
**ЭВОЛЮЦИЯ
ПРИРОДНЫХ СИСТЕМ**

УДК 631.41

**ИЗМЕНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО УВЛАЖНЕНИЯ В СТЕПЯХ
ЗАПАДНОГО ОРЕНБУРЖЬЯ ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ ГОЛОЦЕНА
ПО ДАННЫМ ИЗУЧЕНИЯ ПОЧВ ПОД РАЗНОВОЗРАСТНЫМИ
КУРГАНАМИ**

© 2026 г. А. Э. Сверчкова^{1, *}, Т. В. Артамонова²

¹Институт географии РАН, Москва, Россия

²Морская арктическая геологоразведочная экспедиция, Москва, Россия

*e-mail: acha3107@gmail.com

Поступила в редакцию 18.09.2025 г.

После доработки 01.10.2025 г.

Принята к публикации 23.12.2025 г.

На примере изучения морфологических свойств и физико-химических показателей (мощности гумусового горизонта, содержания органического углерода и углерода карбонатов, форм карбонатных новообразований, содержания гипса) палеопочв, погребенных под курганами различных археологических культур (ямная, срубная культуры, ранний железный век, средневековье), удалось реконструировать эволюцию черноземов и каштановых почв (на уровне типа и подтипа) в степной зоне Западного Оренбуржья в течение второй половины голоцена. Установлена четкая связь между свойствами почв и атмосферного увлажнения в течение их формирования. Выявлены диагностические признаки аридизации (уменьшение мощности гумусового горизонта, залегание карбонатных новообразований ближе к дневной поверхности, наличие гипса) и гумидизации (увеличение мощности гумусового горизонта и содержания гумуса, смещение карбонатных новообразований на большую глубину их переход в пропиточные формы, исчезновение гипса) климата. Показано следующее чередование эпох изменения увлажнения климата: 6000–5300 л. н. выявлено усиление аридизации; 5300–4300 л. н. для климата характерны более мягкие и менее контрастные условия; 3900–3800 л. н. господствовали более засушливые климатические условия, потом постепенно увеличивается увлажнение вплоть до периода 3600–3500 л. н.; 2700–1600 л. н. климатические условия характеризуются частыми климатическими флуктуациями (усиление аридизации сменяется усилением гумидизации и наоборот); 800–650 л. н. развивались в условиях более сухого и жаркого климата по сравнению с современным периодом, которые сменились в период 650–600 л. н. на более влажные, мягкие. Составлены схемы пространственного размещения ареалов зональных типов и подтипов почв для различных исторических эпох. Полученные данные имеют ключевое значение для понимания генезиса современной структуры почвенного покрова и прогнозирования его изменений в условиях современного изменения климата.

Ключевые слова: разновозрастные курганы, палеопочвы, черноземы, каштановые почвы, морфология почв, химические свойства, палеореконструкции увлажненности климата

DOI: 10.7868/S2658697526020091

ВВЕДЕНИЕ

Термин “эволюция почв” понимается нами как синоним развития почв, включая как постепенные плавные, так и быстрые, скачкообразные изменения почв. В данной работе объектом исследования являются погребенные почвы, рассмотренные на различных этапах изменения их состояния.

Эволюция черноземов степной зоны во второй половине голоцена в основном выражалась в увеличении или уменьшении мощности гумусового профиля и содержания гумуса, а также в смене глубины выщелоченности от карбонатов, что, очевидно, зависело от увлажненности климата (Александровский, 1983). Отмечается (Борисов, 2002; Демкин и др., 2013; Хохлова,

2009; Хохлова и др., 2004^{*1}, 2019), что свойства сухостепных почв способны меняться за сравнительно короткий промежуток времени (100–200 лет), и при неоднократных климатических колебаниях во второй половине голоцена почвы претерпевали различные изменения, варианты эволюции также были различными.

Обзор литературных данных показывает, что во второй половине голоцена происходили частые смены климатических условий — похолодание, потепление, снижение или повышение атмосферного увлажнения (Гольева, 2000; Курбанова, 2021). Как следствие, почвы реагировали на смену природных условий и происходили сдвиги границ почвенных подзон. В условиях низкой увлажненности и повышения температур подзоны смещались к северу. Почвенный покров и свойства почвы трансформировались. Аридизация климата приводила к возникновению языковатости гумусового горизонта, засоленности всего профиля, высокому залеганию в профилях почв карбонатов и гипса, осолонцованности, преобразованию обыкновенных черноземов в южные, каштановых почв в каштановидные полупустынные почвы (Александровский, 1983; Иванов, 1992; Хохлова, 2007; Чендев, 2005; Чендев и др., 2016; Alexandrovskiy et al., 2000). Так, усиление аридизации климата в степях Восточной Европы в интервале 4500–4000 л. н. привело к трансформации каштановых почв и солонцов в каштановидные полупустынные (Демкин и др., 2013; Хотинский, 1977). Исследования показали, что в степных ландшафтах аридизация сопровождается аккумуляцией легкорастворимых солей, гипса и карбонатов, смещением глубины вскипания к поверхности, а также уменьшением мощности гумусового горизонта и содержания гумуса (Demkin et al., 2014). В периоды гумидизации, напротив, фиксируются процессы рассоления и увеличения содержания гумуса (Demkin et al., 2014). На территории Восточно-Европейской равнины во второй половине голоцена отмечаются частые климатических колебания, которые у разных авторов приурочены к различным временным интервалам и имеют разную интерпретацию.

Дискуссионными остаются вопросы интерпретации и палеоклиматические реконструкции для различных периодов голоцена, в некоторых случаях в связи с малым количеством памятников, а в других — из-за различий в датировке, объектах (фитолитные, спорово-пыльцевые,

палеопочвенные данные) и методах их исследования, а также в подходах разных авторов. Также остается ряд вопросов как к этапам эволюции почв, так и к реальным временным пределам, за которые может трансформироваться почвенный профиль и произойти сдвиг зон/подзон. Все это привело к значительным разногласиям как в глобальных, так и региональных схемах палеорекоonstrukций климатических колебаний для второй половины голоцена в степной полосе Евразии (Гольева, 2000). Одно остается неизменно: выявленные закономерности изменений палеосреды и, в частности, изменение почвенного покрова, в значительной степени определяются изменчивостью климата. Изменение влажности меняет морфологические и химические свойства почв. Погребенные почвы, которые оказались законсервированы, оторваны от влияния внешней среды в связи со строительством археологических памятников, сохраняют морфологические и физико-химические свойства, сформировавшиеся на момент погребения в почвенном профиле (Демкин и др., 2013). Благодаря изучению этих свойств появляется возможность реконструировать природно-климатическую обстановку времени погребения почв.

Таким образом, цель работы — на основе изучения свойств коротковременных педохронорядов под разновозрастными курганами Западного Оренбуржья продемонстрировать эволюцию зональных почв (на уровне типа и подтипа) и определить степень гумидности климата. Для описания и иллюстрации эволюции почв исследуемой территории (черноземы и темно-каштановые почвы) на основе литературных данных были выбраны археологические памятники, собраны необходимые данные, составлена таблица с основными характеристиками почв и построены картосхемы ареалов изученных почв.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

В течение 30 лет на территории западного Оренбуржья проводились и проводятся геоархеологические исследования на исторических объектах: курганных могильниках, поселениях и других. Наши исследования включают в себя работы по изучению палеопочв, погребенных под курганными могильниками (КМ) и курганными группами (КГ), которые относятся к ямной культуре, раннему железному веку, срубной культуре и периоду средневековья. В работе используются опубликованные материалы исследований О.С. Хохловой, Н.Л. Моргуновой и А.Э. Сверчковой.

Участок исследования расположен на самом востоке Русской равнины в пределах возвышенности Общий Сырт, которая представлена пластово-ярусной равниной с останцами по-

¹ Работы, помеченные звездочкой, представлены в Дополнительных материалах 2 (дополнительные Список литературы и References). Дополнительные материалы доступны в электронном виде по DOI: <https://doi.org/10.7868/S2658697526020091>

верхностного выравнивания. Климат района характеризуется хорошо выраженной континентальностью, которая иллюстрируется большой амплитудой колебаний показателей среднегодовой температуры (15°C) и июля (22°C). Среднее годовое количество осадков для района составляет 360–410 мм, испаряемость превышает количество осадков в полтора раза. С севера на юг растительность сменяется следующим образом: лесостепи, разнотравно-типчаково-ковыльные степи, типчаково-ковыльные степи и полынно-типчаково-ковыльные степи. В настоящее время распаханность района — более 63%, лесистость — 0.7% (Колодина, 2006). Для почв Оренбургской области, как и для растительности, характерна широтная зональность. От луговых степей к опустыненным степям последовательно сменяются типы и подтипы почв: типичные, обыкновенные и южные черноземы, темно-каштановые, каштановые и светло-каштановые почвы.

Реперными могильниками послужили 14 КМ (более 30 курганов): Боголюбовский, Лабазинский, Скворцовский, Шумаево I и II, Мустаево V, Филипповка I, Покровка 10, Акоба II (на основе литературных данных); Красиково I, Твердилово I, Имангулово II, Болдырево IV, Ташла IV и КГ Каликино II (на основе исследований с участием автора) (рис. 1, табл. 1).

Результаты исследований по каждому памятнику подробно публиковались. Время возведения могильников, согласно археологическим данным (на основе радиоуглеродных дат и археологического датирования), соответствует доминированию различных культур бронзового века (ямной, срубной), раннего железного века (РЖВ) и средневековья. Для единого представления данных далее в работе все даты будут приведены в тысячелетиях.

На территории каждого КМ изучены фоновые современные почвы. На основе изучения фоновых почв и уже имеющейся почвенной карты (Географический ..., 1999) была построена схематическая карта ареалов зональных почв современного периода (рис. 2).

Для проведения палеоклиматической реконструкции климата второй половины голоцена в данной работе был использован метод коротковременных педохронорядов (Хохлова, Хохлов, 2009). Почвы под курганами, принадлежащими к одной культуре или ее этапу, выстраиваются в коротковременной хроноряд, охватывающий около 100–200 (не более 500) лет, а время между датами погребения соседних в хроноряду почв составляет <100 (а чаще <50) лет, что дает возможность охарактеризовать направленность климатических колебаний для отдельных непро-

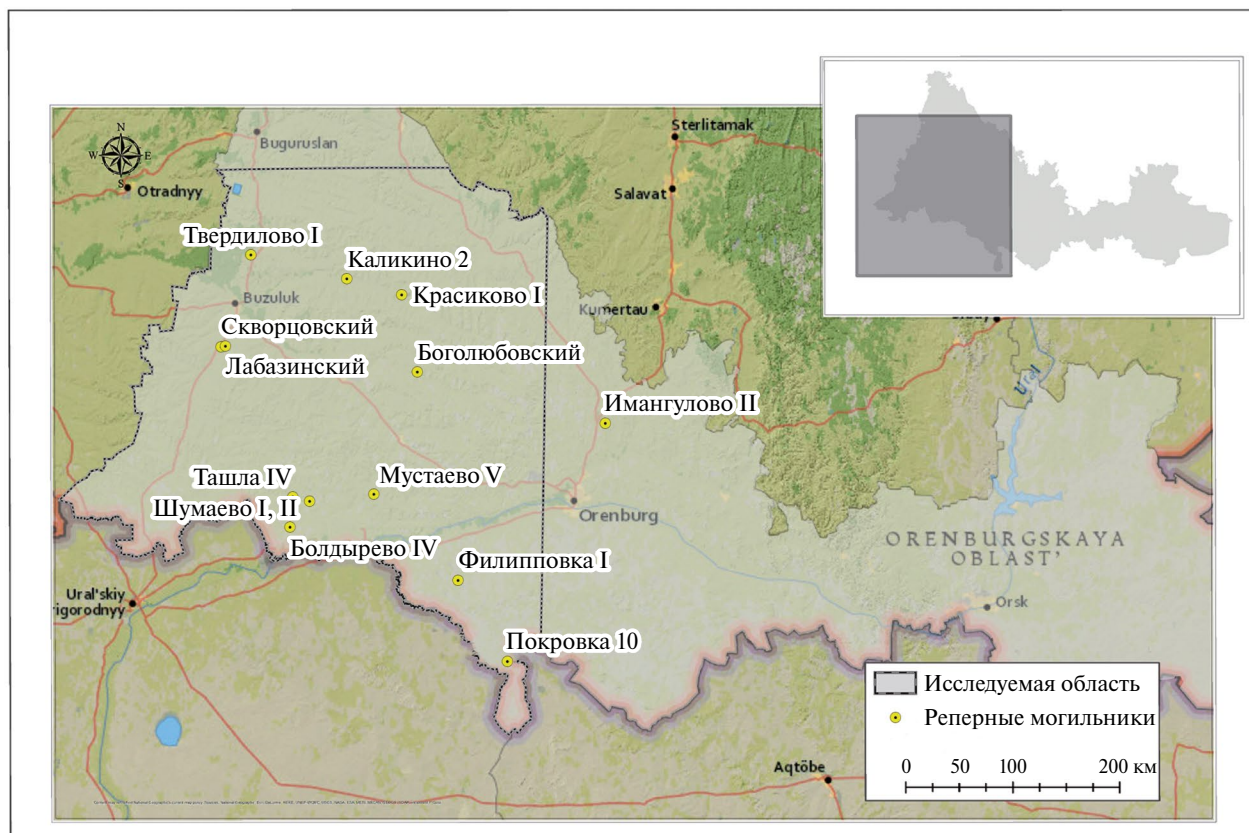


Рис. 1. Размещение реперных могильников на территории исследования.

