

В.А. Демкин, А.С. Скрипкин, М.В. Ельцов,
Б.Н. Золотарева, Т.С. Демкина, Т.Э. Хомутова,
Т.В. Кузнецова, С.Н. Удальцов,
Н.Н. Каширская, Л.Н. Плеханова



ПРИРОДНАЯ СРЕДА ВОЛГО-УРАЛЬСКИХ СТЕПЕЙ В САВРОМАТО-САРМАТСКУЮ ЭПОХУ (VI в. до н.э. - IV в. н.э.)

Пушино - 2012

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Институт физико-химических и биологических
проблем почвоведения

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Волгоградский государственный университет

*В.А.Демкин, А.С.Скрипкин, М.В.Ельцов,
Б.Н.Золотарева, Т.С.Демкина, Т.Э.Хомутова,
Т.В.Кузнецова, С.Н.Удальцов, Н.Н.Каширская,
Л.Н.Плеханова*

**ПРИРОДНАЯ СРЕДА
ВОЛГО-УРАЛЬСКИХ СТЕПЕЙ
В САВРОМАТО-САРМАТСКУЮ
ЭПОХУ (VI в. до н.э. – IV в. н.э.)**

Пущино - 2012

УДК 631.48: 930.26

ББК 40.3

П77

Демкин В.А.

Природная среда волго-уральских степей в савромато-сарматскую эпоху (VI в. до н.э. – IV в. н.э.) / В.А.Демкин, А.С.Скрипкин, М.В.Ельцов, Б.Н.Золотарева, Т.С.Демкина, Т.Э.Хомутова, Т.В.Кузнецова, С.Н.Удальцов, Н.Н.Каширская, Л.Н.Плеханова [отв. ред. С.В.Губин]; Ин-т физ.-хим. и биол. проблем почвоведения РАН. – Пушкино: , 2012. – 216 с.

ISBN 978–5–4465–0005–5.

В книге обобщены материалы многолетних (1976–2012 гг.) почвенно-археологических исследований около 200 курганов савроматского, ранне-, средне- и позднесарматского времени (VI в. до н.э. – IV в. н.э.) в составе почти 40 могильников, приуроченных к 23 ландшафтно-геоморфологическим районам степей Нижнего Поволжья и Южного Урала. Получены новые данные о пространственно-временных закономерностях изменчивости почвенных свойств и процессов, о биологической активности и эволюции почв. На основе сравнительного анализа морфолого-химических, магнитных, микробиологических характеристик палеопочв разновозрастных археологических памятников разработаны критерии качественной и количественной оценки увлажненности климата в прошлые исторические эпохи и проведена реконструкция ее вековой динамики. Установлено, что в природном отношении савромато-сарматская эпоха в волго-уральских степях характеризовалась чередованием гумидных и аридных климатических периодов продолжительностью от 100–150 до 300 лет. Влажными климатическими условиями характеризовались VI–V и I вв. до н.э., I и IV вв. н.э., а наиболее засушливыми – IV–III вв. до н.э. и II–III вв. н.э.

Исследования проводились при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Программы фундаментальных исследований Президиума РАН.

Рекомендована к изданию Ученым советом ИФХиБПП РАН

Ответственный редактор:
доктор биологических наук С.В.Губин

ISBN 978–5–4465–0005–5

© Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, 2012 г.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы особенно важное значение приобрела проблема совершенствования и более детальной разработки методических и теоретических основ изучения палеопочв как индикаторов состояния и развития природной среды в различные геологические и исторические эпохи. В ее решении одно из ведущих мест занимают исследования голоценовых палеопочв поселенческих, погребальных (курганы), фортификационных и др. грунтовых историко-археологических памятников каменного века, эпох бронзы, раннего железа, средневековья и нового времени. Как известно (Александровский, Александровская, 2005; Борисов и др., 2006; Геннадиев, 1990; Демкин, 1997, 1999; Демкин и др., 2007, 2009, 2010; Дергачева, 1997; Дмитрук и др., 2009; Иванов, 1992; Иванов, Васильев, 1995; Плеханова и др., 2007; Рысков, Демкин, 1997; Якимов и др., 2007 и др.), в палеопочвах, погребенных под культурными слоями, курганными насыпями, оборонительными валами и пр., до настоящего времени сохранились многие признаки и свойства, отражающие климатические, литологические, геоморфологические, геохимические, биологические, гидрологические и многие другие условия их формирования и развития.

На основе изучения подкурганных педохронорядов в степной зоне юга России нами выявлены основные диагностические палеопочвенные признаки, отражающие состояние и вековую динамику степени увлажненности климата за историческое время (Демкин, 1997; Демкин и др., 2007, 2010). Сравнительный анализ количественных и качественных показателей морфолого-химических, магнитных, микробиологических свойств палеопочв разновозрастных археологических памятников дает возможность реконструировать направленность и масштабы вековой изменчивости атмосферной увлажненности, определить хронологическую позицию гумидных и аридных периодов в развитии климата за последние тысячелетия.

Дальнейший прогресс в развитии археологического почвоведения диктует необходимость большей хронологической детализации в области реконструкции истории развития почв и природной среды. Решение этой проблемы в первую очередь должно быть обеспечено пространственно-временной репрезентативностью фактического материала изучаемых подкурганных педохроноря-

дов длительностью несколько сотен лет с непрерывным временным шагом 100–200 лет. Данным условиям в должной мере отвечают палеопочвы близ расположенных курганных могильников с однотипными литолого-геоморфологическими условиями и включающие памятники различных этапов развития одной культурно-исторической общности, период существования которой составляет не менее нескольких сотен лет. В частности, речь идет о савроматской и сарматской культурах раннежелезного века евразийских степей и о палеопочвах, погребенных под курганами их носителей в VI в. до н.э. – IV в. н.э. Следует отметить, что хронология и периодизация развития савромато-сарматской культурно-исторической общности разработаны достаточно детально (Археологическая энциклопедия..., 2009, Скрипкин, 2008). Поэтому время сооружения курганов рассматриваемой исторической эпохи надежно определяется по материалам археологических раскопок со следующей культурно-хронологической дифференциацией: савроматская культура – конец VI – 1-я пол. IV вв. до н.э.; сарматская культура – ранний этап – 2-я пол. IV – III и II – I вв. до н.э.; средний этап – I – 1-я пол. II вв. н.э.; поздний этап – 2-я пол. II – 1-я пол. III и 2-я пол. III – IV вв. н.э. Как видно, в таком случае мы имеем возможность зафиксировать состояние палеопочв и почвенного покрова с временным шагом 100–200 лет и выявить закономерности их вековой изменчивости в хроноинтервале ~2600–1600 лет назад.

Почвенно-археологические исследования курганов раннежелезного века начались нами в Нижнем Поволжье в середине 70-х гг. (Губин, Демкин, 1977; Иванов, Демкин, Губин, 1978), а на Южном Урале – в начале 90-х гг. (Демкин, Рысков, 1993) прошлого века. На протяжении 1976–2012 гг. раскопки изученных нами археологических памятников в разные периоды осуществлялись под руководством или с участием к.и.н. А.А.Глухова, к.и.н. С.Ю.Гуцалова, В.В.Дворниченко, А.Н.Дьяченко, д.и.н. Б.Ф.Железчикова, П.Е.Захарова, д.и.н. А.В.Кияшко, к.и.н. В.М.Клепикова, к.и.н. М.В.Кривошеева, к.и.н. В.А.Кригера, Е.В.Круглова, А.В.Лукашова, к.и.н. И.Э.Любчанского, Н.Н.Мамонова, д.и.н. Н.Л.Моргуновой, к.и.н. Е.П.Мыськова, к.и.н. В.Н.Мышкина, к.и.н. А.А.Назарова, Ю.И.Саламахина, к.и.н. И.В.Сергацкова, д.и.н. М.Н.Сдыкова, д.и.н. А.Д.Таирова, к.и.н. В.П.Шилова, д.и.н. Л.Т.Яблонского, которым авторы глубоко признательны. В почвенно-археологических исследованиях отдельных объектов совместно с нами при-

нимали участие сотрудники ИФХиБПП РАН д.б.н. А.О.Алексеев, к.б.н. А.В.Борисов, д.б.н. С.В.Губин, д.г.н. И.В.Иванов, к.б.н. С.А.Олейник, к.б.н. Л.С.Песочина, к.б.н. Я.Г.Рысков, научные и методические разработки которых помогли в решении ряда вопросов истории развития почв и природной среды.

В административно-территориальном отношении полевые работы проводились в Волгоградской (девять районов), Оренбургской (два района), Западно-Казахстанской (три района) областях и в Республике Калмыкия (один район) (табл. 1). К настоящему времени исследовано 192 кургана раннежелезного века в составе 38 могильников. Относительная доля памятников различных культур составляет: савроматская (конец VI – 1-я пол. IV вв. до н.э.) – 11%; раннесарматская (2-я пол. IV – I вв. до н.э.) – 13%; среднесарматская (I – 1-я пол. II вв. н.э.) – 29%; позднесарматская (2-я пол. II – IV вв. н.э.) – 47%.

Основные задачи работы заключались в следующем: на основе изучения подкурганных педохронорядов установить закономерности развития почв и реконструировать вековую изменчивость увлажненности климата волго-уральских степей в савромато-сарматскую эпоху (VI в. до н.э. – IV в. н.э.). Исследуемый регион включает сухо- и пустынно-степную зоны Нижнего Поволжья с темно-каштановыми, каштановыми, светло-каштановыми и бурыми полупустынными почвами, сухостепную зону Южного Приуралья с темно-каштановыми почвами и степную зону Зауралья с черноземами обыкновенными. В упомянутых почвенно-географических подзонах изученные объекты (курганы) приурочены к различным ландшафтно-геоморфологическим районам (рис. 1) и

Таблица 1. Курганные могильники, где проводились палеопочвенные исследования памятников раннежелезного века (VI в. до н.э. – IV в. н.э.)

