

ГЕНЕЗИС И ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ

УДК 631.48

БОЛЬШОЙ БОЛДЫРЕВСКИЙ КУРГАН РАННЕГО БРОНЗОВОГО ВЕКА В ЮЖНОМ ПРИУРАЛЬЕ: КУРГАННЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ПАЛЕОПОЧВЫ, РЕКОНСТРУКЦИИ ПАЛЕОКЛИМАТА

© 2022 г. А. Э. Сверчкова^{а, *}, О. С. Хохлова^а, Н. Л. Моргунова^б, Т. Н. Мякшина^а

^аИнститут физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
ул. Институтская, 2, Московская область, Пущино, 142290 Россия

^бОренбургский государственный педагогический университет, ул. Советская, 19, Оренбург, 460000 Россия

*e-mail: acha3107@gmail.com

Поступила в редакцию 14.12.2021 г.

После доработки 18.01.2022 г.

Принята к публикации 21.01.2022 г.

Изучен хроноряд палеопочв, погребенных под разновозрастными конструкциями кургана I курганного могильника Болдырево IV в Оренбургской области. Курган сооружен представителями ямной культуры в конце репинского этапа—начале развитого этапа А (около 5500 л. н.). В нем выявлено 4 конструкции, сооруженные последовательно. По археологическим данным курган построен за несколько десятилетий, радиоуглеродное датирование показало интервал в 300 лет. За это время изменился морфологический облик и физико-химические свойства почв: усилилась языковатость нижней границы гумусового горизонта, увеличилась степень изрытости профиля землероями, произошло уменьшение содержания органического вещества, а содержание карбонатов, гипса, обменного натрия в составе обменных оснований и величина магнитной восприимчивости увеличилось. Направленность изменения морфологических свойств, а также содержания органического углерода, карбонатов, магнитной восприимчивости в материалах курганных конструкций, от ранней к поздней, коррелирует с таковой для погребенных под ними почв. Исследования позволяют предположить, что рассматриваемый интервал, как и весь предшествующий репинский этап ямной культуры, характеризовался как более аридный, чем современный. На основе микроморфологического анализа и исследования физико-химических свойств материалов курганных конструкций выявлены технико-технологические приемы, примененные древними строителями для их сооружения.

Ключевые слова: погребенные почвы, микроморфология, коротковременной педохроноряд, палеоклиматические реконструкции

DOI: 10.31857/S0032180X22060132

ВВЕДЕНИЕ

Археологические памятники степных районов, в частности, курганные сооружения, являются уникальным природным архивом, сохраняющим информацию обо всех этапах, стадиях или фазах развития природной среды. Почвы, погребенные под курганами, изолированы от внешнего влияния со времени их захоронения, поэтому являются объектом исследования реконструкции состояния и изменений различных компонентов природной среды перед погребением, в частности климата, растительности и рельефа [12, 14, 15, 18, 25–27]. Наиболее редкими являются курганы раннего бронзового века: финал атлантического и рубеж атлантического и суббореального периодов голоцена [16, 17, 19, 24]. Многие курганы не сохранились до настоящего времени или уничтожаются в связи с развитием инфраструктуры и

применением разрушающих методов в сельском хозяйстве. Поэтому важно использовать методы разных наук при изучении раскапывающихся курганов для извлечения как можно более полной информации не только о культурно-историческом, но и о природном фоне их создания.

Палеопочвы в своих свойствах сохраняют “память” об условиях и процессах формирования. Наиболее информативными для палеоэкологических реконструкций свойствами в почвах степной зоны являются общее строение вертикального профиля, особенности отдельных генетических горизонтов и элементов морфологического строения (например, характер новообразований), цвет, трещинная сеть, гумусовый, карбонатный и солевой профили, признаки биологической активности, а также более частные признаки, например, солонцеватость или ксероморфизм. При рассмотрении признаков в совокупности их информативность

возрастает. Кроме набора признаков, стоит отметить, что точность палеоклиматических реконструкций зависит от длительности консервации почвы [4].

Когда для изучения предлагается большой курган, имеющий несколько разновременных конструкций, построенных за период не более нескольких десятков лет, используют метод коротковременных педохронорядов, предполагающий изучение палеопочв под всеми конструкциями кургана и позволяющий четко определить направленность изменений свойств почв, а также провести палеоклиматические реконструкции на пределе временного разрешения, то есть максимально достижимой временной детализации отражения почвенными свойствами колебаний климата [22]. Изучение почв, погребенных под разновременными конструкциями в одном кургане, имеет преимущества, а именно, идентичные топо-литологические условия для всех почв хроноряда и точное знание хронологии их погребения: раньше погребены палеопочвы в центре кургана и позже – на его периферии.

Цель работы – реконструкция изменений палеоэкологических условий на основе изучения свойств почв коротковременного хроноряда, погребенных под разновременными конструкциями в большом Болдыревском кургане.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Физико-географическая характеристика. Объект исследования – курган 1 в курганном могильнике (КМ) Болдырево IV, расположенный у с. Болдырево в Ташлинском районе Оренбургской области (51°37'40.63" N, 52°42'28.52" E) (рис. 1а). Охранные раскопки кургана 1 проведены в 2019 г. под руководством докт. ист. н. профессора Н.Л. Моргуновой сотрудниками археологической лаборатории Оренбургского педагогического университета. Курган включал в себя 4 разновременные конструкции, которые по оценкам археологов были сооружены в короткий (несколько десятилетий) временной интервал, поскольку погребения были совершены по единому и очень сходному обряду. Высота кургана составляла более 4.2 м, а диаметр около 60 м – курганы такого плана уникальны для данного региона.

Изученный КМ расположен на первой террасе р. Иртек – правый приток р. Урал. Рельеф участка могильника – пологоволнистый, преобладающие абсолютные высоты составляют 100 м. Почвообразующими породами на первой террасе р. Иртек, где располагался КМ, служат супесчано-песчаные, аллювиальные и террасовые отложения. Основу современного почвенного покрова изученной территории составляют черноземы обыкновенные (Eutric Arenosols (Protocalcic, Humic));

черноземы на супесчано-песчаных отложениях на почвенной карте Оренбургской области [10] в этом районе названы черноземами обыкновенными террасовыми (Eutric Arenosols (Protocalcic, Humic)).

Климат района наиболее жаркий и засушливый в черноземно-степной полосе Оренбуржья. Средняя температура января –15°С, июля +22°С, среднегодовая норма осадков около 350 мм, испаряемость превышает количество осадков в 1.5 раза. Растительность нераспаханных участков данной территории – типчаково-ковыльная степь, но исследуемый участок сплошь был распахан и к моменту работы находился в залежном состоянии около 25 лет, на нем произрастала в основном сорная растительность.

В ходе исследования изучали земляные конструкции кургана и погребенные под ними почвы, а также обмазку вокруг основного погребения в кургане и фоновые современные почвы.

Почвенные разрезы. Разрез Бл1п-19 был заложен под первой курганной конструкцией около центральной бровки, западный фас в 10 м к югу от центра (рис. 1б–1д). Высота перекрывающей толщи в месте заложения разреза составляла 2.5 м. Вдоль западной бровки, восточный фас, где эта срезка была наиболее хорошо видна, заложили 3 разреза: Бл2п-19 (21–24 м к югу от центра, под четвертой конструкцией), Бл3п-19 (13–14 м к северу от центра под третьей конструкцией – основное погребение) и Бл4п-19 (10–12 м к югу, под второй конструкцией) (рис. 1б, 1е). Стоит отметить, что в разрезе Бл3п-19 погребенная почва срезана на 15 см, Бл4п-19 – на 25 см, а разрезы Бл2п-19 и Бл5п-19 заложены под несрезанной поверхностью погребенной почвы. Глубина срезки профилей определялась по общей мощности окрашенной гумусом толщи и по наличию обмазки по поверхности срезанной погребенной почвы, которая как бы фиксировала срезку. Разрез фоновой почвы, Бл6ф-19, заложили на залежи в 50 м к юго-западу от края кургана.