Таблица 1. Координаты реперных курганных могильников

Курганный могильник	Координаты	
Имангулово II	52°10'6.348" с. ш.	55°22'4.638" в. д.
Каликино 2	52°54'39.870" с. ш.	53°11'10.120" в. д.
Ташла IV	51°47'8.700" с. ш.	52°43'58.620" в. д.
Болдырево IV	51°37'40.630" с. ш.	52°42'28.520" в. д.
Красиково I	52°49'45.000" с. ш.	53°38'56.000" в. д.
Покровка 10	50°55'12.140" с. ш.	54°32'30.340" в. д.
Филипповка I	51°20'57.313" с. ш.	54°7'40.977" в. д.
Мустаево V	51°48'0.000" с. ш.	53°25'0.000" в. д.
Шумаево I, II	51°45'49.000" с. ш.	52°52'27.000" в. д.
Боголюбовский	52°26'0.000" с. ш.	53°47'0.000" в. д.
Твердилово I	53°1'59.066" с. ш.	52°22'43.424" в. д.
Скворцовский	52°33'49.063" с. ш.	52°7'31.361" в. д.
Лабазинский	52°33'57.881" с. ш.	52°9'46.400" в. д.

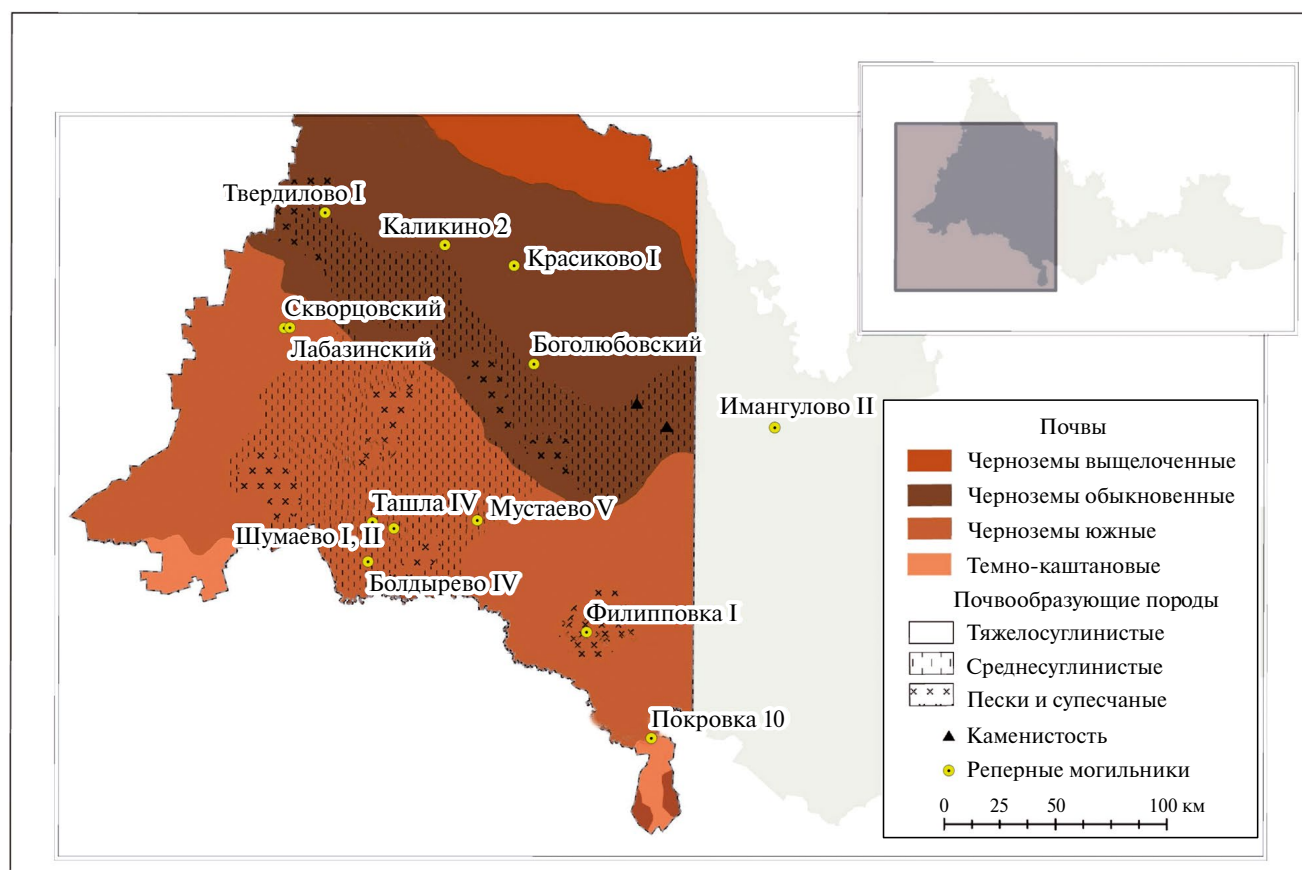


Рис. 2. Ареалы зональных почв Западного Оренбуржья для современности.

должительных хроноинтервалов и представить картину изменений атмосферного увлажнения в целом, например, для всего интервала представленных в курганном могильнике культур.

Для проведения палеоклиматических реконструкций в степной зоне необходимо применение комплекса морфологических и химических показателей, отражающих изменения гумусового и солевого состояния почв. К диагностическим признакам относятся:

– морфологические показатели (глубина и окраска гумусового горизонта, форма аккумуляции карбонатов и гипса в почвенном профиле, степень проработки профиля почвенной мезофауной);

– физико-химические показатели (содержание органического углерода, содержание карбонатов и гипса, содержание обменных оснований, в частности натрия, величина магнитной восприимчивости).

В основе методики лежит дифференциация свойств почв на “аридные” и “гумидные” в зависимости от направленности почвенных процессов (табл. 2). Каждое из перечисленных свойств закономерно изменяется при климатических флуктуациях. Так, смещение климатических условий в сторону усиления аридизации инициирует развитие в почвах “аридных” признаков, тогда как смещение в сторону усиления гумидизации активизирует формирование “гумидных” признаков.

Изменения почвенных свойств варьируют по степени выраженности: от отчетливых, диагностируемых морфологическими, физико-химическими и инструментальными методами, до слабо проявленных, устанавливаемых на уровне статистических тенденций. Соответственно, изменения классификационной принадлежности могут быть различными: как на уровне подтипа почв, т.е. резкими и замет-

ными, так и незначительными и менее явными. Следует подчеркнуть, что анализ одного или нескольких свойств для целей палеорекострукции признается методически недостаточным и не обеспечивающим репрезентативности выводов. Для достижения обоснованных результатов необходим комплексный подход, предполагающий использование максимально полного набора почвенных характеристик в сочетании с данными смежных дисциплин (например, микробиоморфный или палинологический анализ).

В коротковременном педохроноряду фиксируются начальные стадии трансформации почвенных свойств, уже демонстрирующие определенную направленность. Так, в условиях усиления аридизации климата миграция карбонатов вверх по профилю и появление аккумуляций гипса в пределах двухметровой толщи черноземов могут происходить в течение первых десятилетий. В то же время процессы нисходящей миграции карбонатов и вымывания гипсовых аккумуляций характеризуются значительно большей продолжительностью. Но и в том, и в другом случае, несмотря на различную скорость протекания этих процессов, в коротковременном педохроноряде устанавливается тенденция к аккумуляции или выносу соединений. При работе с коротковременными педохронорядами для реконструкции смены климатических условий необходимо комплексное рассмотрение всего набора свойств с последующим выявлением общей направленности их трансформации.

В хронологическом порядке были изучены педохроноряды КМ Оренбуржья: ямной, срубной культур, РЖВ и средневековья. Все палеопочвы располагались под курганами. Большое внимание уделялось морфологическим свойствам почвенных профилей (мощность гумусового профиля, глубина и формы карбонатных новообразований, степень зоотурбации) и химическим

Таблица 2. Условное разделение свойств изучаемых почв степной зоны

“Аридные” свойства	“Гумидные” свойства
<i>Дегумификация</i> осветление гумусового горизонта снижение содержания органического углерода	<i>Гумусоаккумуляция</i> темно-серый цвет гумусового горизонта увеличение содержания органического углерода
<i>Засоление и осолонцевание</i> уменьшение глубины залегания сегрегированных форм КНО увеличение количества и форм КНО увеличение содержания карбонатов увеличение содержания гипса увеличение содержания обменного натрия в ППК	<i>Рассоление и рассолонцевание</i> промывание видимых форм карбонатов вниз по профилю снижение содержания карбонатов опускание верхней границы вскипания от HCl уменьшение содержания гипса уменьшение содержания обменного натрия в ППК
<i>Уменьшение величины магнитной восприимчивости</i> <i>Увеличение признаков биологической активности</i>	<i>Увеличение величины магнитной восприимчивости</i> <i>Уменьшение признаков биологической активности</i>

свойствам (содержание углерода органического и карбонатов, гипса, натрия в составе обменных оснований, в некоторых случаях, величина магнитной восприимчивости). Для всех объектов каждой археологической культуры и их этапов была сделана обобщающая таблица с указанием: принадлежности погребенных и современных почв к тому или иному типу/подтипу по классификации почв СССР 1977 (Классификация ..., 1977); для палеопочв приводятся данные о мощности гумусового горизонта (A1+A1B) и характере его нижней границы, глубине вскипания от HCl, глубине расположения в профиле и формам карбонатных новообразований (КНО) (ДМ_1, табл. 1). Данные морфологические характеристики были выбраны как ключевые, так как эти материалы имеются для всех изученных объектов и являются одними из индикаторов эволюции палеопочв. На основании изучения изменений вышеперечисленных свойств почв были построены карты-схемы ареалов зональных почв для тех периодов, в которые происходило смещение этих ареалов на север или юг. Карты создавались в ПО ArcGIS в системе координат WGS 84 проекции UTM 40N. Для того, чтобы выполнить пространственное распределение ареалов зональных почв на этапах их смещения к югу или к северу использовалась интерполяция [метод Кригинга (Indicator Kriging)]. Данный метод учитывает пространственную структуру и неоднородность

распределения данных, позволяя оценивать вероятности принадлежности к категориальным классам почв. Таким образом, применение данного геостатистического подхода обеспечило создание вероятностных поверхностей распределения типов почв с количественной оценкой пространственной неопределенности, что соответствует современным стандартам цифрового почвенного картографирования. В остальных случаях, когда не было зафиксировано типовое/подтиповое изменение ареалов зональных почв в изучаемых коротковременных хронорядках, мы фиксировали направленность изменения свойств палеопочв в сторону усиления гумидизации или аридизации климата.

Важно подчеркнуть, что изученные погребенные и современные почвы каждого КМ 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.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Палеопочвы ямной культуры

Палеопочвы, погребенные под курганами ямной культуры (рис. 3), были изучены в КМ Шумаево I и II, Мустаево V, Красиково I,

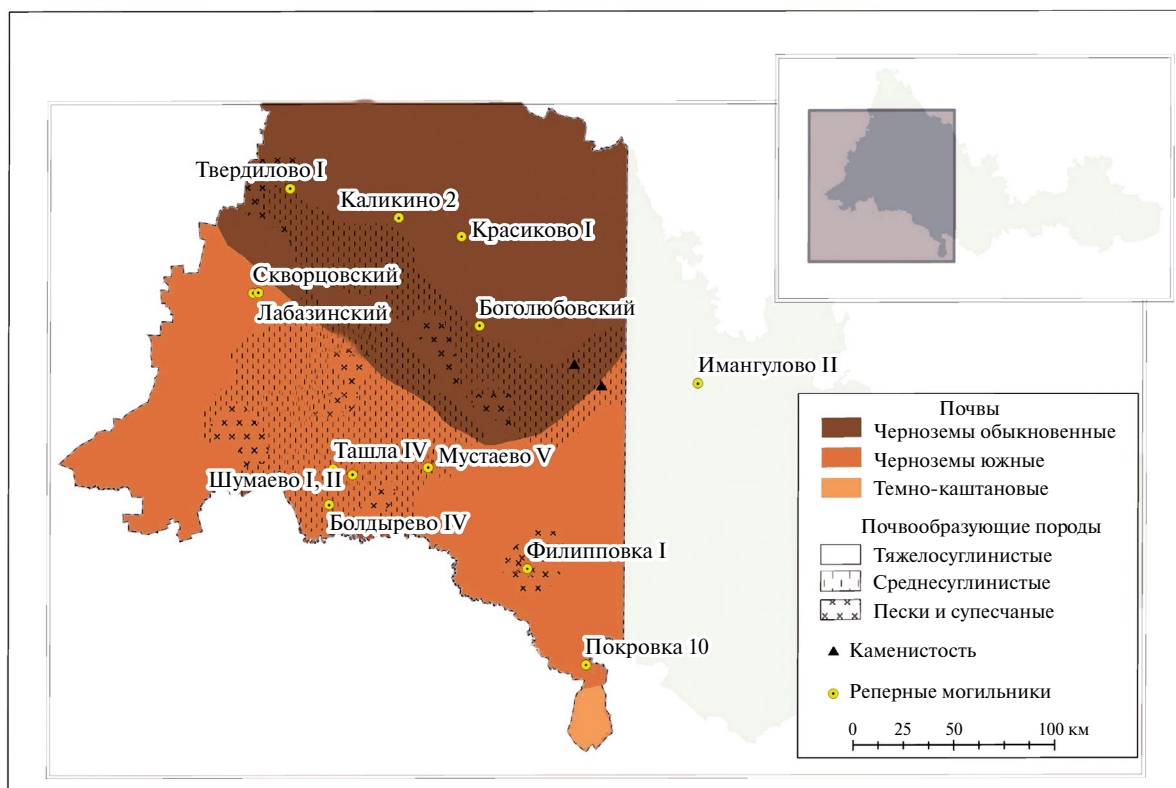


Рис. 3. Ареалы зональных почв Западного Оренбуржья для развитого этапа ямной культуры (5300–4300 л. н.).