Курганные могильники	Область, республика	Район	Кол-во курганов	Год раскопок	Рук. раскопок
Ветютнев	Волгоградская	Фроловский	1	1990	В.М.Клепиков
Недоступов		Котовский	2	2003	Е.П.Мыськов
Племхоз			5	2003	А.Н.Дьяченко
Барановка			3	1988	И.В.Сергацков
Петрунино-2,4		Камышинский	7	1988–1989	
Костарево			10	1990	

Продолжение таблицы 1

Лебяжье	Волгоградская	Камышинский	4	1991	И.В.Сергацков
Саломатино			2	2005	
Авиловский		Иловлинский	4	2000—2001	
М.Воробцовка			2	2000	
Тары			2	2002	
Ольховка		Ольховский	4	2003	И.В.Сергацков, П.Е.Захаров
Гусевка			2	2003	А.С.Скрипкин, И.В.Сергацков
Зензеватка			4	2008	И.В.Сергацков
Аксеновский		Октябрьский	1	1976	В.П.Шилов
Аксай-1,2,3			13	1997, 2005, 2006	А.Н.Дьяченко, В.М.Клепиков
Перегрузное			38	2000—2002, 2004, 2009-2012	А.Н.Дьяченко, В.М.Клепиков
Абганерово-2,3,4			23	1994—1996	Б.Ф.Железчиков, И.В.Сергацков
Шунгаровы курганы			2	1996	И.В.Сергацков
Бережновка		Николаевский	2	1988	А.В.Лукашов
Торгунское		Палласовский	1	1982	
Вишневка			1	1982	
Маляевка		Ленинский	3	1998	И.В.Сергацков, В.В.Дворниченко
Бахтияровка			9	1983, 1984, 1986	В.А.Кригер, Б.Ф.Железчиков
Колобовка			7	1999	И.В.Сергацков, В.В.Дворниченко
Джангар	Калмыкия	Октябрьский	3	1988	В.Н.Мышкин
Солончанка	Оренбургская	Кваркенский	5	2000	А.Д.Таиров, И.Э.Любчанский
Покровка-2,8,10		Соль-Илецкий	28	1992—1994	Л.Т.Яблонский, Н.Л.Моргунова
Кайрат	Западно-Казахстанская	Джаныбекский	2	1979	А.В.Лукашов
Илекшар		Чингирлауский	1	2003	С.Ю.Гуцалов, М.Н.Сдыков
Кырык-Оба		Бурлинский	1	2003	М.Н.Сдыков

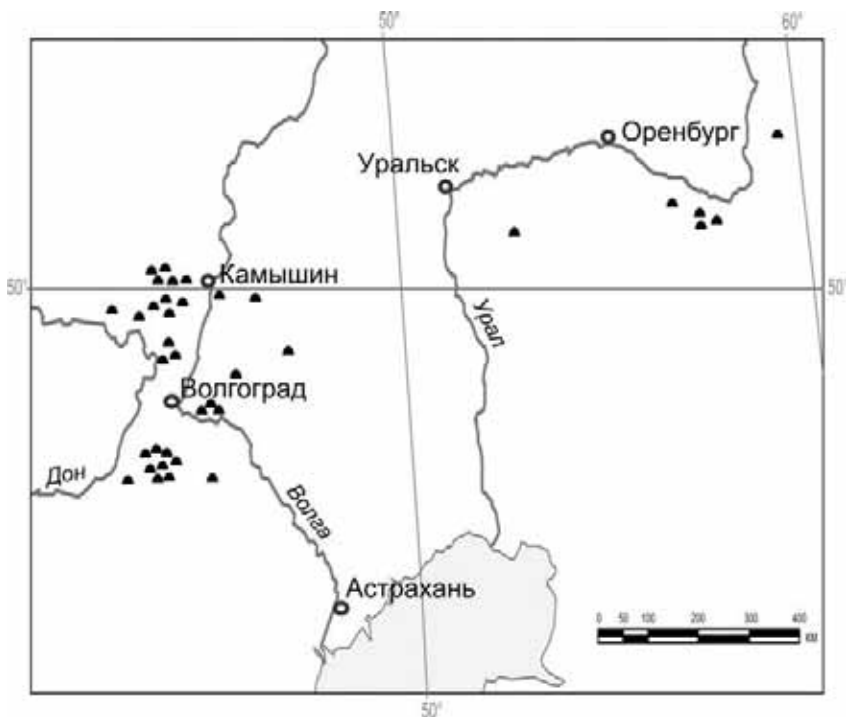


Рис. 1. Район и местоположение объектов исследований.

представляют все перечисленные выше культурно-хронологические этапы развития савроматской и сарматской культур волго-уральских степей. В исследованиях подкурганных палеопочв и их современных фоновых аналогов использовался комплекс полевых и лабораторных методов археологического почвоведения, почвенной микробиологии, биохимии, агрохимии, аналитической химии, геофизики. В итоге нами получена репрезентативная хроногеографическая информация о состоянии почвенного покрова, морфологических, химических, магнитных и микробиологических свойствах и биологической активности палеопочв, о закономерностях их пространственно-временной изменчивости в связи с периодической сменой условий почвообразования. Подобного рода данные в практике почвенно-археологических исследований получены впервые, что в свою очередь дает возможность детальной реконст-

рукции динамики увлажнения климата волго-уральских степей в раннежелезном веке.

Настоящее издание продолжает цикл монографий авторов, посвященных проблемам изучения истории развития природной среды нижневолжских степей в эпохи бронзы (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; Сергацков И.В., Дьяченко А.Н., Клепиков В.М., Кривошеев М.В., Балабанова М.А., Перерва Е.В., Яворская Л.В., Борисов А.В., Демкин В.А., Демкина Т.С., Удальцов С.Н., Хомутова Т.Э., Курганы бронзового века в излучине Дона (опыт комплексных археологических и естественнонаучных исследований), Волгоград, 2012) и средневековья (Якимов А.С., Демкин В.А., Алексеев А.О., Природные условия степей Нижнего Поволжья в эпоху средневековья (VIII–XIV вв. н.э.), М., НИИ-Природа, 2007), южноуральских степей в голоцене (Рысков Я.Г., Демкин В.А., Развитие почв и природной среды степей Южного Урала в голоцене, Пушкино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1997; Плеханова Л.Н., Демкин В.А., Зданович Г.Б., Эволюция почв речных долин степного Зауралья во второй половине голоцена, М.: Наука, 2007).

Глава 1. КОЧЕВНИКИ ЮЖНОРУССКИХ СТЕПЕЙ В РАННЕМ ЖЕЛЕЗНОМ ВЕКЕ

Завершение эпохи бронзы в степях Евразии сопровождалось коренной ломкой жизненного уклада древнего населения. Появившиеся здесь в начале I тыс. до н.э. кочевые племена раннежелезного века, а затем и средневековья, – явление уникальное для мировой культуры, не имеющее аналогов в истории. Номадизм или кочевой уклад жизни являлся своего рода способом адаптации людей к среде их обитания. Его суть отличают скотоводство как преобладающий вид экстенсивной хозяйственной деятельности, характеризующейся круглогодичным внестойловым содержанием скота на подножном корму; периодическая подвижность в пределах пастбищных территорий или между ними с участием в перекочевках всего или большей части населения; натуральный характер экономики. Как видно, все перечисленные признаки находятся в прямой связи с природной средой, в частности, с особенностями почвенно-растительного покрова, метеорологическими и климатическими условиями, характерными для определенного хроноинтервала и природного района. Смена бронзового века раннежелезным характеризовалась появлением и широким распространением оружия, предметов труда, бытовых изделий из искусственного железа. В рассматриваемый исторический период (VI в. до н.э. – IV в. н.э.) в южнорусских степях обитали кочевые племена савроматов и сарматов (IV в. до н.э. – IV в. н.э.), которые оставили после себя многочисленные курганные погребальные комплексы – основной источник информации об их истории, культуре, хозяйственной деятельности, миграциях и др. В развитии кочевых обществ раннежелезного века исследуемого региона выделяется четыре культурно-хронологических периода: савроматский, ранне-, средне- и позднесарматский. Остановимся на их археологической и исторической характеристике.

1.1. Савроматский период

В раннем железном веке с VI в. до н.э. по IV в. н.э. степные пространства от Дона до Южного Урала занимали ираноязычные кочевники. Это первые обитатели данного региона, история кото-

рых начинает освещаться кроме археологических и письменными источниками, принадлежащими сначала древнегреческим, а затем и римским авторам. Первыми из них упоминаются савроматы. Наиболее подробные сведения о них содержатся у Геродота. По данным отца истории, савроматы обитали к востоку от Танаиса (Дона). Более определенно он сообщает о протяженности савроматских владений с юга на север, от угла Меотийского озера (Азовское море) до территории обитания будинов, на расстояние, равное 15 дням пути (около 540 км). На какое расстояние владения савроматов простираются от Дона на восток, Геродот не сообщает.

Впервые погребения скифского времени под курганами к востоку от Дона с савроматами отождествил П.Д.Рау (Рау, 1929). В археологическую культуру эти памятники объединил Б.Н.Граков. Она была названа им савроматской или блюменфельдской и датирована VI–IV вв. до н.э. Второе название культуры связано с селом Блюменфельд в Поволжье, рядом с которым Б.Н.Граков в 1925 г. раскопал несколько курганных групп, в одном из курганов которых было обнаружено коллективное захоронение с целым рядом уникальных находок, относящиеся к савроматскому времени.