В ходе раскопок проводили геоархеологическое изучение кургана, которое включало в себя полевое морфологическое описание почвенных профилей и земляных конструкций, цвет горизонтов определяли по шкале Манселла, индексы почвенных горизонтов приведены по WRB-2014 [20], а почвы классифицированы по Классификации почв СССР [6], Классификации и диагностике почв России [5] и по WRB-2014. Образцы отобрали в каждом изученном почвенном разрезе с глубины 0–110 см через 10 см, далее до глубины 170 см – через 20 см; из основных курганных конструкций с повторностями ($n = 3$).

Методы. В лаборатории образцы высушивали, растирали и пропускали через сито 1 мм для общих химических анализов и 0.25 мм – для определения

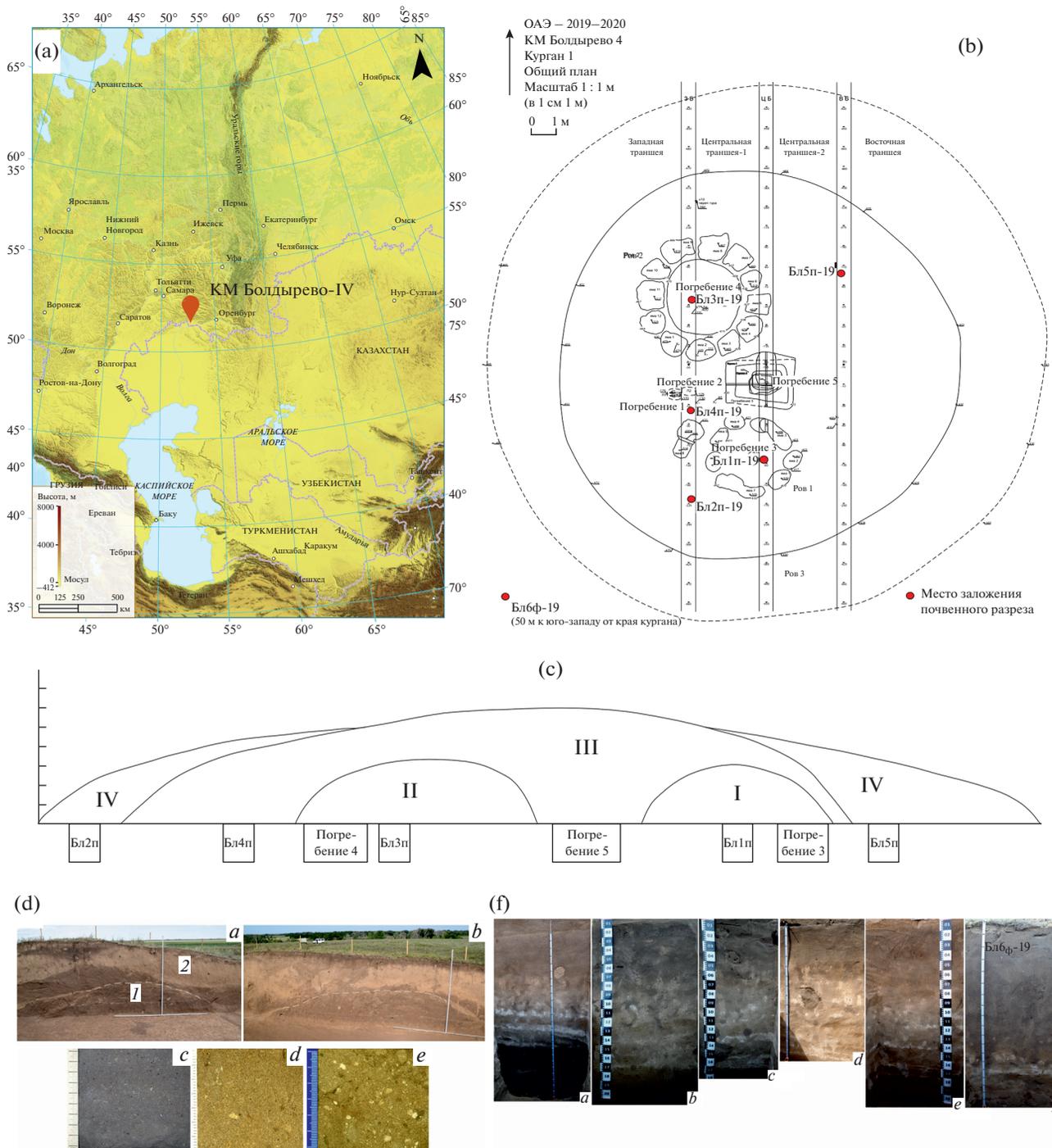


Рис. 1. Местоположение КМ IV Болдырево на карте (а); схема кургана 1, расположение погребений и разрезов погребенных почв (б); условная схема расположения курганных конструкций, погребений и погребенных почв на одной бровке (с); вид конструкций в Болдыревском кургане: первой в центральной бровке западный фас (а) и второй в западной бровке восточный фас (б) и макросъемка материала конструкций: темного из первой курганной конструкции (с); желто-палевого из третьей курганной конструкции (d); желто-палевого со сравнительно крупными белесыми пятнами (е) из четвертой курганной конструкции (d); фото разрезов Бл1п-19 (а); Бл2п-19 (b); Бл3п-19 (с); Бл4п-19 (d); Бл5п-19 (е); Блбф-19 (f) (е). Белые пунктирные линии показывают верхние границы первой и второй конструкций соответственно; места отбора темного (1) и желто-палевого (2) материала.

органического углерода и магнитной восприимчивости. Определяли содержание органического углерода ($C_{орг}$) – методом Тюрина в модификации Антоновой с соавт. [8], при этом содержание выделившегося при окислении CO_2 определяли на хроматографе; CO_2 карбонатов – манометрически по разнице давлений в контроле и образце в герметичных сосудах с резиновыми пробками, в которых образцы реагировали с 10%-ной соляной кислотой, результаты пересчитывали на С ($C_{карб}$) [3]; pH_{H_2O} – при соотношении вода : почва 2.5 : 1; гигроскопическую влагу; потери при прокаливании (ППП) – нагрев образца до $900^\circ C$ в течение 1 ч, SO_4 гипса – весовым методом; Ca^{2+} и Mg^{2+} были определены по Шмуку [3], K^+ и Na^+ – методом Шолленбергера (вытеснение катионов раствором ацетата аммония), с последующим определением K^+ и Na^+ пламенно-фотометрическим методом, а Ca^{2+} и Mg^{2+} – комплексометрически [1]; гранулометрический состав – методом пипетки с использованием пирофосфата натрия для диспергирования, фракции рассчитаны на абсолютно сухую навеску с учетом определения гигроскопической влаги [2]. Измерения магнитной восприимчивости (МВ) проводили в лабораторных условиях с помощью прибора Kappabridge KLY-2 в Центре коллективного пользования ИФХиБПП РАН, г. Пущино. Для обработки результатов исследований и построения графиков использовали программы Microsoft Excel, Corel-Draw.

Отобранные монолиты из курганных конструкций в лаборатории фотографировали в режиме макросъемки и описывали под биноклем (мезоморфологический анализ). Из образцов карбонатных горизонтов погребенных почв (горизонт ВкВ разрезы Бл1п-19, Бл2п-19) и современной почвы (разрез Блбф-19) отобрали микромонолиты, из них готовили шлифы. Микроморфологический анализ шлифов и фотографирование проводили на микроскопе AxioScore A1 Carl Zeiss (Германия) в ЦКП ИФХиБПП РАН.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Конструкция кургана. Курган 1 был наиболее высоким в КМ Болдырево IV и состоял из четырех конструкций. Высота первой и второй конструкций в центральной и западной бровках составляла около 1.0–1.2 м, диаметр – 9.0–9.5 м соответственно. Третья конструкция полностью перекрывала первую и вторую, высота ее вместе с четвертой конструкцией, границы которой установлены приблизительно, в самом высоком месте достигала 3.2–3.5 м при диаметре около 60 м. Первая, вторая и третья конструкции были сооружены для погребенных под ними людей и четко отбивались ровиками, которые не всегда име-

ли вид кольца в плане, иногда это были серии ям, лежащих по кругу у подножия кургана (рис. 1б). Четвертая конструкция, возможно, была сооружена не как погребальная, а для подновления и ремонта уже стоявшего кургана (рис. 1с), который начал разрушаться или сильно оплыл за короткое время, чему способствовал легкий (супесчаный) состав слагающих его грунтов. И хотя границы четвертой конструкции четко не читались в бровках, их можно было отследить по укрупнению и увеличению количества карбонатов (белых пятен) в материале на периферии кургана по сравнению с таковым в центре.