Болдырево IV, Ташла IV, Скворцовский и КГ Каликино II.

Согласно периодизации ямной культуры, разработанной для Приуралья Н.Л. Моргуновой, выделили 4 этапа: ранний репинский (6000–5300 л. н.), развитой А (5300–4900 л. н.), развитой В (4900–4600 л. н.) и полтавкинский (4600–4300 л. н.) (Моргунова, 2014).

Палеопочвы раннего *репинского этапа ямной культуры* (6000–5300 л. н.), были изучены под пятью курганами КМ Красиково I. Исследование показало, что за время строительства курганов в КМ, от начала к концу его функционирования, произошла смена климатических условий, которая отразилась в свойствах почв: гумусовый горизонт стал более светло-серого цвета, увеличилось количество карбонатных новообразований, в нижней части профиля появились аккумуляции гипса. Произошла смена черноземов обыкновенных на южные. Результаты химического анализа показали снижение содержания углерода органического (с 1.5 до 0.5%), магнитной восприимчивости (с 66 до 50×10^{-6} ед. СИ), возрастание углерода карбонатов (максимум содержания — с 2.0 до 2.5%), гипса (с 0.06 до 0.2%), натрия в составе обменных оснований (с 2.5 до 6.5% в нижней части профиля). Полученные данные микробиоморфного анализа свидетельствуют о трансформации растительного покрова в период сооружения курганов. Данный процесс выражается в смене доминирования фитоцитов луговых злаков и двудольных трав на лугово-степные злаки, с присутствием единичных фитоцитов аридной флоры (Хохлова и др., 2019).

Палеопочвы *развитого этапа А ямной культуры* (5300–4900 л. н.) были изучены под курганами четырех КМ: Ташла IV (1 курган), Болдырево IV (1 курган (5 палеопочв)), Мустаево V (2 кургана) и Шумаево I (3 кургана).

В КМ Ташла IV были изучены один разрез погребенной почвы и один современной. Для палеопочвы ямного времени по сравнению с современной почвой характерен более светло-серый цвет гумусового горизонта, большая окисленность с поверхности, тогда как современная почва не вскипала от HCl до глубины 40–45 см, а также большая проработка материала почвенной мезофауной. По аналитическим данным для палеопочвы по сравнению с современной почвой характерны наименьшие величины реконструированного содержания углерода органического в гумусовом горизонте, максимумы содержания карбонатов в профиле располагаются выше, pH водной вытяжки в первом метре профиля показывали более щелочные значения, а также отмечались более высокие

значения процентного содержания магния и натрия в составе обменных оснований (Хохлова и др., 2024).

В КМ Болдырево IV был изучен коротковременной педохроноряд из 5 погребенных и одной фоновой почвы. Разрезы погребенных почв были заложены под четырьмя разновременными курганными конструкциями. Сравнительный анализ погребенных почв показал, что под первой, ранней конструкцией, почвы были в меньшей степени изрыты землероями, нижняя граница гумусового горизонта ровная или слабоволнистая, в аккумулятивно-карбонатном горизонте выраженность слоев карбонатной пропитки наиболее четкая среди почв хроноряда. В палеопочвах под второй и третьей конструкциями степень изрытости увеличивалась и достигала максимума в палеопочвах под четвертой конструкцией. Можно отметить и увеличение степени пропитанности карбонатами материала между слоями пропитки в палеопочвах под четвертой конструкцией по сравнению с остальными почвами хроноряда. По морфологическому облику фоновая почва наиболее близка к самой ранней палеопочве в хроноряду. Сопоставление и сравнение физико-химических свойств почв показало, что за время строительства кургана в погребенных почвах произошло уменьшение содержания углерода органического в верхней части профиля, увеличилось содержание углерода карбонатного и потерь при прокаливании, pH_{H_2O} , гипса, доли обменного натрия в составе обменных оснований и величины MB (Khokhlova et al., 2022).

Для палеопочв под КМ Шумаево I и Мустаево V характерна языковатая нижняя граница гумусового горизонта, светло-серая окраска и мощность A1 около 30 см, хорошо выраженная аккумуляция карбонатов (в том числе в виде белоглазок) и гипса, ясно выраженная доля обменного натрия в составе обменных оснований. По аналитическим данным для палеопочв, погребенных под Шумаевскими курганами, максимум содержания углерода карбонатов отмечали в горизонте B1_{ca} и он составлял 5.2%, содержание органического углерода не превышало 1.3% в горизонте A1, тогда как в современной почве значения достигали 2.4% (Хохлова и др., 2004*). Для палеопочв Мустаевских курганов содержание органического углерода не превышало 0.7% в горизонте A1, тогда как в современной почве значения достигали 2.5%. Также в палеопочвах отмечалось наибольшее содержание гипса во втором метре профиля (0.5%) и натрия в составе обменных оснований (от 17.0% в верхней части профиля до 7.0% в нижней). В современной почве гипса меньше 0.1%, натрия в верхней

части профиля около 1.0%, а в нижней до 13.0% (Моргунова и др., 2005).

Палеопочвы *развитого этапа В ямной культуры* (4900–4600 л. н.) были изучены под курганами трех КМ: Шумаево II (4 кургана), Мустаево V (2 кургана), Скворцовский (3 кургана) и Каликино II (6 курганов).

В палеопочвах КМ Шумаево II не отмечалась четкая языковатая граница гумусового горизонта, но встречались тонкие неясные языки. Карбонаты в профиле в редких случаях были представлены белоглазкой. Максимум содержания углерода карбонатов наблюдался в горизонте B2_{Ca} и имел значение около 5.0%. Мощность гумусового горизонта достигала 35 см, а содержание органического углерода в горизонте A1 — 2.0%, тогда как в современной почве значения достигали 2.4% (Хохлова и др., 2004*).

В палеопочвах КМ Мустаево V также не отмечается четкая языковатая граница гумусового горизонта, описаны мицелярные формы карбонатных новообразований и белоглазка, но она имела расплывчатые, неясные очертания. Содержание органического углерода 0.7–0.8% в горизонте A1, тогда как в современной почве значения достигали 2.5%. Содержание гипса во втором метре профиля — 0.2%, натрия в составе обменных оснований — от 4.0 до 7.0% по всему профилю. В современной почве гипса меньше 0.1%, натрия в верхней части профиля около 1.0%, а в нижней до 13.0% (Моргунова и др., 2005).

В палеопочвах КМ Скворцовский отмечалась слабоязыковатая граница гумусового горизонта, довольно сильная изрытость верхнего метра профиля. Карбонатные новообразования были представлены в виде карбонатного псевдомицелия, который в горизонте B_{Ca} сменялся мелкой редкой белоглазкой. В горизонте B2_{Ca} новообразования представлены густой сетью жилок-трубочек. По аналитическим данным в литературе приводятся относительные запасы углерода органического, карбонатов и обменных оснований, которые указывают на то, что в палеопочвах относительные запасы органического углерода меньше, чем в современных почвах (в слое 0–100 см); запасы карбонатов (в слое 0–100 и 0–180 см) выше, чем в современных; запасы обменных оснований не показали различий по обменному натрию (Моргунова и др., 2010).

В палеопочвах КМ Каликино II было изучено 6 погребенных и одна современная почва. В более поздних палеопочвах отмечались начальные, малозаметные признаки усиления гумусонакопления, которые отразились в более темном цвете гумусового горизонта по сравнению с палеопочвами, погребенными раньше. За время строительства курганов отмечалось уменьшение окар-

боначенности гумусового горизонта (карбонатная пропитка сменилась на редкий тонкий мицелий). Физико-химический анализ демонстрировал, что в палеопочвах, погребенных последними в педохроноряду, происходило увеличение содержания органического углерода в верхней части профиля и уменьшение содержания углерода карбонатов по сравнению с более ранними почвами, где карбонаты были подтянуты ближе к дневной поверхности. Также за время строительства курганов возрастали значения магнитной восприимчивости (Сверчкова и др., 2025*).

Палеопочвы *полтавкинского этапа ямной культуры* (4600–4300 л. н.) были изучены под курганами двух КМ: Шумаево II (1 курган) и Скворцовский (2 кургана).

Палеопочва КМ Шумаево II характеризуется наибольшей промытостью профиля, мощность гумусового горизонта составляла около 50 см, а содержание органического углерода достигало 2.5%, то есть больше, чем в современной почве (2.4%). Граница гумусового профиля волнистая. Карбонатные новообразования представлены в виде карбонатной пропитки и слабовыраженных прожилок. Максимум углерода карбонатов отмечается в переходном горизонте к почвообразующей породе и составляет 4.0% (Хохлова и др., 2004*).

В палеопочвах КМ Скворцовский не отмечалось языковатой нижней границы гумусового горизонта и карбонатных новообразований в верхней части профиля, в горизонте B1_{Ca} не наблюдалось белоглазки, лишь карбонатная пропитка. Карбонатные жилки-трубочки были выражены менее четко и менее густо в горизонте B2_{Ca}, чем в палеопочвах этого КМ, относящемся к развитому этапу В. В палеопочвах относительные запасы органического углерода больше, чем в палеопочвах развитого этапа В, но меньше, чем в современных почвах (в слое 0–100 см); запасы карбонатов (в слое 0–100 и 0–180 см) меньше, чем в палеопочвах развитого этапа В, но выше, чем в современных; запасы обменных оснований не показывали различий по обменному натрию (Моргунова и др., 2010).

Палеопочвы срубной культуры

Срубная культура была распространена в интервале 3900–3500 лет назад и согласно периодизации, разработанной для территории Западного Оренбуржья, делится на 3 этапа: I этап (3900 л. н.), II этап (3800–3700 л. н.) и III этап (3600–3500 л. н.) (Купцова и др., 2018). Для построения схематической карты зональных почв для срубной культуры (рис. 4) были использованы данные по курганам шести КМ: Ташла IV, Мустаево V, Твердилово I, Боголюбовский,

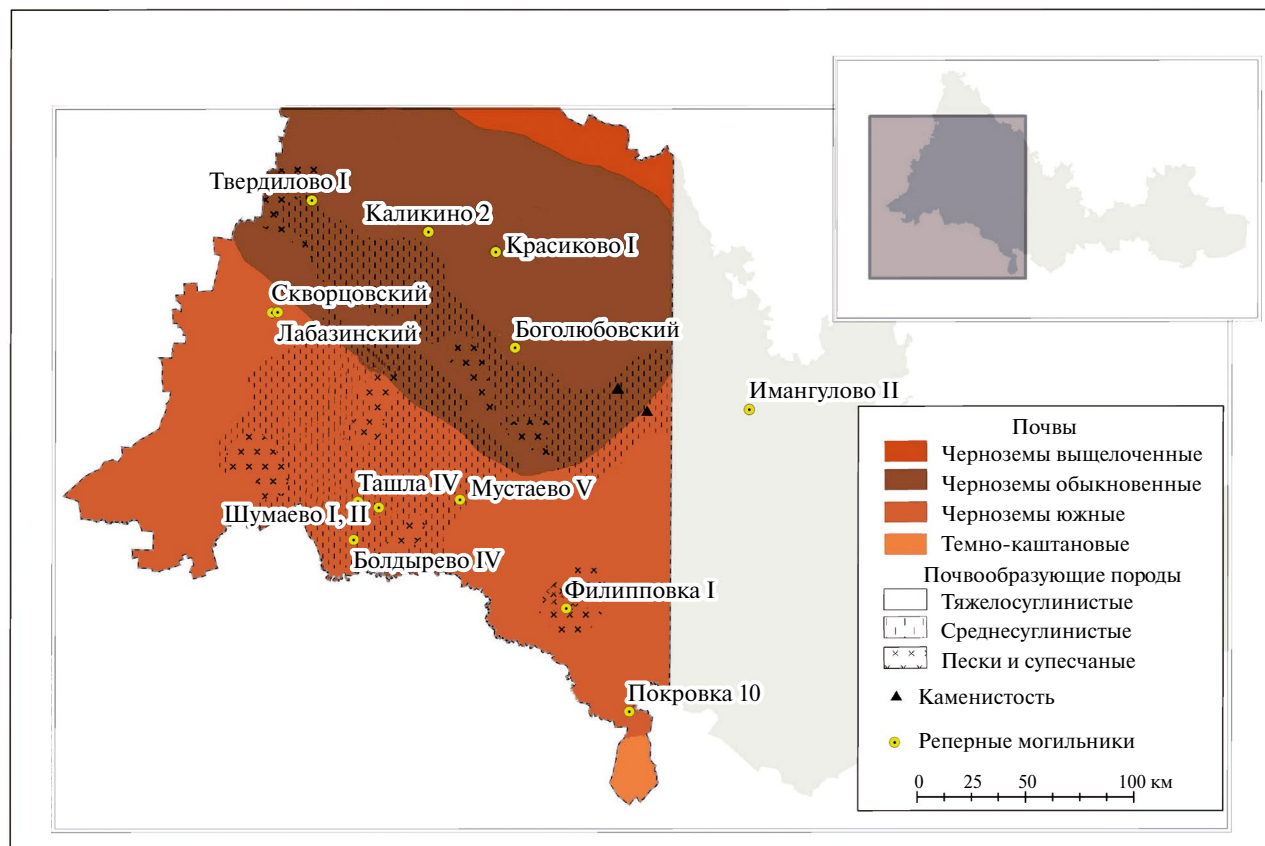


Рис. 4. Ареалы зональных почв Западного Оренбуржья для III этапа срубной культуры (3600–3500 л. н.).