Проводимые Б.Н.Граковым в 20-е гг. прошлого века раскопки курганов в Южном Приуралье позволили ему обнаружить сходство нижневолжских памятников VI–IV вв. до н.э. с южноуральскими и заявить, что от междуречья Волги и Дона до Магнитогорска и Орска «лежит одна археологическая культура, тождественная на всем этом протяжении». Лишь по некоторым деталям, в частности, каменным жертвенникам, характеру керамики, особенностям колчаных наборов стрел, незначительным внешним влияниям, в распространении памятников савроматской культуры можно выделить две зоны. Одна из них ограничивается Куйбышевым – Чкаловым – Орском, другая – Степным – Саратовым – Уральском (Граков, 1947).

Значительный вклад в изучение савроматской культуры внес К.Ф.Смирнов. Его археологические исследования в Нижнем Поволжье и особенно в Южном Приуралье привели к открытию целого ряда великолепных комплексов, относимых к савроматской культуре. Многолетняя целенаправленная работа по этой тематике завершилась подготовкой и изданием К.Ф.Смирновым фундаментального труда (Смирнов, 1964). С учетом имеющегося к 60-м гг. материала он рассмотрел основные проблемы савроматской куль-

туры: происхождение, периодизация, территория распространения, локальные варианты, этническая принадлежность.

В рассмотрении проблемы происхождения савроматской культуры К.Ф.Смирнов использовал археологические, антропологические, лингвистические и письменные источники, анализ которых привел его к следующим основным выводам. Савроматская культура своими корнями уходит в степные культуры бронзового века: срубную, андроновскую и близкую им тазабагьябскую. В хозяйстве этих культур постепенно происходит усиление роли коневодства, что приводит к усилению их подвижности, установлению между ними более активных контактов и смешению части населения. Эти процессы способствовали формированию в эпоху позднего бронзового века в степных районах от Тобола до Днепра значительной общности археологических памятников, на основе которых происходит становление культур ираноязычных народов раннего железного века, к которым относилась и савроматская культура.

К.Ф.Смирнов впервые разрабатывает дробную периодизацию савроматской культуры, выделив четыре хронологические группы в пределах с VIII по IV вв. до н.э. В отличие от Б.Н.Гракова, он считал, что окончательно савроматская культура складывается к концу VII в. до н.э. Более ранние погребальные комплексы VIII–VII вв. до н.э., с одной стороны содержащие в себе черты, свойственные памятникам бронзового века, с другой – савроматской культуры, К.Ф.Смирнов предложил называть протосавроматскими. Остальные три хронологические группы памятников (конец VII – VI; конец VI – V; конец V – IV вв. до н.э.) определяют развитие уже собственно савроматской культуры.

На основании значительно большего материала, нежели того, которым располагал Б.Н.Граков, К.Ф.Смирнов развивает его идею о наличии двух локальных вариантов савроматской культуры: волго-донского и самаро-уральского. Он отмечал, что при общем сходстве памятников названных двух районов между ними имелись и различия как в погребальном обряде, так и в вещевом материале. Так, в Южном Приуралье среди конструкций погребальных ям гораздо чаще встречаются подбои и катакомбы; сложные деревянные конструкции над погребениями, иногда в виде шатров; использование камня при сооружении курганных насыпей; элементы огненного ритуала. В вещевом материале, в

том числе в керамике; вооружении; предметах, выполненных в зверином стиле, К.Ф.Смирновым также были отмечены специфические особенности для каждого из районов. Однако эти различия, по его мнению, имели место в рамках единой культуры, отражая особенности двух районов: Южного Приуралья, ориентированного на сибирский и сакский мир Приаралья, и Поволжья, соседствующего со скифами Северного Причерноморья, населением Прикубанья и Северного Кавказа (Смирнов, 1964; 1989).

К.Ф.Смирнов считал, что этноним «савроматы» является собирательным для кочевников, обитавших во времена Геродота к востоку от Дона, среди которых скрывались более мелкие этнические образования. С савроматами Геродота он отождествлял волго-донской локальный вариант савроматской культуры. В отношении определения названия кочевого населения Южного Приуралья, оставившего памятники той же археологической культуры, К.Ф.Смирнов высказывался менее определенно, постоянно уточняя свою точку зрения. Одна из них сводилась к тому, что «наиболее богатые и могущественные роды бассейна р. Илек» V в. до н.э. можно было именовать протоаорсами, из среды которых позднее вышли аорсы и, вероятно, роксоланы (Смирнов, 1964). Позже он высказывается о возможной принадлежности тех же илекских памятников кочевникам дахо-массагетского мира (Смирнов, 1975). Постоянно отмечая тот факт, что памятники самаро-уральского локального варианта были археологически менее однородны по сравнению с волго-донским, он предполагал и большую этническую пестроту этого региона в савроматское время. Учитывая некоторую особенность памятников верховий Урала, он считал возможным отождествлять их с исседонами (Смирнов, 1977; 1984)

Таким образом, выявилось очевидное несоответствие между таким понятием как «савроматы», обозначающим название народа из письменных источников, обитающего в Волго-Донском регионе, и понятием «савроматская археологическая культура» как реконструируемый археологический феномен, охватывающий значительно большую территорию, включающую Южное Приуралье. Это вызывало неудобства и постоянную путаницу при попытках исторической интерпретации археологических материалов.

В конце 80-х – первой половине 90-х гг. выходит ряд работ, авторы которых, указав на целый ряд несоответствий в погребальном обряде и материальной культуре между памятниками

рассматриваемого времени Нижнего Поволжья и Южного Приуралья, приходят к выводу о невозможности объединения их в рамках одной археологической культуры (Очир-Горяева, 1988; 1992; Железчиков, Пшеничнюк, 1994).

Становилось очевидным, что тенденция развития археологической культуры, оставленной ранними кочевниками Южного Урала в савроматское время, была иной, чем в Нижнем Поволжье. В Южном Приуралье в погребальных памятниках савроматского времени появляются черты, которые станут наиболее характерными для прохоровской (раннесарматской) культуры. Например, южная ориентировка погребенных, подбойно-катакомбные конструкции погребальных ям, круглодонная керамика.

В настоящее время становление культуры ранних кочевников Южного Урала, которую К.Ф.Смирнов относил к самароуральскому варианту савроматской культуры, связывают с рядом последовательных миграций: саков из Юго-Восточного Приаралья; скифов из лесостепного Приднепровья и Северного Кавказа; кочевого населения из центральноазиатских районов, от границ Китая, Восточного Туркестана и Юго-Восточного Казахстана. Эти процессы, по мнению ряда авторов, привели к формированию в конце VI – начале V вв. до н.э. нового, достаточно сильного этнопотестарного объединения в Южном Приуралье, которое стало играть ведущую роль в урало-казахстанских степях (Таиров, 2000; 2005; Гуцалов, 2004).

В Южном Приуралье уже с VI в. до н.э. идет накопление тех элементов в погребальном обряде и в отдельных категориях вещевого комплекса, которые приведут к формированию здесь прохоровской, называемой еще раннесарматской, культуры. В Нижнем Поволжье, сложившаяся к середине VI в. до н.э. археологическая культура, относительно стабильно существовала до IV в. до н.э. Распространение здесь элементов новой культуры с IV в. до н.э. явно южноуральского происхождения, носило миграционный характер.

1.2. Раннесарматский период

Этот период обычно отождествляется с прохоровской культурой, названной по с. Прохоровка Оренбургской губернии, в окрестностях которой в 1911 г. крестьянами было раскопано

несколько курганов и в 1916 г. исследованных С.И.Руденко. Традиционно, начиная с работ Б.Н.Гракова и К.Ф.Смирнова, эта культура датировалась IV–II вв. до н.э.

Значительный вклад в решении проблемы происхождения прохоровской культуры внесли работы К.Ф. Смирнова. Уже в своих ранних публикациях он высказывает мнение о том, что начальная стадия формирования прохоровской культуры приходится на Южное Приуралье. Он отмечал, что «На раннесарматском этапе (в IV–II вв. до н.э.) в Южном Приуралье складывается так называемая прохоровская культура. Наиболее ранние и богатые погребения прохоровской культуры известны в Южном Приуралье, которое, вероятно, было центром сложения этой культуры» (Смирнов, 1954).

В более поздних работах К.Ф.Смирнов подробно изложил свои взгляды на формирование и развитие прохоровской культуры. Он считал, что к началу IV в. до н.э. нарушается стабильность двух конфедераций племен южноуральского и нижневолжского регионов единой савроматской культуры и происходит формирование новых могущественных племенных союзов. Эти события совпадают со становлением в Южном Приуралье прохоровской культуры и началом распространения ее на запад в сторону Волги и Дона.

В Нижнем Поволжье под влиянием новых южноуральских традиций элементы прохоровской культуры появляются во второй половине IV в. до н.э. К.Ф.Смирнов полагал, что савроматы Геродота, занимавшие Нижнее Поволжье, вошли в состав новых объединений кочевников под общим названием сарматов. На раннем этапе прохоровской культуры существуют различия между памятниками Южного Приуралья и Нижнего Поволжья, особенно в керамическом комплексе. В III–II вв. до н.э. различия между памятниками этих регионов нивелируются. Распространителями новых элементов культуры на запад в IV–III вв. до н.э., вплоть до Днепра, были сирматы, фиксируемые в это время на Дону письменными источниками (Смирнов, 1984). Впоследствии К.Ф.Смирнов не исключал возможной принадлежности южноуральских памятников дахам.