Под первой и второй конструкциями в кургане археологами обнаружены погребения младенцев. Погребения не содержали инвентаря и отнесены к ямной культуре по обряду. Первый невысокий курган, который мы называем первой конструкцией, был сооружен на непотревоженной почве над погребением младенца (погребение 3 или П3) (рис. 1б, 1с). Перед совершением других погребений была сделана площадка, обозначенная срезкой гумусового горизонта на 10–15 см в среднем, в самом центре – до 25 см. Вся срезанная поверхность была обмазана сизовато-белесой глиной с ржавыми пятнами и включениями остатков растений, которые к настоящему моменту сохранились в виде тлена. Под срезкой были совершены два погребения: младенца (П4), а над ним сооружена вторая конструкция высотой примерно 1 м, и основное погребение для взрослого человека (П5), над которым была создана уже более высокая и протяженная третья конструкция, перекрывающая первую и вторую и вышедшая за их пределы. Первая и вторая конструкции выделялась в бровках Болдыревского кургана серо-коричневым цветом, а верх был укреплен тонкой (не более 10 см) неравномерной по толщине желто-палевой обмазкой (рис. 1д). По цвету коричневый материал в первой и второй курганных конструкциях и гумусовый горизонт погребенной почвы были идентичны. Хотя при детальном мезоморфологическом рассмотрении в материале первой конструкции также читались мелкие пятна – более темные и более светлые, чем фон.

Основой для строительства третьей конструкции послужил материал из глубоких горизонтов почвы (AhВк и Вк). Также прослеживается использование материала из гумусового горизонта непосредственно над первой и второй конструкциями (рис. 1д фото *a, b* верх). Конструкция имела желтовато-палевый цвет, в ее материале довольно равномерно встречались пятна прогумусированные – серые или коричневые, а также окарбонатенные – желтовато-белые, белесые (рис. 1д фото *d*).

Четвертая конструкция по цвету была идентичной с третьей конструкцией, но при этом в ней желтовато-белые и белесые пятна карбонатов

были заметно более крупными и встречались чаще, хотя серые и коричневые пятна тоже присутствовали (рис. 1d фото e).

Радиоуглеродные даты получены по пяти образцам, отобраным из П4 (самое раннее по археологическим данным), П3 и П5 (последнее – самое позднее по стратиграфии) в радиоуглеродных лабораториях Института географии РАН и Санкт-Петербургского ГПУ им. Герцена. Даты показывают значительный разброс и в большинстве явно находятся в противоречии с данными археологической стратиграфии и палеопочвоведения. Из всех полученных радиоуглеродным методом дат наиболее приемлемой может считаться значение для П4, полученное по кости человека 4690 ± 25 BP, 3439–3378 лет cal BC (IGAN-8682, AMC). Они дают возможность отнести это погребение к концу репинского этапа ямной культуры. А также дата для П5 по фрагменту органической подстилки 4300 ± 70 BP, 3025–2873 лет cal BC (SPb_3386), позволяющая отнести это погребение к началу развитого этапа А ямной культуры [23]¹.

Микроморфологический анализ материала земляных конструкций позволяет выявить сходство и различия (рис. 2a–2l). Для тонкодисперсной массы (ТДМ) всех конструкций характерен кристаллитово-изотропный тип оптической ориентации с преимущественным свечением силикатного материала при скрещенных николях (XPL). Повсеместно в большей или меньшей степени отмечается вокругскелетная ориентировка железисто-глинистого материала. При строительстве всех конструкций использовался речной ил, что подтверждается наличием речных раковин (рис. 2a–2c), а также встречается антропогенный материал – угли, кости.

Первая и вторая конструкции схожи по цвету, как между собой, так и с гумусовым горизонтом погребенной почвы. Но в отличие от почв здесь в большей степени отмечена вокругскелетная ориентировка железисто-глинистой ТДМ, то есть материал трамбовали в сыром виде, либо выдерживали в воде [13].

Третья конструкция имела желтовато-палевый цвет и была создана в основном из материала более глубоких горизонтов почвы AhVk и Vk (преобладающая часть). В третьей конструкции ТДМ окарбонирован и встречаются скрытокристаллические нодулы (рис. 2e). Следы очень слабого и грубого перемешивания материала отмечаются в

микроразонах с обогащением органо-железисто-глинистым материалом (рис. 2d, 2f). Во всех трех первых конструкциях слабо заметны следы замеса, что может быть связано с относительно крупным размером минеральных зерен (супесчаный гранулометрический состав) и слабой окарбонированностью строительного материала.

Напротив, четвертая конструкция отличается хорошо заметными уплотненными фрагментами ТДМ, которые сильно окарбонированы (рис. 2g–2i). Карбонатные аккумуляции представлены в основном в виде пропитки (impregnation), реже встречаются пленки (coatings) и нодулы (nodules). Также здесь четко отмечены следы перемешивания материала, а цементирующим агентом выступает карбонатное вещество. При этом хорошо заметны пятна ожелезнения в ТДМ и вокругскелетная ориентировка глинисто-железистого материала (рис. 2h).

Очень ярко отличается морфология обмазки вокруг центрального пятого погребения. Обмазка состоит из ожелезненного ТДМ, имеющего явные признаки перемешивания (рис. 2j), иногда чередующегося с карбонатным ТДМ, видны различные включения – растительные остатки, углистая пыль, раковины (рис. 2l). Четко видна слоистость обмазки – чередование слоев осветленных растительных тканей с сохранившимся клеточным строением со слоями из тонко- и грубодисперсного, иногда карбонатного минерального материала (рис. 2k).

Физико-химические свойства материалов конструкций указывают на то, что первая–четвертая конструкции и обмазка подрезанной площадки имеют существенные различия. Гранулометрический состав четырех конструкций характеризуется как супесчаный, а обмазки вокруг основного погребения как среднесуглинистый, близкий к тяжелосуглинистому (табл. 1). Серо-коричневый материал из первой и второй конструкций, взятый предположительно из гумусового горизонта погребенной почвы, имеет более высокие величины $C_{орг}$ и МВ и меньшие – $C_{карб}$, ППП, pH_{H_2O} по сравнению с материалами третьей и четвертой конструкций. В четвертой конструкции содержания $C_{карб}$, ППП, pH_{H_2O} наибольшие среди остальных конструкций, что коррелирует с морфологическими наблюдениями и физико-химическими свойствами погребенных почв, которые будут рассмотрены ниже. Обмазка выделяется на порядок повышенными значениями $C_{орг}$, $C_{карб}$ и ППП, более высокими величинами pH_{H_2O} , и самой низкой величиной МВ. Поскольку из обмазки перед анализом все речные раковины были удалены вручную, столь высокое содержание $C_{карб}$ склоняет к мысли, что в смесь для обмазки мог быть добавлен измельченный карбонатный материал (например, толченые известняки или раковины).

¹ Данные значения в большей степени соответствуют результатам палеопочвенных исследований, а также археологическим заключениям. Однако они нуждаются в проверке, так как в сумме полученные датировки противоречивы. По нашим данным интервал ¹⁴C-дат для представительной выборки из поселений и погребений репинского времени в Южном Приуралье дает значения 3900–3200 лет cal BC, а начало развитого этапа А приходится на время 3300–3200 лет cal BC [23].