Скворцовка и Лабазинский (см. ДМ_1, табл. 1). Данная культура наиболее географически обеспечена археологическими памятниками, так как большую часть времени развития этой культуры на территории Западного Оренбуржья господствовали благоприятные природно-климатические условия.

Палеопочвы I этапа (3900 л. н.) срубной культуры были изучены под курганами трех КМ: Мустаево V (1 курган), Скворцовский (2 кургана) и Боголюбовский (2 кургана).

Палеопочва под Мустаевским курганом имела четко выраженную столбчато-призматическую структуру в верхней части профиля. Мощность гумусового горизонта (A1+A1B) составляла около 60–65 см. В горизонте B_{1Ca} была ярко выражена карбонатная пропитка и крупная белоглазка, также отмечались гипсовые аккумуляции в виде мелких прожилок в нижней части профиля. Содержание органического углерода достигало 0.4%, а в современных почвах 1.6%. Максимум содержания углерода карбонатов располагался на глубине 70 см и составил 4.9%, тогда как в современной почве максимум был расположен на глубине 90 см и составлял 6.1%. Содержание гипса во втором метре профиля — 0.2%, натрия в составе обменных оснований — от 2.0% в верхней части профиля до 11.0% в нижней

части. В современной почве гипса меньше 0.1%, натрия в верхней части профиля около 1.0%, а в нижней до 14.0% (Моргунова и др., 2005).

Палеопочвы КМ Скворцовский характеризовались столбчато-призматической структурой гумусового горизонта, окарбоначенностью с поверхности, отсутствием языковой границы гумусового горизонта. В горизонте B_{Ca} была отмечена карбонатная пропитка без видимых форм карбонатных аккумуляций. В палеопочвах относительные запасы органического углерода больше, чем в современных почвах (в слое 0–100 см); запасы карбонатов (в слое 0–100 и 0–180 см) выше, чем в современных; запасы обменных оснований не показывали различий по обмену на натрий (Моргунова и др., 2010).

Палеопочвы КМ Боголюбовский имели белесоватой-серый цвет гумусового горизонта, мощность A1+A1B не превышала 40–45 см. Выделялась массивная аккумуляция карбонатов с глубины 45 см в форме пропитки и белоглазки, в нижней части профиля (на глубине 100–120 см) фиксировались гипсовые аккумуляции в виде тонких прожилок и разрозненных белых зерен. Содержание органического углерода в первом полуметре снижалось от 1.1 до 0.3%, тогда как в современных почвах значения снижались

от 3.6 до 2.0%. Максимум залегания карбонатов был расположен на глубине 40–50 см и значения содержания углерода карбонатов достигали 7.8–8.3%, в современных почвах максимум располагался на глубине 80–100 см (7.4%). Содержание гипса во втором метре профиля составляло 0.19%, тогда как в фоновых почвах эти значения близки к нулю. Содержание обменного натрия варьировало от 18.0 до 30.0% от суммы обменных оснований по всему профилю, тогда как в современных почвах в первом метре значения близки к нулю (Моргунова и др., 2014).

Палеопочвы II этапа (3800–3700 л. н.) срубной культуры были изучены под курганами шести КМ: Мустаево V (1 курган), Твердилово I (1 курган), Скворцовский (2 кургана), Боголюбовский (3 кургана (4 палеопочвы)), Лабазинский (8 курганов), Ташла IV (1 курган).

Палеопочвы КМ Боголюбовский имели гумусовый профиль мощностью 75–80 см, в котором отсутствовали видимые формы карбонатных новообразований. Ниже гумусового профиля появлялась пропитка, а на 110 см — белоглазка, которая в нижней части профиля сменялась мицелием. Гипсовых аккумуляций не отмечалось. Содержание органического углерода в первом полуметре снижалось от 1.5 до 0.8%. Максимум залегания карбонатов был расположен на глубине 70–80 см и значения содержания углерода карбонатов достигали 7.0–9.0%. Содержание гипса во втором метре профиля близко к нулю, как и в фоновых почвах. Содержание обменного натрия варьировало от 3.0 до 5.0% от суммы обменных оснований по всему профилю (Моргунова и др., 2014).

В палеопочвах КМ Скворцовский не было отмечено языковатой нижней границы гумусового горизонта и видимых форм карбонатных аккумуляций. В верхнем метре профиля отмечалась сильная проработка почвенного материала мезофауной. В горизонте B_{Ca} наблюдались цепочки белоглазки, уходящие вглубь профиля. В палеопочвах относительные запасы органического углерода больше, чем в палеопочвах I этапа, рассмотренных выше в этом же КМ и выше, чем в современных почвах (в слое 0–100 см); запасы карбонатов (в слое 0–100 и 0–180 см) меньше в палеопочвах I этапа и выше, чем в современных; запасы обменных оснований не показали различий по обменному натрию (Моргунова и др., 2010).

Коротковременной педохроноряд КМ Лабазинский продемонстрировал изменения свойств почв за время строительства курганов. Было отмечено, что от ранних к более поздним палеопочвам становилась более интенсивной темно-серая окраска гумусового горизонта, в средней

части профиля отмечались расплывчатые формы карбонатов, отсутствовали признаки солонцеватости, в значительной степени почвенная масса проработана мезофауной. Возрастают значения запасов органического углерода, которые были близки или практически совпадали с таковыми в современных почвах. Снижались величины запасов карбонатов в слое 0–100 см. При рассмотрении относительных запасов карбонатов в слое 0–180 см показатели для всех почв сближаются, выявленные для метровой толщи закономерности не наблюдаются. Также за время строительства курганов возрастало процентное содержание гипса и относительные запасы обменных оснований, а именно обменный натрий (Моргунова и др., 2009).

Палеопочва КМ Ташла IV имела светло-серый цвет гумусового горизонта, который вскипал от HCl, так как отмечалась карбонатная пропитка. В горизонте B_{Ca} отмечалась расплывчатая белоглазка. Верхняя часть почвенного профиля сильно изрыта почвенной мезофауной. Аналитические данные показали, что в верхней части профиля содержание органического углерода составляло 0.9–1.1%, тогда как в современной почве — 1.6–2.2%. Максимум содержания карбонатов приурочен к первому полуметру погребенной почвы, содержание углерода карбонатов варьировалось от 0.9 до 1.9%, тогда как в современной почве были отмечены два максимума на глубине 90–100 и 130–140 см с содержанием 1.9%. Содержание обменного натрия по профилю палеопочвы варьировало от 17.0 до 29.0% от суммы обменных оснований по всему профилю, тогда как в современных почвах в первом метре значения близки к нулю (Хохлова и др., 2024).

Мощность гумусового горизонта палеопочвы КМ Мустаево V (A_1+A_1B) составляла около 75 см, структура горизонта комковато-зернистая. В горизонте B_{1Ca} слабо выражена карбонатная пропитка, белоглазка отмечалась лишь в горизонте B_{2Ca} . Содержание органического углерода достигала 0.6%, а в современных почвах 1.6%. Максимум содержания углерода карбонатов был расположен на глубине 90 см и составлял 5.0%, тогда как в современной почве — 6.1% на той же глубине. Содержание гипса во втором метре профиля — 0.1%, натрия в составе обменных оснований — 2.0–4.0% в верхней части профиля, менее 2.0% в нижней части. В современной почве гипса меньше 0.1%, натрия в верхней части профиля около 1.0%, а в нижней до 14.0% (Моргунова и др., 2005).

Мощность гумусового горизонта палеопочвы КМ Твердилово I (A_1+A_1B) составляла 100 см. Профиль палеопочвы характеризовался тем-

но-серым цветом и проработанностью землероями в гумусовом горизонте, а также в горизонте $A1_{Ca}$ присутствовали единичные журавчики. По профилю отмечался карбонатный мицелий, количество которого нарастало с глубиной, и в горизонте $B2_{Ca}$ появлялись единичные новообразования в виде белоглазок. Фитолитный анализ показал, что, скорее всего, на территории КМ Твердилово I в срубное время произрастали лугово-степные ассоциации с примесью аридной флоры. Также получены спорово-пыльцевые данные, которые указывают на возрастание теплообеспеченности и снижение общей влажности по сравнению с современными условиями (Файзуллин и др., 2021).

Палеопочвы III этапа (3600–3500 л. н.) срубной культуры были изучены под двумя курганами КМ Боголюбовский.

Палеопочвы КМ Боголюбовский имели темно-серый цвет гумусового профиля, мощность которого достигала 80 см. Горизонт B_{Ca} вскипал от $HC1$, но не имел видимых форм карбонатных новообразований, лишь на глубине 110 см появлялись скопления мицелия, количество которого книзу уменьшалось. Гипсовых аккумуляций не отмечалось. Содержание органического углерода в первом полуметре снижалось от 2.0

до 1.1%, тогда как в современных почвах — от 3.6 до 2.0%. Максимум залегания карбонатов не отмечалось, содержание углерода карбонатов равномерное по профилю и значения не превышали 7.0%, в современных почвах максимум расположен на глубине 80–100 см (7.4%). Содержание гипса во втором метре профиля близко к нулю, как и в фоновых почвах. Содержание обменного натрия не превышало 3.0% от суммы обменных оснований по всему профилю, тогда как в современных почвах в первом метре значения близки к нулю (Моргунова и др., 2014).

Ранний железный век

РЖВ делится на четыре крупных культуры: савроматская (2700–2500 л. н.), раннесарматская (2400–2200 л. н.), среднесарматская (2200–1800 л. н.) и позднесарматская (1800–1600 л. н.). На территории Западного Оренбуржья культуры РЖВ представлены в КМ Шумаево I и II, Покровка 10, Филипповка I, Акоба II, Имангулово II (Хохлова, 2006; Хохлова, Хохлов, 2002, 2006*; Хохлова и др., 2004*, 2007; Khokhlova and Kouznetsova, 2004*) (рис. 5). Погребенные почвы под КМ Покровка классифицируются как темно-каштановые, все остальные — черноземы южные (см. ДМ_1, табл. 1).

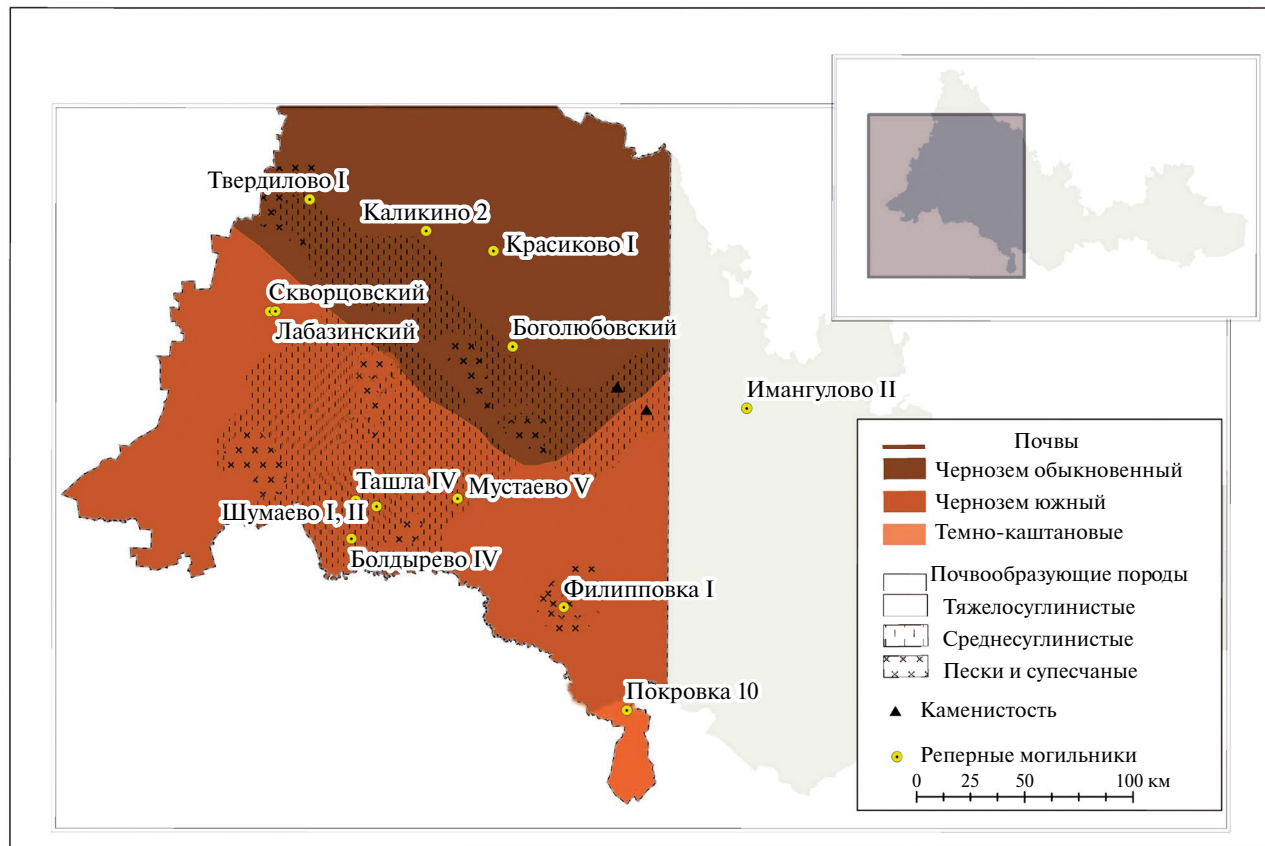


Рис. 5. Ареалы зональных почв Западного Оренбуржья для савроматской культуры раннего железного века (2700–2400 л. н.).