Специально вопрос о происхождении раннесарматской культуры исследовался М.Г.Мошковой. Эту проблему она рассматривала с позиции близкой концепции К.Ф.Смирнова, только с большей конкретизацией отдельных ее положений. Первона-

чальным районом формирования прохоровской культуры она также считала Южное Приуралье. В формировании прохоровской культуры М.Г.Мошкова существенное значение отводила внешним влияниям на субстратное население Южного Приуралья, в частности, со стороны лесостепных культур Зауралья, таких как воробьевская, иткульская, гороховская, а также населения отдельных районов нынешнего Казахстана и, возможно, приаральских саков (Мошкова, 1974).

Движение носителей новой культуры на запад М.Г.Мошкова относил к концу IV – рубежу IV–III вв. до н.э., причем заселение ими Поволжья могло происходить и через территорию бассейна Самары. Освоение Поволжья, территории обитания савроматов, южноуральскими пришельцами носило характер завоеваний. В результате этих событий происходит формирование нижеволжского локального варианта прохоровской культуры. Дальнейшее продвижение на Нижний Дон, в Прикубанье и Северное Причерноморье носителей «этого нового культурного комплекса» происходит в середине III – начале II вв. до н.э. (Мошкова, 1989).

В 80-90-е гг. стали вноситься коррективы в хронологию и внутреннюю периодизацию прохоровской культуры. А.С.Скрипкин предложил отодвинуть верхний рубеж рассматриваемой культуры к рубежу эр. Основанием, на которое опирался этот вывод, было значительное накопление фибульного материала, происходящего из сарматских погребений. Фибулы, датируемые второй половиной II–I вв. до н.э., встречались в комплексах с преобладанием черт, характерных для прохоровской (раннесарматской) культуры, а фибулы I в. н.э. встречались уже в типично среднесарматских комплексах. Независимо к аналогичному выводу в отношении более поздней датировки прохоровских памятников пришел и С.В.Полин. Впоследствии оба автора свои взгляды, изложенные в тезисных публикациях, более аргументировано обосновали в монографических работах (Скрипкин, 1990; Полин, 1992).

Наряду с омоложением верхней даты прохоровской культуры проводились исследования, связанные с удревнением ее начальной даты. Сама идея раннего появления элементов прохоровской культуры, начиная с VI в. до н.э., в культуре уральских кочевников высказывалась еще в 80-е гг. (Пшеничнюк, 1983). В дальнейшем эта идея подробно разрабатывалась А.Д.Таировым. В одной из своих работ он предлагал датировать прохоровскую

культуру Южного Зауралья VI–I вв. до н.э. с подразделением ее на несколько этапов: древнепрохоровский (вторая половина VI – середина V вв. до н.э.), раннепрохоровский (вторая половина V – IV вв. до н.э.), прохоровский (III – первая половина II вв. н.э.) (Таиров, 2004).

В настоящее время проблема общей хронологии прохоровской культуры, ее внутренней периодизации в сарматской археологии является одной из наиболее актуальных. Появилось уже достаточно много работ по Южному Приуралью (А.Д.Таиров, Л.Т.Яблонский), Нижнему Поволжью (В.М.Клепиков, А.С.Скрипкин), Подонью (В.Е.Максименко, В.П.Глебов), Северному Причерноморью (А.В.Симоненко), в которых предприняты попытки поисков нового решения этой проблемы, отвечающего современному состоянию археологического материала. Но тема эта еще далека от создания некой общей картины периодизации прохоровской культуры с учетом особенностей ее регионального развития.

На основании археологических материалов может быть предложена следующая реконструкция исторических событий, произошедших в IV в до н.э., видимо, в первой его половине. В V–IV вв. до н.э. в Южном Приуралье сложилось достаточно мощное кочевое объединение, центром которого, скорее всего, являлись территория в бассейне р. Илек. Именно здесь сосредоточены крупные курганные могильники рассматриваемого времени: Мечет Сай, Тара-Бутак, Близнецы, Увак, Пятимары, Филипповка и некоторые другие. Так, курган №1 из Филипповского могильника, несмотря на неоднократное ограбление, дал самые богатые находки среди сарматских древностей, известных на сей день. Раскопки Л.Т.Яблонским ряда других курганов Филипповского могильника, также подвергшихся ограблению, дали серию уникальных находок, подтверждающих высокий статус погребенных в них людей (Сокровища ..., 2008). Все это свидетельствует об экономическом и политическом могуществе кочевников данного региона, которые (возможно лишь какая-то их часть) с IV в. до н.э. начинают осваивать степные пространства Поволжья и Дона. Местное население этих районов, вероятно, частично было инкорпорировано в состав нового объединения, в котором ведущие позиции занимали южноуральские кочевники.

Произошедшие изменения в IV в. до н.э., фиксируемые археологическими материалами, видимо, нашли отражение и в пись-

менных источниках. Это сообщение Эвдокса в передаче более позднего автора Стефана Византийского, который упоминает сирматов, живших вблизи Танаиса. А также упоминание сирматов в перипле Псевдо-Скилака, где они более определенно помещаются между Танаисом и скифами, то есть на правобережье Дона. Этот источник различает сирматов и савроматов, помещая последних по другую сторону Дона. Существует мнение, что упоминание Эвдоксом сирматов относится ко времени около 370–365 гг. до н.э., то есть к первой половине IV в. до н.э. (Мачинский, 1971).

В настоящее время есть возможность несколько скорректировать вышеизложенное представление о сирматах. Можно более уверенно считать, что основную роль в создании сирматского объединения сыграла южноуральская кочевническая группировка, основным районом дислокации которой было левобережье р. Урала. При этом в археологическом смысле она уже не являлась носительницей савроматской культуры, ей были присущи те черты, которые можно именовать как раннепрохоровские. В Поволжье и междуречье Волги и Дона эти новые культурные явления наложились на старые савроматские традиции и были первоначально несколько нивелированы, но с течением времени стали преобладать, положив начало формированию здесь раннесарматской культуры.

Начиная со II в. до н.э., возможно с его середины, в сарматских памятниках начинают распространяться вещи, обнаруживающие близкие аналогии в древностях Центральной Азии, на территории Китая и сопредельных с ним областях. Это клинковое оружие, отдельные типы которого по оформлению близки китайским ханьской эпохи, ажурные бронзовые пряжки со сценами борьбы животных или лежащим верблюдом, пряжки с геометрическим орнаментом, гагатовые поясные пряжки, миниатюрные копии бронзовых котлов и луков с колчанами, некоторые типы колокольчиков, металлические или костяные ложковидные застежки, которые обнаруживают аналогии в памятниках постскифского времени Тувы, Среднего Енисея, в хуннских древностях Забайкалья. Целый ряд из этих вещей известен в памятниках тесинского этапа, датируемого II–I вв. до н.э.

Кроме вещевого материала имеются параллели в погребальном обряде сарматов с населением, жившем от них за тысячи километров. Так, в раннесарматском погребении II–I вв. до н.э. на



Раннесарматское курганный погребение II – I вв. до н.э. Могильник «Перегрузное» (курган 39, погребение 6), Волгоградская обл.

левом берегу Волги у пос. Рыбный в Волгоградской обл. была обнаружена деревянная колода, имевшая два параллельных выступа в головной части. Находившийся в ней скелет человека был ориентирован головой на север. Аналогичной формы колоды известны в погребальных памятниках Тувы последних веков до нашей эры, причем с северной ориентировкой костяков. Они обнаружены в могильниках Аймырлыг, Кокэль, Байдаг-2 (Скрипкин, 2000).

На наш взгляд, появление мощного пласта восточных инноваций в материальной культуре сарматов и отдельных элементов в погребальном обряде объясняется политическими причинами, сутью которых было образование к северу от Китая мощной хуннской кочевой державы и активной ее внешней политикой, направленной на расширение территории и своего влияния. Основными направлениями хуннской экспансии были Южная Сибирь и Восточный Туркестан. Победы хунну на этих направлениях привели к изменению политической обстановки в этих районах, к отходу на запад ряда народов, ранее находившихся в контактах с китайской цивилизацией.

Особенно важной для хунну была их победа над юэчжами, от которых они в свое время находились в зависимости. Из китайских письменных источников эпохи Хань известно, что после своего поражения юэчжи, в течение нескольких веков обитавшие на северо-западных границах Китая, вынуждены были уйти на запад и в конце концов обосноваться в Бактрии. Вторжение ко-

чевников, гонимых хунну, в Среднюю Азию привело к падению Греко-Бактрийского царства. Это событие нашло отражение как у античных, так и китайских авторов. Дата его в большей степени определяется по данным сочинения Сыма Цяня и его последователей, а также по греко-бактрийским материалам, в том числе и нумизматическим. Обычно падение Греко-Бактрии относят к 140–130 гг. до н.э. (Ставиский, 1977) или начало этого события датируют 145 г. до н.э., с момента нападения кочевников на восточные рубежи этого государства (Бернар, Абдуллаев, 1997). Таким образом, давление кочевников на Греко-Бактрию начинается приблизительно с середины II в. до н.э.

Археологические новации, выявленные в археологических памятниках Средней Азии, вслед за событиями 40–30-х гг. II в. до н.э., находят соответствие в материальной культуре сарматов волго-донских и южноуральских степей. Это позволяет утверждать, что появление в сарматских памятниках вещевого материала, своим происхождением связано с центрально-азиатскими районами, происходит в одно и то же время, что и в Средней Азии.

