat, 1986. 416 p.
- Vorob'eva L.A. *Teoriya i praktika khimicheskogo analiza pochv* [Theory and Practice of Chemical Analysis of Soils]. Moscow: GEOS Publ., 2006. 400 p.
- Zaidelman F.R. *Ekologo-meliorativnoe pochvovedenie gumidnykh landshaftov* [Ecological and Reclamation Soil Science of Humid Landscapes]. Moscow: Agropromizdat, 1991. 320 p.
- Zaretskaya N.E. Study of sediments of the floodplain-terrace complex of the Oka River valley in the area of the Prioksko-Terrasny Biosphere Reserve. Report. In *Fondy Prioksko-Terrasnogo zapovednika, Inv. № 788* [Funds of the Prioksko-Terrasny Reserve. Inv. No. 788]. 2023, pp. 1–27.
- Zelenskaya N.N., Volokitin M.P., Ableeva V.A. Hydrothermic peculiarities of steppe and forest vegetation's biotopes in the Prioksko-Terrasny Reserve. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2020, no. 1, pp. 56–68. (In Russ.).
<https://doi.org/10.31857/S2587556620010185>