Наиболее представительными хронологическими рядами, охватывающими три этапа культуры раннего железного века, характеризуются курганные могильники — Имангулово II, Шумаево I и II. Исследованные хроносрезы включали погребальные комплексы савроматского, раннесарматского, среднесарматского и позднесарматского этапов. Раннесарматский этап также представлен в КМ Филипповка I и синхронного с ним Акоба II. Изучение палеопочв в КМ Покровка 10 проводили под курганами, относящимися к савроматской и позднесарматской культурам. Палеопочвы в КМ Покровка 10 были изучены под курганами савроматской и позднесарматской культур.

Палеопочвы КМ Шумаево I и II под савроматскими курганами (2700–2500 л. н.) имели четко выраженную языковатую границу гумусового профиля и карбонатные новообразования в виде прожилок и редких белоглазок в нижней части горизонта AB_{Ca} . Погребенные почвы под раннесарматскими курганами (2400–2200 л. н.) имели более темный цвет гумусового профиля по сравнению с савроматскими палеопочвами и слабоязыковатую границу, в карбонатном профиле отмечалось сплошное окарбоначивание с горизонтальными цепочками белоглазки, и, в общем, карбонаты были подтянуты выше к поверхности погребенной почвы. Палеопочвы поздних сарматов (1800–1600 л. н.) имели заметные отличия от всех ранее рассмотренных погребенных почв РЖВ. В погребенных почвах отмечалась наиболее четкая языковатая граница гумусового горизонта, почвенная масса равномерно окарбоначена и имела четко сформированные карбонатные новообразования в виде белоглазки и карбонатных пятен. Горизонт $B1_{Ca}$ в палеопочвах позднесарматской культуры достигал наиболее значительной мощности по сравнению с более ранними палеопочвами РЖВ (Хохлова и др., 2004*).

По содержанию органического углерода в горизонте $A1$ Шумаевских курганов среди погребенных почв наименьшие значения отмечались в палеопочвах позднесарматской культуры (0.8%), а наибольшие в раннесарматской (1.0–1.3%), тогда как в современных почвах значения достигали 1.4%. Наиболее промытой почвой с наиболее глубоким максимумом содержания углерода карбонатов является раннесарматская палеопочва. В погребенных почвах савроматов и поздних сарматов максимум расположен в горизонте $B1_{Ca}$ значения достигали 3.1 и 5.0% соответственно. В современных почвах максимум содержания углерода карбонатов расположен в горизонте $B2_{Ca}$ — около 5.0%. По содержанию обменного натрия максимумы отмечены лишь для палеопочв савроматской

(в горизонте BC_{Ca}) и позднесарматской (в горизонте $B2_{Ca}$) культуры (Моргунова и др., 2003).

В КМ Имангулово II были изучены почвы под курганами конца савроматской—начала раннесарматской (2400 л. н.) и раннесарматской (2300 л. н.), среднесарматской (2000 л. н.) и позднесарматской (1700 л. н.) культуры. Палеопочвы переходного этапа двух культур имели слабо выраженную языковатую границу гумусового горизонта, мощность $A1_{Ca}$ — 25 см, вскипание от HCl с поверхности, с глубины 30 см появлялись карбонатные пятна, с 80 см белоглазка, а на глубине 110–115 см отмечался прослой карбонатного песка. В почвах раннесарматской культуры гумусовый горизонт ($A1_{Ca}$) имел мощность 30 см, в котором отмечались белесые натеки, с глубины 70–80 см наблюдался прослой карбонатного песка, на глубине 85 см встречались гипсовые новообразования. В почвах среднесарматской культуры мощность гумусового горизонта 25 см, а карбонатные новообразования представлены в гумусовом горизонте карбонатной пропиткой, ниже отмечается мицелий. В палеопочвах позднесарматской культуры гумусовый горизонт ($A1_{Ca}$) достигает мощности 36 см, а его нижняя граница — волнистая. Карбонатные новообразования в виде белоглазки встречались на глубине 90–115 см (Сверчкова, 2022).

Палеопочвы КМ Филипповка I и Акоба II, которые синхронны по времени сооружения (раннесарматская культура), имеют сходства в изменениях почвенных свойств. В изучаемом коротковременном педохроноряду КМ Акоба II от ранних к поздним почвам сменилась граница гумусового горизонта с языковатой на волнистую, гумусовый горизонт стал темнее, аккумуляция карбонатов становится менее выраженной и исчезают гипсовые новообразования. По аналитическим данным наблюдалось уменьшение содержания органического углерода от ранних к поздним почвам, при этом в современных почвах его содержание в 2 раза больше. Содержание углерода карбонатов в палеопочвах на глубине 50 см достигало 5.0%, тогда как в современных почвах по всему профилю содержание гораздо меньше (не более 2.0% с глубины 80 см). За время строительства курганов снижалось содержание гипса в нижней части профилей от 0.9–1.4% (ранняя почва) до 0.6% (поздняя почва), тогда как в современной почве содержание гипса по всему профилю близко к нулю (Хохлова, 2006*; Хохлова, Гольева, 2010; Хохлова и др., 2007).

Для погребенных почв савроматской культуры в КМ Покровка 10 характерно примерно равное или чуть большее содержание органического

углерода, чем в современных почвах, а также отмечается появление гипса с меньшей глубины и в нижних горизонтах его содержание чуть больше, чем в современных почвах. Кроме этого, не наблюдали различий и в формах карбонатных аккумуляций и глубины их залегания. Позднесарматские палеопочвы имели сходство с современными почвами по содержанию органического углерода, глубине залегания и содержанию гипса, но одновременно с этим присутствовали существенные отличия в строении карбонатного профиля. В горизонте В_{св} было отмечено большое количество карбонатных аккумуляций в виде белоглазки, которая достигала максимальных размеров по сравнению с современными почвами и почвами савроматской культуры (Golyeva and Khokhlova, 2003).

Средневековые

На территории Южного Предуралья были изучены палеопочвы под средневековыми курганами КМ Мустаево V (7 курганов), Шумаево I и II (3 кургана) (см. табл. 2). Курганы периода средневековья немногочисленны, и по свойствам погребенные почвы разделены на две группы: период 800–600 л. н. и 650–600 л. н.

Более ранние в хроноряду палеопочвы КМ Шумаево I характеризовались не очень контрастной языковатой нижней границей гумусового горизонта, появлением карбонатных новообразований с глубины 80 см в виде пропитки, на фоне которой с глубиной отмечалась размазанная белоглазка. В более поздней палеопочве КМ Шумаево II не отмечалась языковатая граница гумусового горизонта, а содержание гумуса чуть больше, чем в более ранней палеопочве. Карбонатные новообразования здесь представлены только в виде пропитки, и максимум содержания углерода карбонатов расположен на глубине 90 см, а выше содержание карбонатов близко к нулю, тогда как в первой группе палеопочв максимум залегал выше к поверхности погребенной почвы и карбонатный профиль был растянут (Моргунова и др., 2003; Хохлова и др., 2004*).

Для погребенных почв КМ Мустаево V отмечалось увеличение глубины вскипания от НСІ от ранних почв (с 20–30 см) к более поздним (с 40–50 см). В ранних почвах хроноряда большая окарбоначенность, встречалась белоглазка, а в нижней части профиля редкая гипсовая присыпка. В других почвах гипсовых аккумуляций не было обнаружено, а карбонатные аккумуляции представлены в виде пропитки. Граница гумусового профиля имела языковатую форму со слабо выраженной дифференциацией языков. На содержание органического углерода в палеопочвенных профилях влиял процесс современно-

го гумусонакопления (из-за маленькой мощности курганов), при этом ранняя палеопочва имела наименьшее содержание органического углерода по всему профилю. Слабовыраженный максимум содержания углерода карбонатов почти для всех палеопочв был расположен на глубине 70–80 см, но в количественном соотношении имелась разница: в ранних почвах — 5.7%, в более поздних — 4.0–4.8%. В современной почве ярко выраженный максимум содержания углерода карбонатов был расположен на глубине 90 см — 6.1%. Кроме этого, только в более ранней почве отмечался гипс — 0.2–0.3%, тогда как во всех других палеопочвах и современной почве его значения близки к нулю (Моргунова и др., 2005).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Таким образом, в результате исследования палеопочв, погребенных под курганами различных культур второй половины голоцена, можно провести более детальную реконструкцию изменения климатических условий, и прежде всего условий атмосферной увлажненности, на территории Западного Оренбуржья в изученных временных интервалах. Установлено, что эволюция черноземов степной зоны во второй половине голоцена в основном выражалась в увеличении или уменьшении мощности гумусового профиля и содержании органического углерода, а также в смене глубины расположения в профилях карбонатов, гипса, иногда легкорастворимых солей, а также активности мезофауны, что очевидно, зависело от увлажненности климата (Алексеев и др., 2019; Демкин и др., 2013; Дергачева, 2000*; Память ..., 2008). Отмечается, что свойства степных почв способны меняться за сравнительно короткий промежуток времени (100–200 лет), и при неоднократных разнонаправленных климатических колебаниях во второй половине голоцена почвы претерпевали изменения также разной направленности (Хохлова и др., 2019).

Для представителей наиболее ранних курганов ямной культуры (репинский этап — 6000–5300 л. н.) были характерны экстрааридные условия, которые привели к смене подтипа почв и трансформации растительного покрова. Ранее исследования подкурганных палеопочв начала бронзового века проводили в Ставропольском крае и Предкавказье (Александровский, 2004; Габуев, Хохлова, 2012; Khokhlova et al., 2001*) и отметили усиление аридных свойств в исследуемый период и в целом реконструировали более засушливый период второй половины среднего голоцена, сопровождавшийся засолением и осолонцеванием почв, что обусловило формирование более южных и континентальных подтипов почв.

Для рубежа атлантического и суббореального периодов голоцена климатические условия резко меняются. Начало суббореального периода характеризовалось формированием природно-климатической обстановки, наиболее близкой к современной. Результаты проведенного исследования свидетельствуют о тенденции постепенного усиления гумидизации климата, прослеживающийся от начала развитого этапа А ямной культуры вплоть до полтавкинского этапа (5300–4300 л. н.). Анализ свойств погребенных почв отображает постепенное выщелачивание карбонатов из поверхностных горизонтов, вытеснение обменного натрия и магния из почвенного поглощающего комплекса и накопление органического углерода по сравнению с репинским этапом, так как характерны более благоприятные условия с большим атмосферным увлажнением. Площадь ареала черноземов обыкновенных увеличивается и смещается к югу (см. рис. 3). По данным микробиоморфного анализа климат, в общем, более мягкий и менее контрастный по температурным показателям (Моргунова и др., 2003, с. 197). В других работах на территории Оренбургской области было показано, что гумидизация постепенно нарастала вплоть до финала ямной культуры (Моргунова и др., 2005, 2010; Хохлова и др., 2019).

Изучения трех этапов срубной культуры показывают, что в начале развития культуры (I этап — 3900 л. н.) был засушливый период, который отразился в свойствах погребенных почв. За ним последовал период, когда началось смягчение климата с некоторым увеличением увлажненности, который отражается в “улучшении” свойств палеопочв II этапа (3800–3700 л. н.), а именно, в накоплении гумуса, выщелачивании карбонатов, усилении признаков биологической активности, то есть, степени зоогенной турбированности. Почвы III этапа срубной культуры (3600–3500 л. н.) демонстрировали максимально “гумидные” свойства (см. рис. 4). Следовательно, можно предположить, что от начала к концу рассматриваемых временных интервалов количество осадков на данной территории увеличивалось. Полное отсутствие языковатой нижней границы гумусового горизонта, присутствие которой в настоящее время характерно для черноземов и является результатом растрескивания поверхности почвы в летнее время и засыпанием гумусового материала в образовавшиеся трещины, а также меньшая изрытость верхних горизонтов землероями и переход карбонатов из сегрегированных форм в пропиточные в палеопочвах, погребенных под курганами позднего этапа срубной культуры указывает на то, что климат от I к III этапу срубной культуры стал менее континентальным, предположительно,

за счет похолодания в летнее время. В более ранних работах, проведенных на территории Южного Предуралья, упоминается о том, что период срубного времени для данного региона является своеобразным климатическим оптимумом: оптимальное соотношение тепла и влаги, обеспечивающее максимальную продуктивность степных экосистем (Лаврушин и др., 1998; Спиридонова, 1991). Археологи в степной зоне отмечали взрывной рост числа курганов срубного времени с обилием детских захоронений, что говорит о росте рождаемости, которая указывает на благоприятные для жизни людей климатические условия этого времени (Моргунова и др., 2010; Моргунова и др., 2014). Согласно палеоклиматической реконструкции по археологическим памятникам в Нижнем Поволжье в XVI и XII вв. до н.э. складывались благоприятные климатические условия (Демкин и др., 2010). Ранее отмечалось, что на протяжении второй половины III–II тыс. до н.э. произошли существенные эволюционные преобразования почв, обусловленные сменой климатических условий от аридных к более гумидным (Demkin et al., 2010). В степях Нижнего Поволжья было отмечено, что усиление гумидности началось во второй четверти II тыс. до н.э. и продолжалось, вероятно, вплоть до XIII–XII вв. до н.э. (Борисов и др., 2006; Демкин и др., 2013). Подтверждение вывода находит отражение и во многих исследованиях в соседних регионах (Nesteruk et al., 2021).