Эти события привели к существенным подвижкам на обширном пространстве от Средней Азии до Северного Причерноморья и появлению новой этнокарты этого региона. В Средней Азии появляются юэцжи и усунь китайских источников, а также асии, пасианы, тохары и сакаравлы античных источников, на Дону – аорсы, на Северном Кавказе – сираки, в Прикаспии – верхние аорсы. В Северном Причерноморье в сочинениях античных авторов и эпиграфических документах начинают упоминаться роксоланы (ревксиналы), сатархи. Эти факты свидетельствуют о том, что в донских, поволжских и северокавказских степях происходят изменения в прежней кочевнической номенклатуре. Об этом свидетельствует не только туманное упоминание Страбона, что «аорсы и сираки являются, видимо, изгнанниками племен, живущих выше» (Страбон, XI, 5, 8, цит. по Скрипкин, 2008), но и очевидная подвижка сарматов в западном направлении и окончательное освоение ими, примерно, к середине II в. до н.э., территории между Доном и Днепром.

1.3. Среднесарматский период

Памятники этого периода, как культурно-хронологическое явление, были выделены в 1927 г. П.Д.Рау (Raу, 1927). Он обосно-

вал наличие двух хронологических ступеней среди накопленных к тому времени в результате раскопок в Поволжье сарматских погребальных памятников: Stufe A и Stufe B. В его периодизации памятники Stufe A относились к раннеримскому времени (конец I в. до н.э. – II в. н.э.). В общей периодизации Б.Н.Гракова совокупность этих памятников получила название сусловской культуры. Это название происходит от Сусловского курганного могильника, располагавшегося в Саратовской обл. и раскопанного в 1924 и 1926 гг. П.С.Рыковым, давшего серию погребальных комплексов, позволившую еще П.Д.Рау включить их в Stufe A своей периодизации. В работах К.Ф.Смирнова за этими памятниками утвердилось название «среднесарматская культура», которое широко используется в настоящее время. Он же изменил предложенные П.Д.Рау хронологические рамки для памятников этого типа и датировал их в пределах конца II в. до н.э. – I в. н.э. В связи с изменением даты окончания раннесарматской (прохоровской) культуры, о чем речь шла выше, среднесарматскую культуру в настоящее время принято датировать I – первой половиной II вв. н.э.

Памятники среднесарматской культуры, как и предыдущего времени, представлены исключительно подкурганными захоронениями. В отличие от раннесарматского времени, преобладают захоронения под индивидуальными насыпями небольшого размера. В Нижнем Поволжье ведущим типом могил являются широкие прямоугольные и квадратные ямы, довольно высок удельный вес подбойных ям. Преобладает ориентировка погребенных головами в южный сектор. Широко распространены диагональные захоронения (Сергацков, 2002). К среднесарматскому времени в волго-донских степях относится ряд весьма богатых погребений в курганах, принадлежащих сарматской элите того времени. На Нижнем Дону – курганы Хохлач, Дачи, Кобяково; в Нижнем Поволжье – Косика, Жутово, Бердия. В них были обнаружены предметы, являющиеся уникальными произведениями древнего искусства, выполненные в так называемом «золото-бирюзовом» стиле. Это детали конской упряжи, парадное клинковое оружие, гривны, браслеты и другие вещи, в оформлении которых использовались золото и бирюза.

В I в. н.э. значительно активизируются культурно-экономические связи сарматов с оседлым населением Нижнего Дона, Кубани, Северного Кавказа и античным миром. Из производственных



Среднесарматское парное курганный погребение I в. н.э. Могильник «Перегрузное» (курган 38, погребение 1), Волгоградская обл.

центров этих районов к кочевникам поступала качественная глиняная посуда, составляющая значительную долю керамического комплекса среднесарматской культуры. Из античных городов, помимо керамики, поставлялись стеклянная посуда, бусы и другие украшения, предметы роскоши. В среднесарматских погребениях известно довольно большое количество бронзовой и серебряной римской посуды. В комплексе вооружения среднесарматской культуры господствуют железные трехлопастные черешковые наконечники стрел и короткие мечи с прямым перекрестием и кольцевым навершием. Ареал среднесарматской культуры охватывал степи Восточной Европы от Южного Приуралья до Днестра. Большая часть среднесарматских погребений сосредоточена в Нижнем Поволжье и на Нижнем Дону. Именно здесь исследованы курганные могильники, включающие самые многочисленные и богатые погребальные памятники этого времени.

Вопрос о происхождении среднесарматской культуры является одним из наиболее дискуссионных в сарматской археоло-

гии. Археологические материалы свидетельствуют об инновационном происхождении ряда категорий материальной культуры, что может объясняться миграцией в степи Восточной Европы новой кочевой группировки. По одной из версий, становление среднесарматской культуры связано с появлением в I в. н.э. в восточноевропейских степях аланов, пришедших с востока и ставших в первых веках н.э. новым военно-политическим гегемоном в кочевом мире Восточной Европы.

Аланы – ираноязычные кочевники, создали крупное племенное объединение, в которое вошли близкородственные им племена. Аммиан Марцеллин, римский историк IV в. н.э., об этом писал так: «...они мало-помалу постоянными победами изнурили соседние народы и распространили на них название своей народности...» (Деяния, XXXI, 2, 13, цит. по Скрипкин, 2008). Происхождение алан очень сложная научная проблема. В настоящее время преобладающим является мнение об их центрально-азиатском происхождении, об их связи с юэчжами и усунями китайских источников и массагетами античных авторов. В восточноевропейские степи аланы пришли из Средней Азии. Первое не вызывающее сомнения упоминание алан на новом месте относится к 72 г. н.э. и принадлежит иудейскому историку Иосифу Флавию. Он поселял их на Нижнем Дону и в Приазовье. Спорной является версия об участии алан в закавказском походе в 35 г. н.э. Археологическими памятниками, отражающими раннюю историю алан, считаются вышеназванные богатые подкурганские погребения, открытые в Ростовской, Астраханской и Волгоградской областях. Памятники среднесарматской археологической культуры Подонья и Нижнего Поволжья I – первой половины II вв., вероятно, принадлежали населению, входившему в состав аланского племенного союза. В первые века н.э. аланы являлись значительной политической силой, оказывающей влияние на исторические процессы на северо-восточных рубежах Римской империи. Они периодически вторгались в Закавказье, где политическая ситуация в этот период времени была достаточно острой в связи с противостоянием Рима и Парфии, оказывали давление на границу Римского государства в Подунавье (Скрипкин, 2001).

В настоящее время в становлении среднесарматской культуры по данным археологических и антропологических исследований отчетливо выделяются два компонента: миграционный и местный, представленный населением раннесарматской культуры.

1.4. Позднесарматский период

Памятники этого периода впервые были выделены П.Д.Рау и включены им в Stufe. В своей периодизации он относил их к позднеримскому времени и датировал III–IV вв. н.э. В последующее время памятники этого типа были объединены в одну культуру, именуемую «позднесарматской», и были датированы с середины II по конец IV вв. н.э. В позднесарматское время происходят резкие изменения в погребальной обрядности и материальной культуре. Последний и наиболее полный анализ погребального обряда позднесарматской культуры Азиатской Сарматии принадлежит М.Г.Мошковой. Базу ее исследований составили 811 погребальных комплексов. В рассматриваемом регионе позднесарматская культура представлена исключительно погребениями преимущественно под индивидуальными небольшими курганными насыпями. Преобладающими являются ямы подбойных конструкций, второе место занимают узкие прямоугольные ямы, далее следуют широкие прямоугольные ямы, реже встречаются другие конструкции: катакомбы, овальные ямы, ямы с заплечиками. Определяющими для позднесарматской культуры является ориентировка погребенных головой в северный сектор. Особенно высок процент (более 90%) ориентировок погребенных в северный сектор в Южном Приуралье. Специфической чертой позднесарматской культуры следует считать высокий процент искусственной деформации черепов. Наибольшее количество погребенных с искусственно деформированными черепами зафиксировано в южной группе Приуралья (около 65%) (Мошкова, 2009). Для позднесарматской культуры характерно появление целого ряда новых типов вещей, неизвестных ранее у сарматов. Это железные мечи без металлического перекрестия и наконечника, бронзовые зеркала-подвески, глиняная посуда из северокавказских производственных центров, квадратные глиняные курильницы, железные ножницы.

Антропологические исследования последних десятилетий, основанные на значительно увеличившемся материале, позволяют охарактеризовать особенности состава населения практически всех сарматских культур. В первую очередь это имеет отношение к Волго-Уральскому региону благодаря серии работ М.А.Балабановой. Эти исследования выявили следующую закономерность:

для краниологических выборок савроматского и раннесарматского времени наиболее характерна была брахикrania, со II–I вв. до н.э. начинает ощущаться приток долихокranного европеоидного населения, который несколько усиливается в среднесарматское время, а в позднесарматское время, например, доля долихокranного мужского населения составила более половины, с мезокranными черепами примерно три четверти. Таким образом, по сравнению с раннесарматским временем и в какой-то мере со среднесарматским антропологический тип населения в позднесарматское время существенно изменился.

Кроме преобладания нового антропологического типа и такой специфической черты, как искусственная деформация головы (по последним данным 70% от всей краниологической выборки), костный материал позднесарматских погребений дает ряд интересных сведений, позволяющих составить представление об особенностях демографических и этнических процессов, специализации населения. Антропологический материал, происходящий из позднесарматских курганов, свидетельствует о значительном преобладании мужских захоронений над женскими в 2.7 раза при норме 1.0–1.1. Спецификой позднесарматской культуры является небольшое число детских погребений (2.2%). Этот показатель далек от норм других палеопопуляций. Явные перекосы целого ряда показателей, полученных на основании анализа антропологической выборки по поздним сарматам, по мнению М.А.Балабановой, не могут характеризовать их как стандартную палеопопуляцию. Популяция с такой половозрастной структурой не могла быть жизнеспособной (Балабанова, 2004).