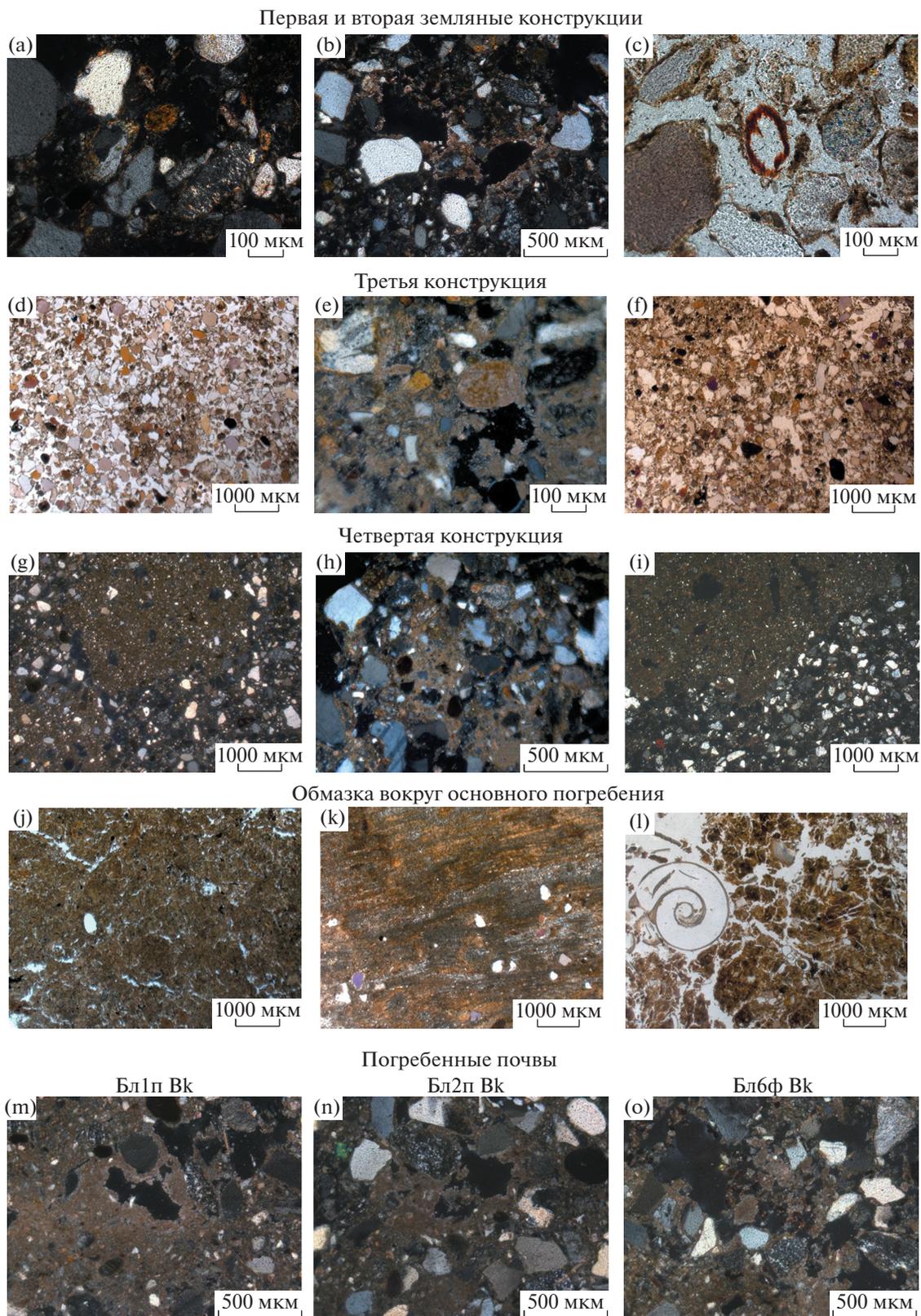


Рис. 2. Микроморфологическое строение материалов из курганных конструкций: 1 и 2 (а–с); 3 (d–f); 4 (g–i); обмазка вокруг основного погребения (j–l) и горизонтов Вк в почвах хроноряда – Бл1п (m); Бл2п (n); Блбф (o), погребенного под курганом 1 КМ Болдырево IV.

Таблица 1. Физико-химические свойства материалов из курганных конструкций (КК)

Образец материала	Гранулометрический состав		C _{орг}	C _{карб}	ППП	pH _{H₂O}	МВ, × 10 ⁻⁸ СИ
	>0.01 мм	<0.001 мм					
Серо-коричневый, I КК	81.5 ± 1.5	6.6 ± 0.3	0.34	0.12	2.1 ± 0.1	7.3 ± 0.07	45
Серо-коричневый, II КК	81.7 ± 1.3	6.4 ± 0.4	0.36	0.16	2.3 ± 0.2	7.6 ± 0.02	40
Желто-палевый, III КК	83.0 ± 2.6	5.4 ± 1.0	0.25	0.61	3.9 ± 0.1	7.7 ± 0.01	22
Желто-палевый с белесыми пятнами, IV КК	82.6 ± 1.7	6.6 ± 0.1	0.23	0.96	4.3 ± 0.1	7.9 ± 0.01	31
Обмазка площадки вокруг основного погребения	56 ± 2.7	18.8 ± 0.7	2.83	3.61	22.8 ± 1.7	8.3 ± 0.03	13

Погребенные почвы. *Морфологический анализ* показал, что погребенные почвы имели следующее строение профиля: Ahb (глубина до 45 см), Ahkb (до 65 см) AhBkb (до 90 см), B1kb (до 120 см), BCkb (до 160 см) и R1–R2kb (до 200–245 см) (индексация горизонтов по WRB). Вскипание от HCl с 40 см. Гумусовый горизонт имеет окраску 10YR 4/2–4/4, ровную нижнюю границу. Карбонатно-аккумулятивный горизонт залегает на глубине 120–160 см, карбонатные аккумуляции представлены уплотненными горизонтально ориентированными полосами супесчаного материала, насыщенного и цементированного карбонатным веществом – карбонатная пропитка. Видимых аккумуляций гипса в профиле почв не обнаружено. Профили почв изрыты, начиная с нижней границы гумусового горизонта и заканчивая нижней границей горизонта BCkb, в подстилающем грубозернистом песке (гор. R) нор не отмечено (рис. 1е). Погребенные почвы классифицированы как чернозем обыкновенный или миграционно-сегрегационный супесчаный (Eutric Arenosols (Protocalcic, Humic)).

Фоновый разрез (Блбф-19) расположен на залежи в 50 м к юго-западу от края кургана и имел следующее строение профиля: Ah (до 10 см), Ah1 (бывший Ap) (до 28 см), Ah2 (до 60 см), Ah3 (до 80 см), AhB (до 110 см), Bk (до 130 см), BCk (до 150 см), Rk1 (до 180 см), Rk2 (до 200 см). В профиле современной почвы имеется бывший пахотный горизонт, поскольку в прошлом эта почва распахивалась. Также влияние человека обусловило малую изрытость фоновой почвы. Аккумулятивно-карбонатный горизонт залегает на 10–20 см глубже, по сравнению с погребенными почвами, карбонатные аккумуляции здесь, так же как в палеопочвах, представлены в виде горизонтальных пропиточных слоев – в меньшем количестве, но они четко выражены (белесые полосы) (рис. 1е фото ф). Фоновая почва идентифицирована как чернозем обыкновенный или миграционно-сегрегационный постагрогенный супесчаный (Eutric Arenosols (Protocalcic, Humic, Aric)).