Во время существования савроматской культуры РЖВ (2700–2500 л. н.) по свойствам почв мы наблюдаем усиление аридизации климата, об этом свидетельствует смена черноземов южных на темно-каштановые почвы (см. рис. 5). Вероятно, с появлением ранних сармат (2400–2200 л. н.) климат стал влажнее, чем в савроматское и настоящее время, и темно-каштановые почвы вновь сменяются на черноземы южные. Затем в конце III в. до н.э. мы предполагаем, что произошла довольно резкая смена климата в сторону усиления сухости, что привело к изменению морфологии почвенных профилей, которые формировались в этот период (пример тому — палеопочвы КМ Имангулово II). Так как среднесарматская культура (2200–1800 л. н.) представлена на одном памятнике, мы делаем лишь предположение. При анализе свойств палеопочв позднесарматской культуры (1800–1600 л. н.), например, палеопочв КМ Покровка 10, мы наблюдаем их трансформацию и можем говорить о том, что они развивались в период постепенно нарастающей гумидизации климата. Полученные данные находят убедительное подтверждение на смежной территории: палеоклиматическая реконструкция, проведенная

для памятников РЖВ на Ставропольской возвышенности, демонстрирует большое количество пересечений с вышеперечисленными выводами, например, так же как и на изучаемой территории фиксируется этап усиления аридизации климата в позднесарматский период (Рысков и др., 2009).

Природно-климатические условия XII–XIV вв. н.э. характеризовались большей увлажненностью, чем современные, что являлось благоприятным условием для проживания человека и ведения его хозяйства на данной территории. В данный временной отрезок отмечалось расширение зоны черноземов обыкновенных и смещение на юг темно-каштановых почв (рис. 6). Так, например, на территории деревень Шумаево и Мустаево, где до XII в. и в настоящее время распространены черноземы южные, в период средневековья (650–600 л. н.) господствовали черноземы обыкновенные.

Для периода средневековья, представленного небольшим количеством объектов, можно сделать некоторые предположения. Время начала развития археологической культуры характеризовалось более сухим и жарким климатом, чем в настоящее время, в палеопочвах раннего этапа (800–600 л. н.) где формировался карбонатный профиль с карбонатной пропиткой, слабо выражена языковатая нижняя граница гумусового

горизонта. Почвы более позднего из изученных этапов средневековья (650–600 л. н.) развивались во влажных, мягких климатических условиях, что поспособствовало выщелачиванию карбонатов и иллювиированию гумуса вниз по профилю.

Выявленные закономерности изменений различных почвенных свойств и, в целом, смещение границ типов/подтипов зональных почв в значительной степени определяются изменчивостью атмосферного увлажнения. На основе изучения коротковременных педохронорядов, погребенных под курганами, нами выявлены основные диагностические палеопочвенные признаки, которые отражают изменение степени увлажненности климата в степной зоне Восточно-Европейской равнины. К таким признакам отнесены: мощность гумусового профиля и его граница, содержание органического углерода, профильное распределение и глубина залегания максимума содержания карбонатов, содержание гипса, обменного натрия, качественные и количественные характеристики сегрегированных новообразований.

И.В. Иванов с соавторами (2015) выделяли 3 основных периода климатической эволюции автоморфных черноземов за последние 5000 лет:

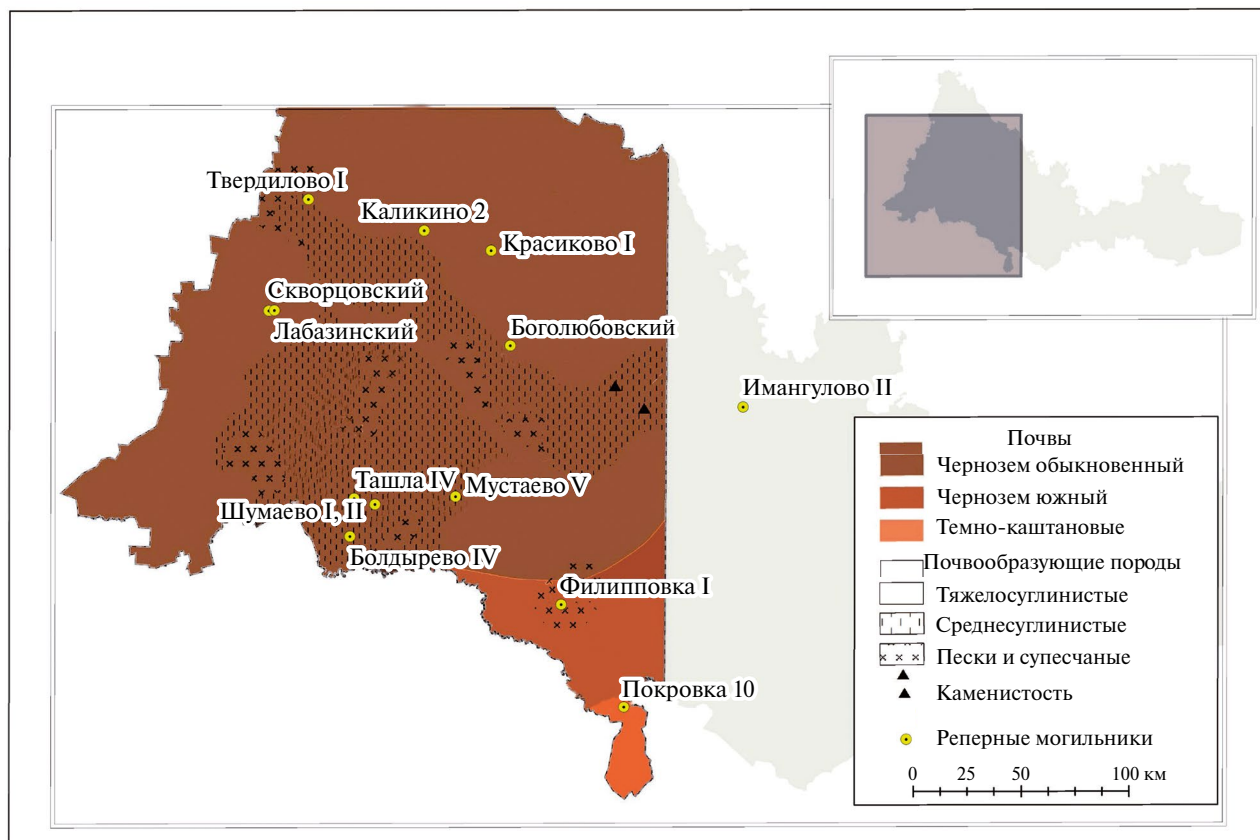


Рис. 6. Ареалы зональных почв Западного Оренбуржья для второго этапа периода средневековья (650–600 л. н.).

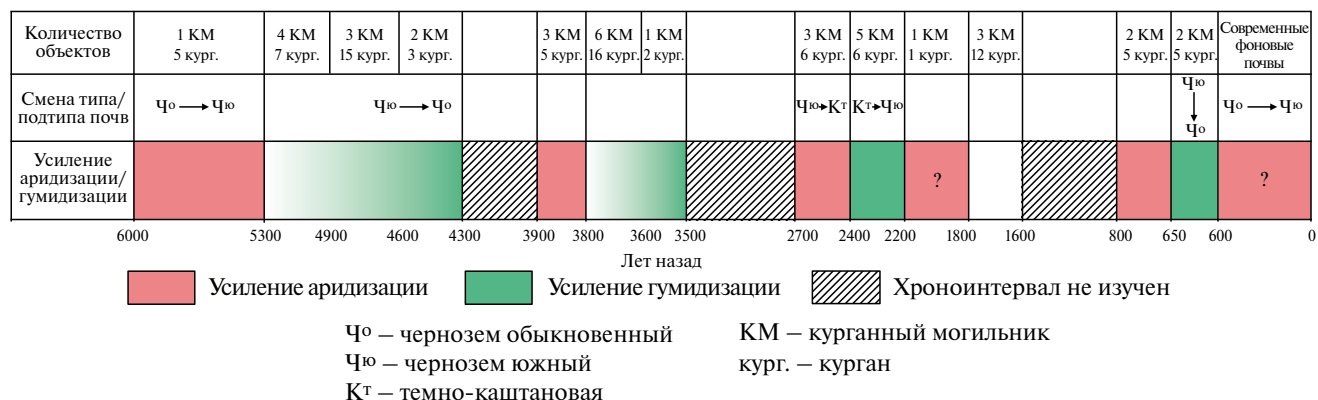


Рис. 7. Схема усиления аридизации и гумидизации климата за изученный период на территории Западного Оренбуржья.

— 4200–3700 л. н. — континентальный аридный период, в который происходило уменьшение среднегодового количества осадков на 100–150 мм и смещение границ зон-подзон к северу на 500–100 км. Почвенный профиль претерпевал экологический кризис и отпечатал в своем облике признаки подтягивания карбонатов, гипса, легкорастворимых солей, солонцеватости, деградации гумусового горизонта;

— 3700–2500 л. н. — гумидный период с атмосферным увлажнением на 50 мм/год выше современного, приведший к приросту мощности гумусового горизонта до 30%;

— 2500–0 л. н. — переходящий период от гумидного к оптимальному. Останавливалось нарастание мощности гумусового профиля, но при этом происходило накопление в нем органического вещества, отмечалось колебательное уменьшение карбонатов и гипса в верхней части профиля.

Длительность периодов усиления аридизации и гумидизации, приведенных выше, велика. В нашей работе мы показали, что благодаря применению палеопочвенного метода, а именно выстраиванию коротковременных педохронологий под курганами разного возраста, удалось более детально восстановить историю изменения климата в Западном Оренбуржье. Выявлено чередование усиления аридизации (более засушливые эпохи) и усиления гумидизации (более влажные эпохи) климата, которые оказывали прямое воздействие на почвообразовательные процессы (рис. 7). В итоге, на основе полученных данных были построены серии карт-схем для тех временных интервалов, в которые происходило смещение границ ареалов зональных типов и подтипов почв региона в течение второй половины голоцена, а также схема чередования этапов усиления аридизации и гумидизации для исследуемых временных интервалов (см.

рис. 7). Эти реконструкции имеют ключевое значение для понимания географической структуры климатической природы зональности почв и прогнозирования изменений в условиях современного изменения климата.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе изучения свойств фоновых и погребенных почв под разновозрастными курганами методом коротковременных педохронологий выделены несколько этапов смены климатических условий, которые приводили к изменению свойств, а иногда и к изменению типа/подтипа почв. На этапе усиления аридизации климата в почвах происходит осветление гумусового горизонта, перемещение карбонатов вверх по профилю и уменьшение глубины максимального их содержания, снижается процентное содержание органического углерода и магнитной восприимчивости, увеличиваются содержание карбонатов и гипса, доля обменного натрия в составе обменных оснований. При гумидизации климата отмечается противоположная смена характеристик.

1. Анализ погребенных почв под археологическими объектами ранней ямной культуры (6000–5300 л. н.) в атлантический период голоцена выявляет усиление аридизации климата, которое обусловило активизацию процессов окарбоначивания профиля и дегумификации, что привело к смещению ареалов черноземов и темно-каштановых почв к северу.

2. Для рубежа атлантического и суббореального периодов голоцена, которым соответствовали палеопочвы развитого этапа ямной культуры (5300–4300 л. н.) были характерны более мягкие и менее контрастные условия. Постепенно от развитого этапа А (5300–4900 л. н.) до полтавкинского этапа (4600–4300 л. н.)

нарастала гумидизация климата, что привело к усилению процессов гумусонакопления и выщелачивания карбонатов. Ареал черноземов обыкновенных увеличился и сместился к югу.

3. Анализ суббореальных почв (3900–3500 л. н.), погребенных под курганами срубного времени, показывает, что на первом этапе развития культуры (3900–3800 л. н.) господствовали более засушливые климатические условия. После этапа аридизации наступил период со смягчением климата и постепенно увеличивалось увлажнение вплоть до конца срубной культуры (3600–3500 л. н.) и происходило смещение ареала черноземов южных к югу.

4. На рубеже суббореального и субатлантического периодов голоцена (2700–1600 л. н.) климатические условия характеризовались частыми климатическими флуктуациями (усиление аридизации сменялось усилением гумидизации и наоборот). В периоды с большим увлажнением происходило увеличение мощности гумусово-аккумулятивных горизонтов и выщелачивание сегрегированных форм карбонатов вниз по профилю, а в условиях меньшего увлажнения активизировались процессы дегумификации и окарбоначивания почвенного профиля. Зафиксировано два периода смещения ареалов черноземов южных и темно-каштановых почв: 2700–2400 л. н. (к северу) и 2400–2200 л. н. (к югу).

5. Палеопочвы раннего этапа средневековья (800–600 л. н.) развивались в более сухом и жарком климате по сравнению с современным периодом, которые сменились в период 650–600 л. н. на более влажные, мягкие климатические условия, что обусловило миграцию вниз по профилю и разрушение карбонатных новообразований, а также увеличение содержания органического углерода. Гумидизация климата отразилась в очередном изменении границ ареалов зональных почв: зона черноземов обыкновенных распространилась к югу.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследования выполнены в Институте географии РАН при поддержке гранта Минобрнауки РФ (соглашение № 075-15-2024-554 от 24.04.2024).