Еще одной особенностью населения позднесарматской культуры является повышенный травматизм мужской его части. Это наглядно проявляется при сравнении по этому показателю с ранне- и среднесарматским временем. Мужское население позднесарматской культуры отличается и максимальной изношенностью костно-суставного аппарата, что свидетельствует о значительных нагрузках, обусловленных их профессиональной деятельностью. Изучение особенностей и характера распределения нагрузок на опорно-двигательный аппарат: изношенность суставов пояса нижних конечностей, значительная развитость мышечного рельефа верхних конечностей, признаки болезни позвоночника характеризуют поздних сарматов как профессиональных

конных воинов, активно участвующих в военных акциях (Перерва, 2010). Скорее всего, общество позднесарматской культуры представляло собой палеосоциум, ориентируемый, кроме кочевого хозяйства, на военное дело. Большая часть мужчин молодого и зрелого возраста являлись профессиональными воинами, вероятно, организованными в военные дружины, участвовавшие в грабительских набегах и выступавшие в качестве наемников.

В формировании позднесарматской культуры волго-уральских степей, также как и предыдущих сарматских культур, участвовали и местные носители среднесарматской культуры, и мигранты. Это находит подтверждение как в археологическом материале (сохранение в позднесарматское время диагонального обряда захоронений, широко распространенным у населения среднесарматской культуры), так и в антропологических источниках. Наибольшее сходство с предшествующим сарматским населением обнаруживают женские позднесарматские краниологические выборки, что служит подтверждением мнения о большой роли мужских миграций в становлении позднесарматской культуры, так как мигранты компенсировали дефицит противоположного пола за счет местного населения (Балабанова, 2010; Яблонский и др., 2010).

Проблема происхождения позднесарматской культуры во многом связана с выявлением исходной территории мигрантов. Именно с мигрантским компонентом связано появление признаков, положенных в основу выделения позднесарматской культуры.

М.А.Балабанова, осуществившая сравнительный анализ позднесарматских антропологических серий с относительно синхронными сериями многих других культур Евразии, пришла к выводу о том, что исходной территорией миграции, положившей начало формированию позднесарматской культуры, были центральноазиатские районы, которые генерировали несколько миграционных волн, достигавших восточноевропейских степей. Становление позднесарматской культуры она предположительно связывает с миграцией мужского населения Горного Алтая, представленного длинноголовыми европеоидами (Балабанова, 2010). В своем движении они могли достигнуть Южного Приуралья и Нижнего Поволжья, а продвигаясь в юго-западном направлении включались в качестве отдельных компонентов в состав некоторых народов Средней Азии.



Позднесарматское курганный погребение II – III вв. н.э. Могильник «Аксай-2» (курган 7, погребение 1), Волгоградская обл.

В последние десятилетия XX в. на Нижнем Дону были раскопаны курганы с погребениями в катакомбах, датируемые серединой III – IV вв. н.э. Значительная их часть располагалась на левобережной стороне Дона, преимущественно в бассейне Сала и в междуречье Сала и Дона. Аналогичные памятники были открыты и на правобережье Дона. Исследователи этого типа нижнедонских памятников, отмечая значительные изменения в их погребальном обряде и материальной культуре по сравнению с классической позднесарматской культурой, допускали возможность миграционного их происхождения, в частности, с Северного Кавказа. Катакомбный обряд погребения с середины III в. н.э. на Нижнем Дону наслои́лся на памятники позднесарматской культуры, которые существовали здесь уже в течение века. Курганы с подбойными ямами, наиболее типичные для более ранней здесь позднесарматской культуры, и курганы с катакомбами первоначально существовали чересполосно в пределах одного могильника, но со временем начинали доминировать погребения в катакомбах. С середины III в. н.э. традиции позднесарматской культуры начинают угасать (Безуглов, Копылов, 1989; Безуглов, 2008).

В Южном Приуралье большая часть позднесарматских погребений датируется второй половиной II – первой половиной III вв. Во второй половине III – IV вв. н.э. их количество резко сокращается. М.Г.Мошкова считает, что ко второй половине III в.



Уникальные археологические находки сарматского времени.

(а) Золотые олени. Филипповский курган 1, раннесарматское погребение 2-й пол. V – IV вв. до н.э. Оренбургская область. Раскопки А.Х. Пшеничнюка, 1986–1990 гг.

(б) Серебряная чаша с позолотой. Курганный могильник «Октябрьский», курган 1, среднесарматское погребение I в. н.э. Волгоградская область. Раскопки Е.П. Мыськова, 1995 г.

(в) Бронзовый котел. Среднесарматское погребение I в. н.э. Курганный могильник «Бердия», курган 3, Волгоградская область. Раскопки И.В. Сергацкова, 1991 г.

(г) Парадный кинжал. Среднесарматское погребение I в. н.э. у пос. Дачи под Азовом. Раскопки Е.И. Беспалого, 1986 г.

(д) Надмогильная плита сарматского конного воина Трифона. Танаис, II–III вв. н.э.

(е) Стекланный ритон. Позднесарматское погребение II – III вв. н.э. Курганный могильник у станции Нагавской, курган 11. Волгоградская область. Раскопки Е.П. Мыськова, 1986.

(г)



(e)



(д)



н.э. с уверенностью можно отнести только погребальные комплексы, расположенные в лесостепном пограничье (Темясово) и к началу IV в. н.э. отдельные погребения Дербеневского могильника и один курган у ст. Семиглавый Мар (Мошкова, 2004).

В.Ю.Малашев, предварительно рассмотрев ситуацию, связанную с угасанием позднесарматской культуры на всей территории ее распространения, пришел к выводу, что ее расцвет приходится на вторую половину II – первую половину III вв. На Нижнем Дону и в Северном Причерноморье во второй половине III в. происходит постепенное угасание типичных черт этой культуры. В Южном Приуралье еще встречаются достаточно яркие комплексы позднесарматской культуры второй половины III в. н.э., однако в IV в. н.э. они почти полностью здесь отсутствуют. Памятники IV в. н.э. еще сохраняются в Нижнем Поволжье, но в небольшом количестве и инвентарь их достаточно беден. В.Ю.Малашев справедливо резюмирует, что как целостное явление, позднесарматская культура в IV в. н.э. на большей части степей Восточной Европы исчезает (Малашев, 2009).

Глава 2. ВЕКОВАЯ ДИНАМИКА МОРФОЛОГИЧЕСКИХ, ХИМИЧЕСКИХ, МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ И ЭВОЛЮЦИЯ ПОЧВ В САВРОМАТО-САРМАТСКУЮ ЭПОХУ

2.1. Нижнее Поволжье

На территории Нижнего Поволжья почвенно-археологические исследования курганов проводились в сухих и пустынных степях в подзонах темно-каштановых, каштановых и светло-каштановых почв и в зоне бурых полупустынных почв. Климат региона умеренно континентальный. Его характерными чертами являются большая инсоляция, резкие годовые и суточные амплитуды отдельных показателей (осадки, температура, влажность и др.), короткие переходные сезоны, резкая атмосферная сухость, устойчивость ветров, частые зимние оттепели. Норма атмосферных осадков в сухостепной зоне составляет от 350–370 до 400–450 мм/год, в пустынно-степной – <300 мм/год, а среднегодовая температура 6°С и 8°С соответственно.

Объектами изучения послужили подкурганные палеопочвы савроматского (VI–V вв. до н.э.), ранне-, средне- и позднесарматского (II–I вв. до н.э.; I–II; II–III, III–IV вв. н.э.) времени, а также их современные фоновые аналоги. Раскопки курганов проводились археологическими экспедициями Волгоградского государственного университета, Волгоградского государственного педагогического университета, Самарского государственного педагогического института, Института археологии РАН. Всего исследовано 157 археологических памятников савромато-сарматской эпохи в составе 32 курганных могильников. Они приурочены к различным природным районам и элементам рельефа Приволжской возвышенности (15 могильников), Северных Ергеней (9), Прикаспийской низменности (8) (рис. 1).

В данной главе остановимся на характеристике морфолого-химических и магнитных свойств палеопочв лишь нескольких ключевых объектов (курганных могильников), расположенных в различных природных районах сухих и пустынных степей упомянутых выше геоморфологических областей Нижнего Поволжья. Они приурочены к надпойменным речным террасам, водоразделам и древнеморской равнине. В культурно-хронологичес-

ком аспекте исследованные памятники того или иного могильника чаще относились к различным сочетаниям двух этапов савромато-сарматской эпохи, реже – к одному или трем. В целом же доминировало сочетание курганов средне- (I – 1-я пол. II вв.) и позднесарматского (2-я пол. II – 1-я пол. III вв.) времени. В итоге это позволило получить представления об особенностях пространственно-временной изменчивости свойств палеопочв в савромато-сарматскую эпоху в связи с динамикой увлажнения климата.

Подкурганные палеопочвы, как правило, изучались в серии траншей и разрезов. Это, во-первых, дало возможность оценить степень пространственной вариабельности их морфологических (а следовательно, и химических) свойств и, во-вторых, обеспечить адекватность в выборе исследуемого участка с современными фоновыми аналогами палеопочв. Морфологические и магнитные характеристики представлены средними данными измерений мощности генетических горизонтов, глубины вскипания и залегания солевых горизонтов, величины магнитной восприимчивости и др. Средневзвешенное содержание легкорастворимых солей, гипса и карбонатов для различных слоев палеопочв рассчитывалось с учетом их возможного поступления в гор. A1 и B1 из курганной насыпи (диагенез) (Демкин, 1997). На каждом из исследованных курганных могильников проводился сравнительный анализ морфологических, химических и магнитных свойств погребенных и современных почв, причем разновозрастные памятники находились в непосредственной близости друг от друга с одинаковыми литолого-геоморфологическими условиями.