Сравнительный анализ погребенных почв показал, что под первой, ранней конструкцией (разрез Бл1п-19) почва была в меньшей степени изрыта землероями, нижняя граница гумусового горизонта ровная или слабоволнистая, в аккумулятивно-карбонатном горизонте выраженность слоев карбонатной пропитки наиболее четкая среди почв хроноряда. В разрезах Бл4п-19, Бл3п-19 под второй и третьей конструкциями степень изрытости увеличивается и достигает максимума в разрезах Бл2п-19 и Бл5п-19 под четвертой конструкцией. Это приводит к тому, что граница гумусового горизонта становится неровной, иногда откровенно языковатой, а четкое залегание карбонатных горизонтальных слоев нарушается в почвах, погребенных под четвертой конструкцией. Можно отметить и увеличение степени пропитки карбонатами материала между слоями пропитки в разрезах Бл2п-19 и Бл5п-19 по сравнению с остальными почвами хроноряда. По морфологическому облику разрез Блбф-19 фоновой почвы наиболее близок разрезу Бл1п-19.

Микроморфологический анализ погребенных почв осложнен из-за супесчаного гранулометрического состава и поврежденности дневной поверхности погребенных почв (срезка), поэтому наиболее четкие отличия здесь отмечаются лишь в карбонатных горизонтах (рис. 2м–2о). Микроморфологический анализ карбонатных горизонтов Bk подтверждает наблюдения, сделанные при макроморфологическом анализе. В горизонте Bk разреза Бл1п-19 ТДМ между зерен силикатных минералов имеет признаки кристаллитовой ориентации, присущей карбонатам в криптокристаллической форме. Но при этом ТДМ, пропитанная карбонатами, не образует сплошного покрова, а представлена “мостиками” между минеральными зернами либо пленками на них (рис. 2м). В горизонте Bk разреза Бл2п-19 карбонатная кристаллитовая ТДМ занимает заметно большую площадь, либо заполняет все пространство между зернами силикатных минералов (рис. 2н). В горизонте Bk современной фоновой почвы окарибончатая

ТДМ снова выражена лишь в виде “мостиков” либо карбонаты в виде разрозненных зерен спарита рассеяны среди зерен силикатных минералов.

Карбонатные новообразования на микроуровне отмечаются в форме пленок (coatings), пропитки (impregnation), нодулей (nodules) и инфиллингов (infillings). Наибольшая окарбонатченность и большее количество карбонатных новообразований характерна для разреза Бл2п-19 на глубине 130–150 см, что соответствует физико-химическим данным.

Анализ *гранулометрического состава* показал, что в исследуемых почвах частицы размером >0.01 мм составляют от 80 до 85%, а илистая фракция (размер частиц <0.001 мм) – 5–10%, единично – до 13% (рис. 3а, 3б). Распределение этих фракций по профилям как погребенных, так и современных почв позволяет сделать вывод о том, что рассмотренные профили однородны по гранулометрическому составу, который можно охарактеризовать по классификации Н.А. Качинского как супесь с преобладанием фракций среднего (1–0.25 мм) и мелкого песка (0.25–0.05 мм) до глубины 150–160 см. Ниже (горизонт R) залегают пески, где фракция 1–0.25 мм составляет 60–70%.

Величины pH_{H_2O} в исследуемых почвах реакция среды колеблется от сильнощелочной до слабощелочной. Наибольшие значения отмечаются в палеопочве Бл2п-19 8.4–8.7 ед. pH по всему профилю (сильнощелочная реакция). При этом в верхних 20 см разреза Бл5п-19 значения pH_{H_2O} достигают 8.9, не снижаясь <8.0 по всему профилю. Почва в разрезе Бл3п-19 очень близка по значениям pH_{H_2O} к разрезу Бл5п-19. Тогда как в разрезах Бл4п-19, Бл1п-19 и современной почве (разрез Бл6ф-19) значения находятся в пределах от 7 до 8 за редкими исключениями, то есть реакция среды слабощелочная (рис. 3с).

Анализ *содержания органического углерода* ($C_{орг}$) показал, что во всех палеопочвах значения этого показателя меньше по сравнению с современной почвой. В современной пахотной почве верхний гумусовый горизонт содержит 0.73% $C_{орг}$, тогда как в верхнем горизонте погребенных почв варьирует от 0.15% в разрезе Бл2п-19 до 0.3% в разрезе Бл1п-19 (рис. 3д). Наименьшие значения $C_{орг}$ в первом полуметре почвенного профиля приурочены к погребенным почвам разрезов Бл2п и Бл5п-19. Учитывая, что в связи с длительностью погребения (около 5500 л. н.) в верхних горизонтах погребенных почв остается от 50 до 30% (в среднем убывает на 60%) от исходного содержания органического вещества [21]. Пересчет полученных данных показывает, что в верхнем горизонте погребенных почв с меньшим содержанием $C_{орг}$ (разрезы Бл5п-19 и Бл5п-19) реконструирован-

ные значения составляют 0.4–0.7%, а с большим содержанием $C_{орг}$ (разрезы Бл1п-19, Бл3п-19, Бл4п-19) значения варьируют от 0.7 (Бл3п) до 1.2% (Бл4п). Реконструированные значения в группе палеопочв с большим содержанием $C_{орг}$ соответствуют или немного превышают таковое в современной почве. Для всех изученных почв характерен аккумулятивный тип распределения органического вещества, то есть максимальное его накопление в верхней части профиля при постепенном уменьшении с глубиной.

В распределении *углерода карбонатов* ($C_{карб}$) по профилям изученных почв, как погребенных, так и фоновых (рис. 3е), отмечается увеличение от 0.1% в верхних 80 см профиля до 1.65% в средней части профиля и уменьшение в нижней части до 0.2–0.6%. $C_{карб}$ имеет схожий характер распределения по профилям всех почв, но различные значения максимумов. Отмечается 2 максимума на глубине 110–120 и 150–160 см. Для палеопочв разрезов Бл1п-19, Бл3п-19, Бл4п-19 первый и второй максимумы имеют значения 0.9–1.1%, для палеопочв разрезов Бл2п-19 и Бл5п-19 первый максимум составляет 0.9–1.6%, а второй 0.6–1.5%. В фоновой почве максимальное содержание (1%) $C_{карб}$ достигается на глубине 150 см. Итак, в разрезах Бл2п-19 и Бл5п-19 наибольшие значения $C_{карб}$ по всему профилю. В этих почвах наиболее ярко выражены максимумы аккумуляции карбонатов. Этот факт подтверждается распределением величин ППП, которое, хотя определение выполнено другим методом, практически повторяет распределение $C_{карб}$ по профилю (рис. 3ф).

По данным содержания обменных оснований видно (рис. 4), что во всех изученных почвах преобладает обменный кальций, составляя >70% от суммы катионов. Вместе с тем содержание обменного натрия заметно различается в почвах хроноряда. В палеопочвах разрезов Бл2п-19 и Бл5п-19 отмечается наибольшее содержание обменного натрия в составе обменных оснований, до 14.8% в средней части профиля. В палеопочвах разрезов Бл1п-19, Бл3п-19, Бл4п-19 содержание обменного натрия колеблется от 2 до 9% по всему профилю. Современные почвы характеризуются наименьшим содержанием обменного натрия в составе обменных оснований, от 0.3 до 0.9% по всему профилю.

Максимум *содержания гипса* 0.13% характерен для почв разрезов Бл2п-19 и Бл5п-19 на глубине 100–130, 130–150 см. В других погребенных и современной почвах значения не превышают 0.06%, в среднем составляют 0.03% (рис. 4б).