FUNDING

The research was supported by a grant from the Russian Ministry of Education and Science (agreement no. 075-15-2024-554 from 24.04.2024).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Александровский А.Л.* Эволюция почв Восточно-Европейской равнины в голоцене. М.: Наука, 1983. 150 с.
- Александровский А.Л., Хохлова О.С., Седов С.Н.* Большой Ипатьевский курган глазами почвоведов // Российская археология. 2004. № 2. С. 61–70.
- Алексеев А.О., Калинин П.И., Алексеева Т.В.* Почвенные индикаторы параметров палеоэкологических условий на юге Восточно-Европейской равнины в четвертичное время // Почвоведение. 2019. № 4. С. 389–399.
- Борисов А.В.* Развитие почв пустынно-степной зоны Волго-Донского междуречья за последние 5000 лет. Дис. канд. биол. наук. М.: МГУ, 2002. 201 с.
- Борисов А.В., Демкина Т.С., Демкин В.А.* Палеопочвы и климат Ергеней в эпоху бронзы (IV–II тыс. до н.э.). М.: Наука, 2006. 210 с.
- Габеев Т.А., Хохлова О.С.* Дробная датировка курганов могильника Брут 1 (Северная Осетия) // Российская археология. 2012. № 4. С. 16–25.
- Географический атлас Оренбургской области / ред. А.А. Чибилев. М.: Изд-во ДИК, 1999. 96 с.
- Гольева А.А.* Взаимодействие человека и природы в Северо-Западном Прикаспии в эпоху бронзы // Сезонный экономический цикл населения Северо-Западного Прикаспия в бронзовом веке. М., 2000. С. 10–29.
- Демкин В.А., Борисов А.В., Демкина Т.С., Хомутова Т.Э., Золотарева Б.Н., Каширская Н.Н., Удальцов С.Н., Ельцов М.В.* Волго-Донские степи в древности и средневековье. Пушкино: SYNCHROBOOK, 2010. 120 с.
- Демкин В.А., Ельцов М.В., Демкина Т.С., Хомутова Т.Э.* Палеопочвы археологических памятников степной зоны как индикаторы развития природной среды в голоцене // Вестн. ТГУ. 2013. Т. 18. Вып. 3. С. 966–970.
- Иванов И.В.* Эволюция почв степной зоны в голоцене. М.: Наука, 1992. 144 с.
- Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 223 с.
- Колодина О.А.* География Оренбургской области. Учеб. пособие. Оренбург: Изд-во Орлит-А, 2006. 144 с.
- Купцова Л.В., Моргунова Н.Л., Салугина Н.П., Хохлова О.С.* Периодизация срубной культуры Западного Оренбуржья по археологическим и естественно-научным данным // Археология, этнография и антропология Евразии. 2018. Т. 46. № 1. С. 100–107.
- Курбанова Ф.Г.* Почвы археологических памятников как индикаторы динамики природной среды центра Русской равнины во второй половине голоцена. Дисс. канд. биол. наук. М.: МГУ, 2021. 212 с.

- Лаврушин Ю.А., Спиридонова Е.А., Сулержицкий Л.Д. Геолого-палеоэкологические события севера аридной зоны в последние 10 тыс. лет // Проблемы древней истории Северного Прикаспия. Самара, 1998. С. 40–65.
- Моргунова Н.Л. Приуральская группа памятников в системе волжско-уральского варианта ямной культурно-исторической области. Оренбург: Изд-во ОГПУ, 2014. 348 с.
- Моргунова Н.Л., Гольева А.А., Краева Л.А., Мещеряков Д.В., Турецкий М.А., Халыпин М.В., Хохлова О.С. Шумаевские курганы. Оренбург: Изд-во ОГПУ, 2003. 391 с.
- Моргунова Н.Л., Гольева А.А., Дегтярева А.Д., Евгеньев А.А., Купцова Л.В., Салугина Н.П., Хохлова О.С., Хохлов А.А. Скворцовский курганный могильник. Оренбург: Изд-во ОГПУ, 2010. 160 с.
- Моргунова Н.Л., Гольева А.А., Евгеньев А.А., Китов Е.П., Купцова Л.В., Салугина Н.П., Хохлова О.С., Хохлов А.А. Лабазовский курганный могильник срубной культуры. Оренбург: Изд-во ОГПУ, 2009. 98 с.
- Моргунова Н.Л., Хохлова О.С., Гольева А.А., Зайцева Г.И., Чичагова О.А. Результаты радиоуглеродного датирования курганного могильника Мустаево V. Оренбург: Изд-во ОГПУ, 2005. С. 96–104.
- Моргунова Н.Л., Гольева А.А., Евгеньев А.А., Крюкова Е.А., Купцова Л.В., Рослякова Н.В., Салугина Н.П., Турецкий М.А., Хохлов А.А., Хохлова О.С. Боголюбовский курганный могильник срубной культуры в Оренбургской области. Оренбург: Изд-во ОГПУ, 2014. 172 с.
- Рысков Я.Г., Демкин В.А., Николаев В.И., Олейник С.А., Якумин П. Реконструкция антропогенной аридизации ландшафтов в древности и средневековье по изотопным данным // География и природные ресурсы. 2009. № 2. С. 127–134.
- Сверчкова А.Э. Палеопочвенные исследования II курганного могильника у с. Второе Имангулово и палеоклиматические реконструкции. Имангуловские курганы. Оренбург: Изд-во ОГПУ, 2022. 212 с.
- Спиридонова Е.А. Эволюция растительного покрова бассейна Дона в верхнем плейстоцене–голоцене. М.: Наука, 1991. 221 с.
- Таргульян В.О. Память почв: формирование, носители, пространственно-временное разнообразие // Память почв: Почва как память биосферно-геосферно-антропосферных взаимодействий / отв. ред. В.О. Таргульян, С.В. Горячкин. М.: Изд. ЛКИ, 2008. С. 25–57.
- Файзуллин И.А., Купцова Л.В., Афонин А.С., Григорьев А.П., Евгеньев А.А., Капинус Ю.О., Крюкова Е.А., Мухаметдинов В.И., Рослякова Н.В., Сверчкова А.Э., Файзуллин А.А. Комплексы эпохи поздней бронзы и раннего железного века I курганного могильника у села Твердилово (Оренбургская область) // Археологические памятники Оренбуржья: сб. науч. тр. 2021. Вып. 15. 152 с.
- Хотинский Н.А. Голоцен Северной Евразии. М.: Наука, 1977. 200 с.
- Хохлова О.С. Палеоклиматические реконструкции для III-го тыс. до н.э. по данным палеопочвенного изучения курганов ямной культуры в Оренбургском Предуралье // Вестн. ОГУ. 2007. № 10. С. 110–117.
- Хохлова О.С. Длительные и короткие хронологии подкурганных палеопочв в степной зоне — различия в подходах к их изучению и получаемых выводах // V Международ. конф. “Эволюция почвенного покрова: история идей и методы, голоценовая эволюция, прогнозы”. Пушкино: ОНТИ ПНЦ РАН, 2009. С. 101–102.
- 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: Изд-во ОГПУ, 2019. С. 102–112.
- Хохлова О.С., Гольева А.А. Палеопочвы курганного могильника раннего железного века Акоба II в Акбулакском районе Оренбургской области // Вестн. ОГУ. 2010. № 12. С. 95–101.
- Хохлова О.С., Мякшина Т.Н., Моргунова Н.Л., Файзуллин А.А. Палеопочвы бронзового века в степной зоне Южного Приуралья в решении задач палеопочвоведения и археологии (на примере памятника Ташла IV в Оренбуржье) // Почвы и окружающая среда. 2024. Т. 7. № 2. С. 1–13. <https://doi.org/10.31251/pos.v7i2.254>
- Хохлова О.С., Папкина А.Э., Хохлов А.А., Пузанова Т.А., Курбанова Ф.Г. Палеопочвенные исследования курганного могильника Красиковский I в Оренбургской области. Оренбург: Изд-во ОГПУ, 2019. С. 49–59.
- Хохлова О.С., Хохлов А.А., Юстус А.А., Гольева А.А. Палеопочвенное и микробиоморфное изучение курганов могильника Филипповка I в Оренбургской области // Вестн. ОГУ. 2007. № 75. С. 393–396.
- Чендев Ю.Г. Естественная и антропогенная эволюция лесостепных почв Среднерусской возвышенности в голоцене. Дис. ... д-ра геогр. наук. М., 2005. 303 с.
- Чендев Ю.Г., Петин А.Н., Березуцкий В.Д., Долгих А.В., Белеванцев В.Г., Дунин Д.И. Голоценовые сигналы гумидизации климата в профилях разновозрастных черноземов центра Восточной Европы // Изв. вузов. Северо-Кавказский район. Естественные науки. 2016. № 5. С. 100–109.
- Alexandrovskiy A.L., Van der Plicht J., Khokhlova O.S. Abrupt Climatic Change in the Dry Steppe of the

- Northern Caucasus, Russia, in the Third Millennium BC // *Geolines*. 2000. Vol. 11. P. 64–66.
- Demkin V.A., Borisov A.V., Udaltsov S.N. Paleosols and climate in the southeast of the Central Russian Upland during the Middle and Late Bronze ages (the 25th–15th Centuries BC) // *Eurasian Soil Sci.* 2010. Vol. 43. P. 5–14.
<https://doi.org/10.1134/S1064229310010023>
- Demkin V.A., Klepikov V.M., Udaltsov S.N., Demkina T.S., Eltsov M.V., Khomutova T.E. New aspects of natural science studies of archaeological burial monuments (kurgans) in the southern Russian steppes // *J. Archaeol. Sci.* 2014. Vol. 42. P. 241–249.
- Golyeva A.A., Khokhlova O.S. Biomorph indicators of human-induced transformation of soils under early nomad burial mounds in southern Russia // *Rev. Mex. Cienc. Geol.* 2003. Vol. 20. № 3. P. 283–288.
- Khokhlova O., Sverchkova A., Morgunova N., Golyeva A., Tregub T. Paleoecology During the Creation of a Large Boldyrevo Kurgan of the Yamnaya Culture in the Southern Cis-Urals, Russia // *Tájökológiai Lapok. J. Landscape Ecol.* 2022. Vol. 20 (Suppl. 1). P. 91–116.
<https://doi.org/10.56617/tl.3151>
- Nesteruk G.V., Khokhlova O.S., Ilyina L.P., Sverchkova A.E., Sushko K.S. Paleoecological conditions of the Kuban-Azov lowland in the Bronze Age and Early Iron Age based on the study of buried soils // *Eurasian Soil Sci.* 2021. Vol. 54. № 9. P. 1644–1658.
<https://doi.org/10.1134/S1064229321110090>

Changes in Atmospheric Humidification in the Steppes of Western Orenburg Region in the Second Half of the Holocene Based on Data from a Study of Soils under Burial Mounds of Different Ages

A. E. Sverchkova^{a,*} and T. V. Artamonova^b

^a*Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

^b*Marine Arctic Geological Expedition, Moscow, Russia*

*e-mail: acha3107@gmail.com

By studying the morphological properties and physicochemical parameters (humus horizon thickness, organic carbon and carbonate carbon content, forms of carbonate neoformations, and gypsum content) of paleosols buried beneath burial mounds of various archaeological cultures (Pit Grave, Srubnaya, Early Iron Age, and Middle Ages), we were able to reconstruct the evolution of chernozems and chestnut soils (at the type and subtype level) in the steppe zone of the Western Orenburg region during the second half of the Holocene. A clear link was established between soil properties and atmospheric moisture during their formation. Diagnostic signs of aridization (a decrease in the thickness of the humus horizon, the occurrence of carbonate formations closer to the day surface, the presence of gypsum) and humidization of the climate (an increase in the thickness of the humus horizon and humus content, a shift of carbonate formations to a greater depth, their transition to impregnating forms, the disappearance of gypsum) were revealed. The following alternation of epochs of change in climate humidification is shown: 6000–5300 years ago an increase in climate aridization was revealed, 5300–4300 years ago the climate was characterized by milder and less contrasting conditions, 3900–3800 years ago drier climatic conditions prevailed, then humidification gradually increased up to the period 3600–3500 years ago, 2700–1600 years ago. Climatic conditions are characterized by frequent climatic fluctuations (increased aridity alternates with increased humidification and vice versa). Between 800 and 650 years ago, the climate was drier and hotter than the modern period, which gave way to more humid and mild climatic conditions between 650 and 600 years ago. Spatial distribution maps of zonal soil types and subtypes for various historical periods were compiled. The data obtained are key to understanding the genesis of the modern soil cover structure and predicting its changes under current climate change.