Сухо степная зона

Приволжская возвышенность

Курганный могильник «Ветютнев», включающий памятники эпох бронзы и раннего железа, расположен у х. Ветютнев Фроловского р-на Волгоградской обл. Территория относится к аккумулятивно-денудационной части возвышенности. В плиоцене она была перекрыта ергенинскими отложениями, а затем подверглась денудации. В настоящее время мощность ергенинских отложений составляет 30–40 м. Абсолютные отметки поверхно-

сти 120–140 м. Участок, где находятся археологические памятники, представляет собой пологий склон к долине Дона. Грунтовые воды залегают на глубине 20–50 м, их минерализация менее 1 г/л. Район входит в зону сухих степей с преобладанием темно-каштановых почв.

Исследованный курган относится к среднесарматской культуре и датируется I в. н.э. Подкурганная палеопочва – темно-каштановая несолонцеватая незасоленная. Почвенно-грунтовая толща до глубины 150 см сложена однородным средним суглинком с содержанием физической глины 30–45%. Со 150 см вскрывается подстилающая порода, представленная желтым тонкозернистым рыхлым песком. Мощность гумусового слоя A1+B 37 см. В настоящее время содержание гумуса в гор. A1 более 1.5%, на момент сооружения курганной насыпи с учетом диагенеза (Демкин, 1997) оно было не менее 4%. Вскипание отмечается с 30 см. Основные запасы карбонатов сосредоточены в слое 37–110 см, имеющем резкие верхнюю и нижнюю границы. Новообразования представлены белоглазкой и пятнами. Средневзвешенное содержание CaCO_3 в двухметровой толще 8.4%. Карбонатность подстилающих песчаных отложений незначительна (менее 2% CaCO_3). До глубины 2 м легкорастворимые соли и гипс в профиле практически отсутствуют, величина плотного остатка колеблется от 0.08 до 0.11% при средневзвешенном содержании в слое 0–2 м 0.1% (рис. 2). Содержание CaSO_4 менее 0.1%. Химизм водной вытяжки, как правило, гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевый. Концентрация хлора не превышает 0.4 мг-экв/100г. В гор. A1 и B

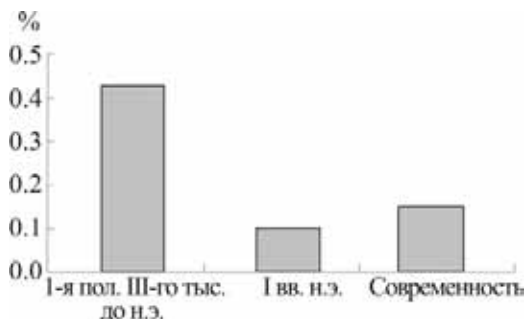


Рис. 2. Динамика средневзвешенного содержания легкорастворимых солей в темно-каштановых почвах объекта «Ветютнев».

емкость поглощения составляет 22 мг-экв/100 г, а глубже снижается до 12–14 мг-экв. Среди обменных катионов натрия отсутствует. Колебания величины рН по профилю весьма незначительны - от 7.4 до 7.6. В заключение отметим, что по сравнению с палеопочвами предшествующей эпохи бронзы, исследованными на этом же могильнике, среднесарматские палеопочвы характеризуются существенно меньшим (на порядок) содержанием солей (рис. 2) и большей гумусированностью.

Разрез фоновой почвы заложен в 30–40 м от исследованных памятников на пахотном участке. Она относится к темно-каштановой несолонцеватой незасоленной. Гранулометрический состав современной почвы такой же как и подкурганной. Содержание гумуса в пахотном слое 2.1%, мощность гор. Апах+В – 40 см. Зона аккумуляции карбонатов приурочена к интервалу 40–100 см, где отмечается максимальное число морфологических выделений углекислого кальция в виде белоглазки и пятен.

Среднепрофильное содержание CaCO_3 чуть превышает 8%. Вскипание отмечается с 33 см. Средневзвешенное содержание легкорастворимых солей в слое 0–2 м в полтора раза превышает такое в подкурганной палеопочве (рис. 2), причем максимальная их концентрация в профиле достигает 0.2% (в палеопочве она в два раза меньше). Тип химизма преимущественно сульфатно-натриевый, концентрация хлоридов не более 0.3 мг-экв/100 г. Содержание гипса не превышает 0.1%. Величина емкости поглощения в верхних горизонтах 24 мг-экв/100 г, в гор. ВС и С – 14–16 мг-экв/100 г. В составе ППК обменного натрия нет. Вглубь профиля несколько увеличивается щелочность – с рН 7.1 (гор. Апах) до 7.8 (гор. С).

Таким образом, подкурганные палеопочвы среднесарматского времени по сравнению с предшествующим периодом и современностью характеризуются существенно меньшим содержанием легкорастворимых солей и большей гумусированностью. Это свидетельствует о более высокой увлажненности климата в исследуемом регионе в I в. н.э.

Курганный могильник «Саломатино» расположен в 5 км к северу от с. Саломатино Камышинского р-на Волгоградской обл. Памятники находятся в краевой плоской части водораздела междуречья рр. Иловли и Б. Казанки на высоком правом коренном бе-

регу р. Иловли. Территория имеет слабый уклон к речной долине с падением высот примерно 5 м на 1 км. Абсолютные отметки поверхности 170–175 м. До глубины 2 м территория сложена двучленными отложениями: с поверхности до 50–60 см залегают покровные лессовидные опесчаненные суглинки, подстилаемые делювиальными ожелезненными оглееными супесчано-суглинистыми отложениями с включениями гальки, щебня. Грунтовые воды залегают глубже 20 м. Участок целинный. В растительном покрове доминируют разнотравно-типчаково-ковыльная и полынно-типчаковая ассоциации с проективным покрытием 90 и 50% соответственно. Почвенный покров комплексный, включает каштановые почвы различной степени засоленности и солонцеватости и солонцы.

Исследованные курганы позднесарматской культуры (2-я пол. II – 1-я пол. III вв. н.э.) приурочены к ареалам каштановых почв и солонцов. Основные свойства подкурганных и современных почв представлены в табл. 2–5. Остановимся на их характеристике.

Таблица 2. Профильные характеристики подкурганных и современных почв объекта «Саломатино»

Показатели	II–III вв. н.э., курган 3	Современ- ность	II–III вв. н.э., курган 4	Современ- ность
Мощность гумусового слоя Ад+А1+В1, см	33	53	26	30
Глубина вскипания, см	33	65	26	30
Глубина залегания легкорастворимых солей, см	47	>170	30	55
Глубина залегания гипса, см	50	>170	60	55
Новообразования оксидов марганца в гор. В1	редкие примазки, точки	нет	редкие примазки	нет
Отношение содержания ила в гор. В1/А1	2.50	2.38	3.30	5.86
Отношение содержания глины в гор. В1/А1	1.62	1.43	2.17	2.00
Почва	K2 ^{CH,CK}	K2 ^{ГЗ}	СН ^{СК}	СН ^{СК}

Таблица 3. Химические свойства подкурганной и современной каштановых почв объекта «Саломатино»

Горизонт, глубина, см	Гумус, %	pH водн.	Сумма солей, %	CaCO ₃ , %	CaSO ₄ , %	Содержание фрак- ций, %	
						<0.001мм	<0.01мм
Каштановая солонцеватая солончаковатая палеопочва, II-III вв. н.э.							
A1к, 0–10	2.12	7.3	0.03	0.0	0.00	12	23
Вк, 10–55	1.41	7.7	0.03	1.1	0.00	17	32
A1, 55–67	1.51	8.7	0.06	1.6	0.00	10	26
B1, 67–88	1.10	9.1	0.08	1.5	0.00	25	42
B2ca, 88–102	0.84	9.3	0.10	12.4	0.04	24	39
D1ca, 102–147	-	8.5	0.39	7.4	0.25	14	23
D2, 147–180	-	8.4	0.27	1.6	0.13	14	26
D3, 180–250	-	8.2	0.13	0.4	0.03	11	28
Современная каштановая несолонцеватая глубоко засоленная почва							
Ад, 0–11	2.77	6.7	0.05	0.0	0.00	8	26
A1, 11–30	1.37	6.5	0.02	0.0	0.00	13	28
B1, 30–53	1.10	7.3	0.04	0.0	0.00	31	40
B2, 53–65	0.76	8.2	0.05	0.9	0.00	18	27
Dca, 65–170	-	8.2	0.33	12.5	0.00	16	28

Гранулометрический состав подкурганной каштановой палеопочвы (K2^{CH,CK}) легко- (гор. A1) и среднесуглинистый (гор. B1 и B2ca), подстилающей породы – легкосуглинистый (табл. 3). Верхняя часть профиля характеризуется резкой текстурной дифференциацией с отношением содержания ила в гор. B1/A1 2.5. Содержание физической глины в солонцовом горизонте превышает

Таблица 4. Состав водной вытяжки подкурганной и современной каштановых почв объекта «Саломатино»