По *величине MB*, измеренной в верхней, средней и нижней частях почвенных профилей, наименьшим значением χ (38×10^{-8} ед. СИ) характеризуется разрез Бл4п-19 (рис. 4с). Не удалось измерить MB в гумусовом горизонте этой почвы, поскольку верх был срезан. Для разрезов Бл2п-19 и

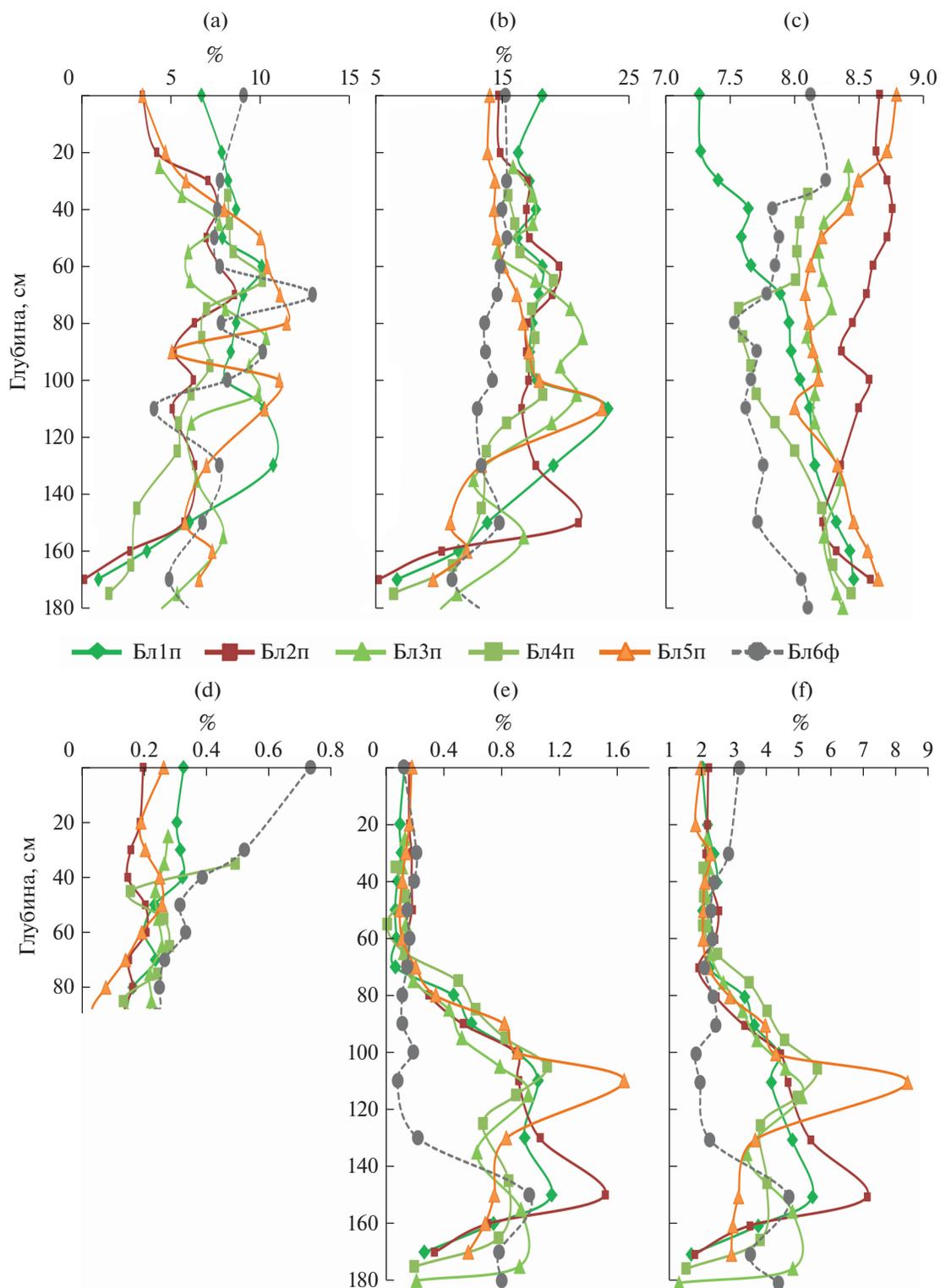


Рис. 3. Профильное распределение фракций <0.001 (a) и <0.01 мм (b), pH_{H_2O} (c), C_{org} (d), C_{carb} (e), ППП (f) в почвах изученного коротковременного хроноряда КМ Болдырево IV.

Бл5п-19 значения χ составляют $47-48 \times 10^{-8}$ ед. СИ. Наибольшие величины 50×10^{-8} ед. СИ зафиксированы в разрезах Бл1п-19 и Бл3п-19. В современной почве значение χ равно 46×10^{-8} ед. СИ.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Основная цель данного исследования – проследить изменение макро-, микроморфологических и физико-химических свойств в погребенных поч-

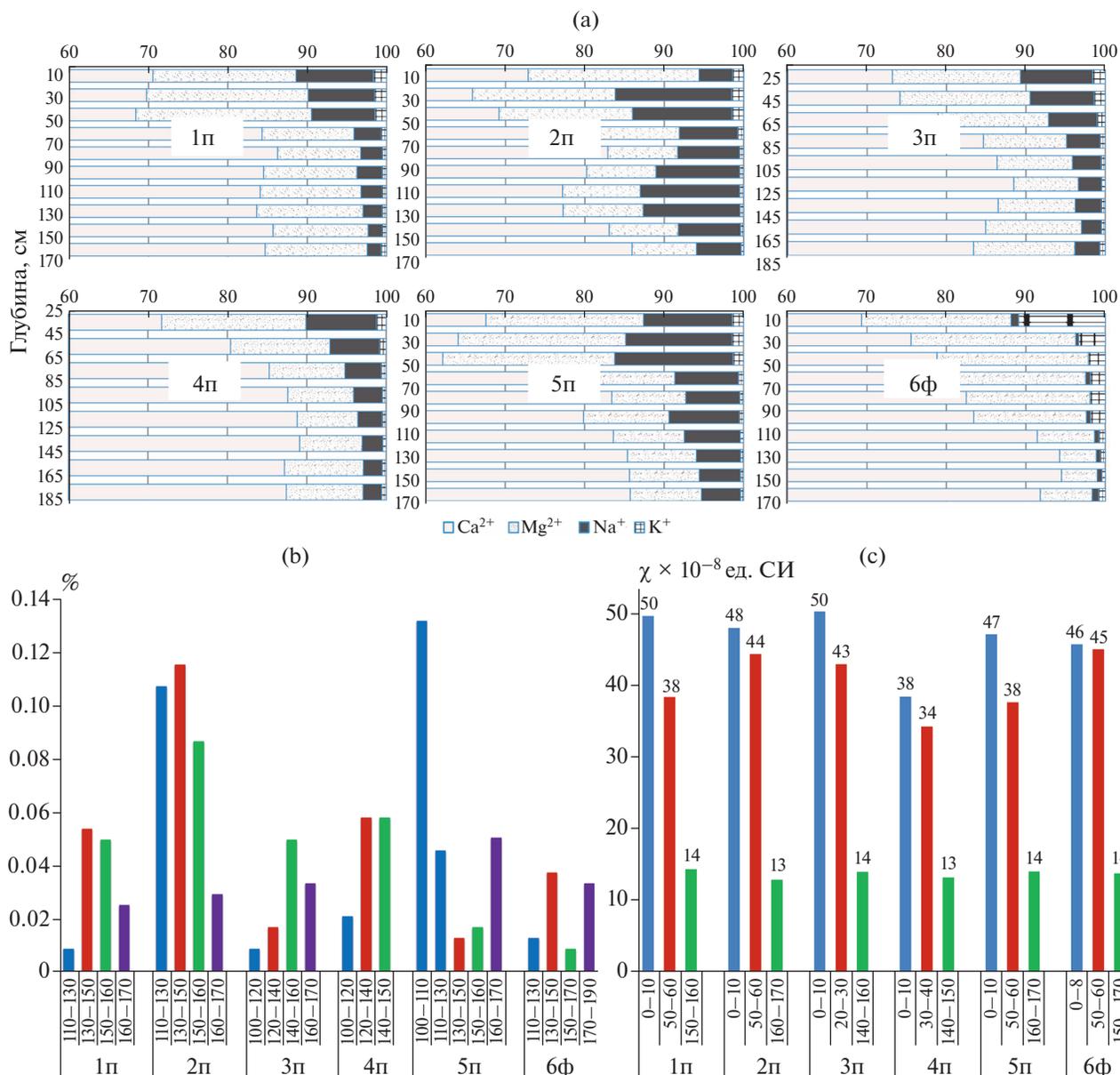


Рис. 4. Содержание обменных оснований (а), SO₄ гипса (б) и удельной магнитной восприимчивости (с) в почвах изученного коротковременного хроноряда КМ Болдырево IV.