Keywords: paleosols, chernozems, chestnut soils, soil morphology, chemical properties, paleoreconstructions of climate humidity

REFERENCES

- Aleksandrovsky A.L. *Evolutsiya pochv Vostochno-Evropeiskoi ravniny v golotsene* [Evolution of Soils of the East European Plain in the Holocene]. Moscow: Nauka Publ., 1983. 150 p.
- Aleksandrovsky A.L., Khokhlova O.S., Sedov S.N. The Great Ipatovsky Kurgan through the Eyes of a Soil Scientist. *Russ. Arkheol.*, 2004, no. 2, pp. 61–70. (In Russ.).
- Alekseev A.O., Kalinin P.I., Alekseeva T.V. Soil indicators of parameters of paleoecological conditions in the south of the East European Plain in the Quaternary. *Eurasian Soil Sci.*, 2019, no. 4, pp. 389–399. (In Russ.).
- Alexandrovskiy A.L., van der Plicht J., Khokhlova O.S. Abrupt climatic change in the dry steppe of the

- Northern Caucasus, Russia, in the third millennium BC. *J. Geolines*, 2000, vol. 11, pp. 64–66.
- Borisov A.V. Development of soils in the desert-steppe zone of the Volga-Don interfluvium over the past 5000 years. *Cand. Sci. (Biolog.) Dissertation*. Moscow: Moscow State Univ., 2002. 201 p.
- Borisov A.V., Demkina T.S., Demkin V.A. *Paleopochvy i klimat Ergenei v epokhu bronzы (IV–II tys. do n.e.)* [Paleosols and Climate of Ergeni in the Bronze Age (IV–II Millennium BC)]. Moscow: Nauka Publ., 2006. 210 p.
- Chendev Yu.G. Natural and anthropogenic evolution of forest-steppe soils of the Central Russian Upland in the Holocene. *Dr. Sci. (Geogr.) Dissertation*. Moscow: Moscow State Univ., 2005. 303 p.
- Chendev Yu.G., Petin A.N., Berezutskiy V.D., Dolgikh A.V., Belevantsev V.G., Dunin D.I. Holocene signals of climate humidization in the profiles of different-aged chernozems of central Eastern Europe. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved., Sev.-Kavk. Reg., Est. Nauki*, 2016, no. 5, pp. 100–109. (In Russ.).
- Demkin V.A., Borisov A.V., Demkina T.S., Khomutova T.E., Zolotareva B.N., Kashirskaya N.N., Udaltsov S.N., Yeltsov M.V. *Volgo-Donskie stepi v drevnosti i srednevekov'e* [Volga-Don Steppes in Ancient Times and the Middle Ages]. Pushchino: Synchrobook Publ., 2010. 120 p.
- Demkin V.A., Borisov A.V., Udaltsov S.N. Paleosols and climate in the southeast of the Central Russian Upland during the Middle and Late Bronze ages (the 25th–15th Centuries BC). *Eurasian Soil Sci.*, 2010, no. 43, pp. 5–14.
<https://doi.org/10.1134/S1064229310010023>
- Demkin V.A., El'tsov M.V., Demkina T.S., Khomutova T.E. Paleosols of archaeological sites in the steppe zone as indicators of environmental development in the Holocene. *Vestn. Tomsk. Gos. Univ.*, 2013, vol. 18, no. 3, pp. 966–970. (In Russ.).
- Demkin V.A., Klepikov V.M., Udaltsov S.N., Demkina T.S., El'tsov M.V., Khomutova T.E. New aspects of natural science studies of archaeological burial monuments (kurgans) in the southern Russian steppes. *J. Archaeol. Sci.*, 2014, vol. 42, pp. 241–249.
<https://doi.org/10.1016/j.jas.2013.10.031>
- Faizullin I.A., Kuptsova L.V., Afonin A.S., Grigoriev A.P., Evgeniev A.A., Kapinus Yu.O., Kryukova E.A., Mukhametdinov V.I., Roslyakova N.V., Sverchkova A.E., Faizullin A.A. Complexes of the Late Bronze and Early Iron Age of the I kurgan burial ground near the village of Tverdilovo (Orenburg region). In *Arkheologicheskie pamyatniki Orenburzh'ya. Vyp. 15* [Archaeological Sites of the Orenburg Region. Vol. 15]. Orenburg: OGPU Publ., 2021, pp. 79–124. (In Russ.).
- Gabuev T.A., Khokhlova O.S. Fractional dating of the burial mounds of the Brut 1 cemetery (North Ossetia). *Russ. Arkheol.*, 2012, no. 4, pp. 16–25. (In Russ.).
- Geograficheskii atlas Orenburgskoi oblasti* [Geographical Atlas of the Orenburg Region]. Chibilev A.A., Ed. Moscow: DIK Publ., 1999. 96 p.
- Golyeva A.A. Interaction between the human and the nature in the Northwest Caspian region during bronze epoch. In *Sezonnyi ekonomicheskii tsikl naseleniya Severo-Zapadnogo Prikaspiya v bronzovom veke. No. 120* [The Seasonal business cycle of the population of Northwest Caspian region in the Bronze Age. No. 120]. Moscow, 2000, pp. 10–29. (In Russ.).
- Golyeva A.A., Khokhlova O.S. Biomorph indicators of human-induced transformation of soils under early nomad burial mounds in southern Russia. *Rev. Mex. Cienc. Geol.*, 2003, vol. 20, no. 3, pp. 283–288.
- Ivanov I.V. *Evolutsiya pochv stepnoi zony v golotsene* [Evolution of Soils in the Steppe Zone During the Holocene]. Moscow: Nauka Publ., 1992. 144 p.
- Khokhlova O.S. Paleoclimatic reconstructions for the 3rd millennium BC according to the paleosol study of Yamnaya culture mounds in the Orenburg Cis-Urals. *Vestn. Orenbg. Gos. Univ.*, 2007a, no. 10, pp. 110–117. (In Russ.).
- Khokhlova O.S. Long-term and short chronoseries of subbarrow paleosols in the steppe zone — differences in approaches to their study and the conclusions obtained. In *V Mezhd. konf. "Evolutsiya pochvennogo pokrova: istoriya idei i metody, golotsenovaya evolyutsiya, prognozy"* [5th Int. Conf. "Evolution of Soil Cover: History of Ideas and Methods, Holocene Evolution, Forecasts"]. Pushchino: ONTI PNTS RAS, 2009, pp. 101–102. (In Russ.).
- Khokhlova O.S., Golyeva A.A. Paleosols of the Early Iron Age burial mound ground Akoba II in the Akbulaksky district of the Orenburg region. *Vestn. Orenbg. Gos. Univ.*, 2010, no. 12, pp. 95–101. (In Russ.).
- Khokhlova O.S., Khokhlov A.A., Yustus A.A., Golyeva A.A. Paleosol and microbiomorph study of burial mounds of the Filippovka 1 cemetery in the Orenburg region. *Vestn. Orenbg. Gos. Univ.*, 2007, no. 75, pp. 393–396. (In Russ.).
- Khokhlova O.S., Morgunova N.L., Golyeva A.A. Natural and climatic conditions in the 5th–3rd millennia BC in the Orenburg region according to interdisciplinary geoarchaeological research. In *Fenomeny kul'turnego bronzovogo veka stepnoi i lesostepnoi polosy Evrazii: puti kul'turnogo vzaimodeistviya v V–III tys. do n.e.* [Phenomena of the Early Bronze Age cultures in the Steppe and Forest-Steppe Zone of Eurasia: Paths of Cultural Interaction in the 5th–3rd Millennia BC]. Orenburg: OGPU Publ., 2019a, pp. 102–112. (In Russ.).
- Khokhlova O.S., Papkina A.E., Khokhlov A.A., Puzanova T.A., Kurbanova F.G. Paleosol studies of the Krasikovskiy I burial mound in the Orenburg region In *Arkheologicheskie pamyatniki Orenburzh'ya* [Archaeological Sites of the Orenburg Region]. Orenburg: OGPU Publ., 2019b, pp. 49–59. (In Russ.).

- Khokhlova O., Sverchkova A., Morgunova N., Golyeva A., Tregub T. Paleoecology during the creation of a Large Boldyrevo Kurgan of the Yamnaya culture in the Southern Cis-Urals, Russia. *Tájökológiai Lapok. J. Landscape Ecol.*, 2022, vol. 20, pp. 91–116.
<https://doi.org/10.56617/tl.3151>
- Khokhlova O.S., Myakshina T.N., Morgunova N.L., Fainzullin A.A. Bronze age paleosols in the steppe area of the Southern Cis-Urals in solving the problems of paleopedology and archaeology (a case-study of the Tashla IV site in the Orenburg region). *Pochv. Okruzh. Sreda*, 2024, vol. 7, no. 2, pp. 1–13. (In Russ.).
<https://doi.org/10.31251/pos.v7i2.254>
- Khotinsky N.A. *Golotsen Severnoi Evrazii* [Holocene of Northern Eurasia]. Moscow: Nauka Publ., 1977. 200 p.
- Klassifikatsiya i diagnostika pochv SSSR* [Classification and Diagnostics of Soils of the USSR]. Moscow: Kolos Publ., 1977. 223 p.
- Kolodina O.A. *Geografija Orenburgskoi oblasti* [Geography of the Orenburg Region]. Orenburg: Izd-vo Orlit-A, 2006. 144 p.
- Kuptsova L.V., Morgunova N.L., Salugina N.P., Khokhlova O.S. A periodization of the Timber-Grave culture in the western Orenburg region: Archaeological and natural science-based evidence. *Archaeol. Ethnol. Anthropol. Eurasia*, 2018, vol. 46, no. 1, pp. 100–107.
<https://doi.org/10.17746/1563-0110.2018.46.1.100-107>
- Kurbanova F.G. Soils of archaeological sites as indicators of the dynamics of the natural environment of the central Russian Plain in the second half of the Holocene. *Cand. Sci. (Biolog.) Dissertation*. Moscow: Moscow State Univ., 2021. 212 p.
- Lavrushin Yu.A., Spiridonova E.A., Sulerzhitsky L.D. Geological and paleoecological events in the north of the arid zone in the last 10 thousand years. In *Problemy drevnei istorii Severnogo Prikaspiya* [Problems of the Ancient History of the Northern Caspian region]. Samara, 1998, pp. 40–65. (In Russ.).
- Morgunova N.L. *Priural'skaya gruppa pamyatnikov v sisteme volzhsko-ural'skogo varianta yamnoi kul'turno-istoricheskoi oblasti* [The Ural Group of Monuments in the System of the Volga-Ural Variant of the Yamnaya Cultural-Historical Region]. Orenburg: OGPU Publ., 2014. 348 p.
- Morgunova N.L., Golyeva A.A., Kraeva L.A., Meshcheryakov D.V., Turetskii M.A., Khalyapin M.V., Khokhlova O.S. *Shumaevskie kurgany* [The Shumaevo Kurgans]. Orenburg: OGPU Publ., 2003. 391 p.
- Morgunova N.L., Khokhlova O.S., Golyeva A.A., Zaitseva G.I., Chichagova O.A. Results of radiocarbon dating of the Mustaev V burial mound. In *Arkheologicheskie pamyatniki Orenburzh'ya* [Archaeological Sites of the Orenburg Region]. Orenburg: OGPU Publ., 2005, pp. 96–104. (In Russ.).
- Morgunova N.L., Golyeva A.A., Evgeniev A.A., Kitov E.P., Kuptsova L.V., Salugina N.P., Khokhlova O.S., Khokhlov A.A. *Labazovskii kurgannyi mogil'nik srubnoi kul'tury* [Labazovsky Burial Mound of the Timber-Frame Culture]. Orenburg: OGPU Publ., 2009. 98 p.
- Morgunova N.L., Golyeva A.A., Degtyareva A.D., Evgeniev A.A., Kuptsova L.V., Salugina N.P., Khokhlova O.S., Khokhlov A.A. *Skvortsovskii kurgannyi mogil'nik* [Skvortsovsky Burial Mound]. Orenburg: OGPU Publ., 2010. 160 p.
- Morgunova N.L., Golyeva A.A., Evgeniev A.A., Kryukova E.A., Kuptsova L.V., Roslyakova N.V., Salugina N.P., Turetskii M.A., Khokhlov A.A., Khokhlova O.S. *Bogolyubovskii kurgannyi mogil'nik srubnoi kul'tury v Orenburgskoi oblasti* [Bogolyubovsky Burial Mound of the Timber Culture in the Orenburg Region]. Orenburg: OGPU Publ., 2014. 172 p.
- Nesteruk G.V., Khokhlova O.S., Ilyina L.P., Sverchkova A.E., Sushko K.S. Paleoecological conditions of the Kuban-Azov lowland in the Bronze Age and Early Iron Age based on the study of buried soils. *Eurasian Soil Sci.*, 2021, vol. 54, no. 9, pp. 1644–1658.
<https://doi.org/10.1134/S1064229321110090>
- Ryskov Ya.G., Demkin V.A., Nikolaev V.I., Oleinik S.A., Yakumin P. Reconstruction of anthropogenic aridization of landscapes in ancient and medieval times based on isotope data. *Geogr. Priir. Resur.*, 2009, no. 2, pp. 127–134. (In Russ.).
- Spiridonova E.A. *Evolutsiya rastitel'nogo pokrova basseina Dona v verkhnem pleistotsene–golotsene* [Evolution of the Don River Basin Vegetation Cover in the Upper Pleistocene–Holocene]. Moscow: Nauka Publ., 1991. 221 p.
- Sverchkova A.E. Paleosols studies of the II kurgan cemetery near the village of Vtoroye Imangulovo and paleoclimatic reconstructions. In *Imangulovskie kurgany* [The Imangulo Kurgans]. Orenburg: OGPU Publ., 2022. (In Russ.).
- Targulyan V.O. Soil memory: Formation, carriers, spatiotemporal diversity. In *Pamyat' pochv: Pochva kak pamyat' biosferno-geosferno-antroposfernykh vzaimodeistvii* [Soil Memory: Formation, Carriers, Spatiotemporal Diversity]. Targulyan V.O., Goryachkin S.V., Eds. Moscow: LKI Publ., 2008, pp. 25–57. (In Russ.).