вах, материале земляных конструкций и сопоставить их между собой. На основе изучения коротковременного педохроноряда и конструкций кургана выявлены основные диагностические признаки, которые отражают изменение степени увлажненности климата в степной зоне. К таким отнесены степень зоотурбации, содержание органического углерода, профильное распределение и глубина залегания максимума содержания карбонатов, формы карбонатных новообразований на микро- и макроуровнях, содержание гипса, обменного натрия, а также сложение и ориентация ТДМ на микроуровне.

Важно подчеркнуть, что изученные погребенные и современные почвы КМ Болдырево IV сформировались на аналогичной литогенной основе, как почвообразующей, так и подстилающей, в пределах одной формы рельефа со схожим гипсометрическим уровнем, что позволяло при сравнении их свойств замеченные отличия относить на счет изменявшихся климатических условий.

Сопоставление и сравнение свойств почв и земляных конструкций в изученном Болдыревском кургане показало, что за время строительства кургана в погребенных почвах произошло уменьшение содержания C_{орг} в верхней части профиля, уве-

личилось содержание $C_{\text{карб}}$ и ППП, pH_{H_2O} , гипса, доли обменного натрия в составе обменных оснований и величины МВ. Напомним, что величина МВ зависит от количества среднегодовых атмосферных осадков: чем больше осадков, тем больше магнитная восприимчивость в автоморфных почвах степной зоны. Это объясняется реакцией бактерий-железоредукторов, находящихся в гумусовом горизонте, которые реагируют на климатические изменения [11, 24]. Палеопочвы разрезов Бл2п-19 и Бл5п-19 так же, как материал четвертой конструкции, под которой они были погребены, имеют более “засушливый” морфологический облик: нижняя граница гумусового горизонта в палеопочвах имеет тенденцию к языковатости, профили сильнее изрыты землероями, при микроморфологическом анализе установлено, что карбонаты сильнее пропитывают почвенную тонкодисперсную массу в карбонатно-аккумулятивном горизонте, который использовался для возведения четвертой конструкции. Только в последней на микроуровне отмечаются уплотненные фрагменты ТДМ, которые сильно окарбонаты.

Очевидно, курган строился из почвенных материалов, палеопочвы и курганные конструкции имеют сходный гранулометрический состав, цвет курганных конструкций совпадает с цветом соответствующих генетических почвенных горизонтов. В физико-химических свойствах материалов курганных конструкций находим аналогии со свойствами определенных почвенных горизонтов: обнаруживается такое же по направленности изменение свойств материалов от первой к четвертой конструкциям, как в погребенных под каждой из них почв. Первая и вторая конструкции были построены в основном из материала горизонтов Ah с небольшой примесью AhB, в них фиксируется наибольшее содержание $C_{\text{орг}}$ и самые большие величины МВ, наименьшее содержание $C_{\text{карб}}$, наименьшие величины ППП и pH_{H_2O} . Третья и четвертая конструкции, построенные в основном из материалов горизонта Bk с примесью AhB, показывают меньшее содержание $C_{\text{орг}}$ и величины χ , но большее содержание $C_{\text{карб}}$, величины ППП и pH_{H_2O} . При этом материал четвертой конструкции, которая строилась, как полагаем, в период нарастающей аридизации климата, демонстрирует наименьшее содержание $C_{\text{орг}}$ и наибольшее $C_{\text{карб}}$ с соответствующим изменением всех других изученных свойств, что коррелирует с изменчивостью свойств почв в подкурганном хроноряде (рис. 5).

При этом физико-химические свойства обмазки площадки вокруг центрального основного погребения кардинально отличаются от свойств всех других материалов курганных конструкций. Как показали микроморфологический анализ и физи-

ко-химические характеристики материал обмазки был приготовлен из речного ила с добавлением извести и антропогенных включений, тщательно перемешан и в сыром виде использован для покрытия подрезанной поверхности ритуальной площадки.

Ранее в степном Приуралье проводили исследования на КМ Красиковский I [12, 24]. На основании палеопочвенного анализа КМ Красиковский I реконструирован аридный эпизод в интервале от 3600 до 3000 лет cal BC (~5600–5000 л. н.), что согласуется с данными, полученными при изучении коротковременного педохроноряда и земляных конструкций КМ Болдырево IV в плане направленности изменения климатических условий (усиление аридизации), а также, судя по полученным радиоуглеродным датам, очень близких хронологических интервалов функционирования этих двух объектов. Анализ палеопочв в КМ Красиковский I также показал уменьшение в них содержания $C_{\text{орг}}$, меньшие величины емкости катионного обмена, увеличение содержания $C_{\text{карб}}$, гипса, обменного натрия в составе обменных оснований от начала к концу изучаемого временного интервала.

Помимо сопоставления с палеопочвами в КМ Красиковский I, вывод об усилении аридизации климата на репинском этапе развития ямной культуры подкрепляется другими данными, полученными на археологических памятниках Оренбуржья, при изучении палеопочв поселения Турганик, расположенного вблизи КМ Красиковский I. По данным изучения культурных слоев этого поселения, репинский этап ямной культуры отличался наиболее засушливой из всех остальных рассмотренных хроносрезов ямной культуры климатической ситуацией. Доля аридной флоры в разнотравно-злаковых растительных ассоциациях была максимальной, почвы демонстрировали наиболее “аридные” свойства [9].

В то же время палеопочвы, погребенные под ямными курганами в КМ Шумаевский I, II и Мустаевский V, расположенные неподалеку от изучаемого Болдыревского кургана, отнесенные по археологическим и радиоуглеродным данным к развитому и завершающему этапам ямной культуры, демонстрировали признаки усиления гумификации, выщелачивания карбонатов, рассоления, рассолонцевания [7, 10, 26] по сравнению с палеопочвами раннего репинского этапа этой же культуры.

Таким образом, сравнительный анализ количественных и качественных морфологических и физико-химических свойств палеопочв коротковременного хроноряда и земляных конструкций кургана I КМ Болдырево IV бронзового века дают возможность реконструировать направленность



Рис. 5. Палеоландшафтная обстановка в изучаемом интервале раннего бронзового века в Оренбургском Предуралье на основе геоархеологических исследований большого Болдыревского кургана.

и масштабы изменчивости атмосферной увлажненности в регионе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Курган 1 в курганном могильнике Болдырево IV, вероятно, сооруженный в конце репинского этапа – начале развитого этапа А ямной культуры (около 5500 л. н.), является уникальным объектом для проведения палеоклиматических реконструкций, изучения архитектуры памятника и получения данных о технологии, применявшейся древними людьми для его строительства.

Для изученного педохроноряда за время его функционирования не отмечается смены почвенного подтипа черноземов. Все погребенные почвы классифицированы как чернозем обыкновенный или миграционно-сегрегационный супесчаный (Eutric Arenosols (Protocalic, Humic)).

Проведенный анализ земляных конструкций кургана и погребенных под ними почв позволил определить, что материалом для сооружения памятника послужили в основном местные почвы, поэтому изменения свойств почв отразились на

свойствах материала конструкций. Так, от начала к концу строительства кургана в палеопочвах и земляных конструкциях отмечается уменьшение содержания $S_{орг}$, увеличение содержания $S_{карб}$, ППП, pH_{H_2O} , χ , увеличение сегрегированных форм карбонатных новообразований, что указывает на смену климатических условий в сторону засушливости.

Сопоставление свойств палеопочв и земляных конструкций с изученной современной почвой позволяет предполагать, что палеопочвы ямного времени формировались в условиях более аридного климата, чем сейчас. Можно констатировать, что почвы развивались на аридной ветви эволюции.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена по теме государственного задания № 0191-2019-0046.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Публикация в журнале была рекомендована по результатам конференции “Горизонты будущего”, 2021. <https://www.soilfuture.org/>

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. 488 с.
2. *Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А.* Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.
3. *Воробьева Л.А.* Теория и практика химического анализа почв. М.: ГЕОС, 2006. 400 с.
4. *Демкин В.А., Демкина Т.С.* Степные курганы: уникальный историко-природный архив // Российская наука: Грани творчества на грани веков. М.: Научный мир, Природа, 2000. С. 419–427.
5. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
6. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 223 с.
7. *Моргунова Н.Л., Краева Л.А., Матюшко И.В.* Курганый могильник Мустаево V // Археологические памятники Оренбуржья. Оренбург, 2005. Вып. 7. С. 5–49.
8. *Орлов Д.С., Гришина Л.А.* Практикум по химии гумуса. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. 273 с.
9. *Хохлова О.С., Моргунова Н.Л., Гольева А.А.* Природно-климатические условия в V–III тыс. до н.э. в Оренбуржье по данным междисциплинарных геоархеологических исследований // Феномены культур раннего бронзового века степной и лесостепной полосы Евразии: пути культурного взаимодействия в V–III тыс. до н. э. Оренбург, 2019. С. 102–112.
10. *Чибилев А. А.* Географический атлас Оренбургской области. Оренбург, 1999. 96 с.
11. *Alekseeva T., Alekseev A., Maher B.A., Demkin V.* Late Holocene climate reconstructions for the Russian steppe, based on mineralogical and magnetic properties of buried palaeosols // *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*. 2007. V. 249. № 1. P. 103–127.
12. *Barczy A.* Kunhalmok elemetett talajainak vizsgálata. Szent István Egyetem Egyetemi Kiadó, Gödöllő, 2016. 179 p.
13. *Cammas C.* Micromorphology of earth building materials: toward the reconstruction of former technological processes (Protohistoric and Historic Periods) // *Quarter. Int.* 2018. V. 483. P. 160–179.
14. *Dani J.* A kurgánok és az építők – Az Alföld a bronzkor hajnalán // *Magyar Régészet*. 2020. P. 1–19.
15. *Demkin V.A., Klepikov V.M., Udaltsov S.N.* New aspects of natural science studies of archaeological burial monuments (kurgans) in the southern russian steppes // *J. Archaeol. Sci.* 2014. V. 42. P. 241–249.
16. *Ecsedy I.* The People of the Pit-Grave Kurgans in Eastern Hungary. *Fontes Archaeologici Hungaricae*. Budapest: Akadémiai Kiadó, 1979. P. 1–85.
17. *Gerling C., Bánffy E., Dani J., Köhler K., Kulcsá G., Pike A.W.G., Szeverényi V., Heyd V.* Immigration and transhumance in the Early Bronze Age Carpathian Basin: the occupants of a kurgan // *Antiquity*. 2012. V. 86. P. 1097–1111.
18. *Gimbutas M.* Das ende Alteuropas. Der Einfall von Steppennomaden aus Südrussland und die Indogermanisierung Mitteleuropas. Budapest: Archaeolingua, 2000. 135 p.
19. *Horváth T.* Hajdúnánás–Tedej–Lyukas-halom – An interdisciplinary survey of a typical kurgan from the Great Hungarian Plain region: a case study. (The revision of the kurgans from the territory of Hungary) // *Kurgan Studies. An environmental and archaeological multiproxy study of burial mounds in the Eurasian steppe zone*. British Archaeological Reports International / Eds. Pető Á., Barczy A. Oxford, 2011. Ser. 2238. P. 71–131.
20. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. An international soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources. Food and agriculture organization of the United Nations, Rome, 2015. Reports No. 106 (2014).
21. *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 Science*. 2009. № 10. C. 1109–1119. <https://doi.org/10.1134/S1064229309100056>
22. *Khokhlova O.S.* Rapid Changes in Chernozem Properties During their Holocene Evolution: A Case Study of Paleosols Buried under Kurgans in the Pre-Ural Steppe, Russia // *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. 2007. V. 24. № 1. P. 270–282.
23. *Morgunova N.L., Khokhlova O.S.* Development of ancient cultures and paleoenvironment during the Eneolithic Period and the Early Bronze Age in the Southern Cis-Urals steppe (Russia) // *Archaeol. Anthropol. Sci.* 2020. V. 12. P. 241. <https://doi.org/10.1007/s12520-020-01197-w>
24. *Papkina A., Khokhlova O., Morgunova N., Puzanova T.* Evolution of soils of the Southern Urals in the Early Bronze Age on the basis of archaeological data (on an example of a burial ground Krasikovo I in the Orenburg region) // *International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM: Surveying Geology Mining Ecology Management*, 2018. V. 18. P. 181–188.
25. *Pető Á., Barczy A.* Kurgan Studies. An environmental and archaeological multiproxy study of burial mounds in the Eurasian steppe zone // *British Archaeological Reports International*. Oxford, Archaeopress, 2011. Ser. 2238. 350 p.
26. *Rowińska A., Sudnik-Wójcikowska B., Moysiyenko I.I.* Kurhany – dziedzictwo kultury w krajobrazie antropogenicznym strefy stepów i lasostepu – oczami archeologa i botanika. – Kurgans from the archeologist and botanist view – cultural heritage in the stepp and forest stepp region // *Wiadomości Botaniczne*. 2010. V. 54. P. 7–20.
27. *Szilágyi G., Sümegi P., Molnár D., Sávai Sz.* Mollusc-based paleoecological investigations of the Late Copper – Early Bronze Age earth mounds (kurgans) on the Great Hungarian Plain // *Open Geosciences*. 2013. V. 5. P. 465–479.
28. *Zavarzina D.G., Alekseev A.O., Alekseeva T.V.* The role of iron-reducing bacteria in the formation of magnetic properties of steppe soils // *Eurasian Soil Science*. 2003. V. 36. № 10. P. 1085–1094.

Big Boldyrevsky Kurgan of the Early Bronze Age in the Southern Urals: Kurgan Structures, Paleosols, Paleoclimate Reconstruction

A. E. Sverchkova^{1, *}, O. S. Khokhlova¹, N. L. Morgunova², and T. N. Myakshina¹

¹ *Institute of Physical, Chemical and Biological Problems of Soil Science, Russian Academy of Sciences, Moscow region, Pushchino, 142290 Russia*

² *Orenburg State Pedagogical University, Orenburg, 460000 Russia*

**e-mail: acha3107@gmail.com*

The chronosequence of paleosols buried under structures of different ages within kurgan 1 at the Boldyrev IV kurgan cemetery in the Orenburg region, Russia has been studied. The kurgan was built by representatives of the early (Repino) stage of the Yamnaya culture (about 5500 years ago), it included four structures built in consecutive order. According to archaeological data, the kurgan was built over several decades, radiocarbon dating determined an interval of 300 years. During this time, the morphological and physicochemical properties of buried soils changed, namely, the tonguing-like character of the lower boundary of the humus horizon enhanced; the degree of digging up of the profiles by burrowing animals of the profiles increased; the content of organic carbon decreased whereas the content of carbonate carbon, gypsum, exchangeable sodium in the composition of exchange bases and magnetic susceptibility increased. The trend of changes in morphological properties, as well as the content of organic carbon, carbonates, and magnetic susceptibility in the materials of kurgan structures, from early to late, correlates with that for the soils buried under them. Our study suggests that the interval under consideration (the early stage of the Yamnaya culture) was more arid than in the present. Based on micromorphological analysis and physicochemical properties of the materials of the kurgan structures, the technical and technological approaches used by the ancient builders for their construction are revealed.

Keywords: burial mound, buried soils, micromorphology, short-term chronosequence, paleoclimatic reconstruction