Горизонт, глубина, см	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
	мг-экв/100 г					
Каштановая солонцеватая солончаковатая палеопочва, II–III вв. н.э						
A1к, 0–10	0.20	0.05	0.15	0.14	0.18	0.02
Вк, 10–55	0.24	0.05	0.09	0.20	0.12	0.05
A1, 55–67	0.64	0.10	0.02	0.34	0.22	0.19
B1ca, 67–88	0.68	0.10	0.30	0.20	0.24	0.63
B2ca, 88–102	0.83	0.10	0.42	0.44	0.04	0.87
D1ca, 102–147	0.44	0.59	3.45	1.44	1.04	1.99
D2, 147–180	0.36	2.48	1.55	0.88	1.08	2.43
D3, 180–250	0.36	1.29	0.44	0.72	0.60	0.77
Современная каштановая несолонцеватая глубоко засоленная почва						
Ад, 0–11	0.20	0.05	0.41	0.28	0.28	0.05
A1, 11–30	0.16	0.05	0.08	0.16	0.08	0.04
B1, 30–53	0.24	0.20	0.20	0.32	0.12	0.18
B2, 53–65	0.32	0.20	0.26	0.24	0.24	0.29
Dca, 65–170	0.56	0.20	4.17	1.60	1.04	2.28

40%. В гор. B1 отмечаются редкие примазки и точки оксидов марганца. Мощность гумусового слоя 33 см (табл. 2). Сохранившееся содержание гумуса в гор. A и B1 – 1.51 и 1.10% соответственно. С учетом диагенеза на момент погребения палеопочвы в гор. A1 оно, вероятно, составляло 3–4%. Вскипание отмечается с 33 см. Содержание карбонатов в зоне аккумуляции (гор. B2ca) превышает 12%. Их новообразования представлены пропиткой и мучнистыми формами (гор. D1ca). Прожилки легкорастворимых солей и гипса встречаются с 47 и 50 см соответственно с максимальным их содержанием в гор. D1ca. Тип засоления подстилающей породы (глубже 50 см) изменяется от сульфатно-натриевого до сульфатно-хлоридно-натриевого (табл. 4). Во втором метре почвенно-грунтовой толщи в составе анионов преобладают ионы хлора, концентрация которых достигает 2.5 мг-экв/100 г. Реакция среды щелочная по всему профилю. Максимальные значения

Таблица 5. Состав обменных катионов в подкурганных и современных почвах объекта «Саломатино»

Горизонт, глубина, см	Сумма обменных катионов, мг-экв/100 г	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
		% от суммы			
Каштановая солонцеватая солончаковатая палеопочва, II–III вв. н.э.					
A1, 55–67	20.6	67.5	30.1	0.5	1.9
B1, 67–88	26.0	58.1	36.9	2.3	2.7
Современная каштановая несолонцеватая глубоко засоленная почва					
A1, 11–30	16.0	53.1	43.7	1.3	1.9
B1, 30–53	20.6	67.5	28.6	1.9	2.0
Курганный солонец средний					
A1к, 0–15	15.5	62.6	32.3	1.9	3.2
B1к, 15–34	12.9	49.6	34.9	13.9	1.6
Палеосолонец средний солончаковатый, II–III вв. н.э.					
A1, 34–45	13.7	47.4	38.7	11.7	2.2
B1, 45–60	29.1	39.9	39.9	19.2	1.0
Современный солонец средний солончаковатый					
A1, 0–13	11.9	45.4	45.4	5.9	3.3
B1, 13–30	30.7	47.2	34.9	17.3	0.6

pH (9.1–9.3) отмечаются в гор. B1 и B2ca (табл. 3). В солонцовом горизонте B1 в составе обменных катионов преобладает кальций (около 60%), доля натрия и калия суммарно составляет 5% (табл. 5).

Современная фоновая почва изучалась на целинном участке с разнотравно-типчакково-ковыльной ассоциацией в центре курганной группы. Проективное покрытие травяного растительного покрова 90%. Почва относится к каштановой несолонцеватой глубоко засоленной (K2^{г3}). Ее гранулометрический состав преимущественно легкосуглинистый (табл. 3). Лишь иллювиальный гор. B1 среднесуглинистый с высоким содержанием ила (более 30%). Профиль характеризуется резкой текстурной дифференциацией. Отношение содержания ила в гор. B1/A1 2.38 (табл. 2). Новообразования оксидов марганца в гор. B1 отсутствуют. Мощность гумусового слоя (гор. Ад+A1+B1) 53 см. Содержание гумуса в

гор. Ад около 3%, глубже резко снижается в два раза (гор. А1). Почвенная толща (мощность 65 см) промыта от карбонатов и легкорастворимых солей (табл. 3). Гипс отсутствует во всей исследованной почвенно-грунтовой толще (170 см). Вскипание отмечается с 65 см. Основные запасы карбонатов сосредоточены в подстилающей породе (гор. Dca), где содержание CaCO_3 превышает 12%. Здесь же отмечается наиболее высокое содержание легкорастворимых солей (более 0.3%), их редкие прожилки зафиксированы со 150 см. Тип засоления этого слоя сульфатно-натриевый, концентрация хлоридов в водной вытяжке незначительная и не превышает 0.2 мг-экв/100 г (табл. 4). Реакция среды в верхних горизонтах нейтральная (рН 6.5–7.3), глубже – щелочная (рН 8.2). В составе обменных катионов в гор. А1 и В1 преобладает кальций (53.1 и 67.5% соответственно), доля натрия менее 2% (табл. 5).

Хроноряд солонцов представлен курганной, подкурганной и современной почвами. Изученный памятник расположен в 150 м западнее курганов, приуроченных к ареалу каштановых почв. Мощность курганной насыпи около 40 см, диаметр 20 м. В отличие от ранее рассмотренных объектов за прошедшие ~1800 лет она целиком переработана процессом почвообразования. В результате на перемешанном насыпном материале из верхних горизонтов позднесарматского палеосолонца сформировался типичный солонец средний с элювиально-гумусовым (А1к) и иллювиальным солонцовым (В1к) горизонтами. Следует особо отметить, что на насыпях курганов, сооруженных в ареале каштановых палеопочв, почвообразованием оказалась затронута преимущественно лишь верхняя 10–15-сантиметровая толща (гор. А1к) с формированием к настоящему времени неполноразвитых почв каштанового облика.

Курганный солонец, абсолютный возраст которого ~1800 лет, характеризуется весьма незначительным содержанием карбонатов, легкорастворимых солей и гипса (табл. 6). Реакция среды близка к нейтральной. Содержание гумуса в гор. В1к превышает таковое в гор. А1к (2.02 и 1.26% соответственно), что, как правило, отмечается в солонцах сухих и пустынных степей. В почве хорошо выражена текстурная дифференциация с отношением содержания ила в гор. В1к/А1к 1.60. Сумма обменных катионов невелика (менее 16 мг-экв/100 г). В солонцовом горизонте доля обменного натрия около 14%, а кальция – менее 50%.

Таблица 6. Химические свойства курганного, подкурганного и современного солонцов объекта «Саломатино»

Горизонт, глубина, см	Гумус, %	pH водн.	Сумма солей, %	CaCO ₃ , %	CaSO ₄ , %	Содержание фракций, %	
						<0.001мм	<0.01мм
Курганный солонец средний							
A1к, 0–15	1.26	7.4	0,04	0.0	0.02	15	28
B1к, 15–34	2.02	7.7	0,07	1.2	0.05	24	40
Палеосолонец средний солончаковатый, II–III вв. н.э.							
A1, 34–45	0.76	8.9	0,12	0.5	0.09	11	24
B1, 45–60	1.67	8.8	0,34	1.9	0.02	33	52
B2ca, 60–70	0.30	8.6	0,55	4.6	0.23	29	43
BCca, 70–93	0.20	8.5	0,68	4.0	0.22	24	36
Dг,s, 93–180	-	7.9	1,41	3.6	1.08	10	19
Современный солонец средний солончаковатый							
A1, 0–13	1.29	6.7	0.03	0.0	0.00	7	28
B1, 13–30	1.52	8.6	0.25	2.2	0.00	41	56
B2ca, 30–45	0.70	9.0	0.30	6.4	00.00	30	46
BCca, 45–55	0.50	8.9	0.48	5.9	0.00	26	37
D1г,s, 55–75	-	8.3	1.50	5.5	2.31	11	27
D2, 75–110	-	8.6	0.69	2.1	0.40	11	24
D3г,s, 110–150	-	8.3	1.66	0.0	1.95	4	10

Подкурганный палеосолонец средний солончаковатый (Сн^{ск}) имеет средне-тяжелосуглинистый гранулометрический состав, подстилающая порода супесчаная (табл. 6). Содержание ила в солонцовом гор. B1 превышает 30%. Верхняя часть профиля характеризуется резкой текстурной дифференциацией. Отношение содержания ила в гор. B1/A1 3.30 (табл. 2). Новообразования оксидов марганца в гор. B1 представлены редкими примазками. Мощность гумусового слоя (гор. A1+B1) сравнительно небольшая и составляет в среднем 26 см. Содержание гумуса наиболее высокое в гор. B1 (1.67%), в гор. A1 оно в два раза меньше (табл. 6). С учетом диагенеза на момент погребения палеопочвы в гор. A1 оно, вероятно, не превышало 2.0–2.5%. Вскипание отмечается

с 26 см. Содержание карбонатов в зоне аккумуляции (гор. В2са, ВСса) небольшое (4.0–4.6%). Их новообразования представлены пропиткой. Прожилки легкорастворимых солей и гипса встречаются с 30 и 60 см соответственно. Зона их основной аккумуляции приурочена к гор. Dг,s с содержанием свыше 1%. Тип засоления верхних горизонтов сульфатно-кальциевый, глубже он сменяется на сульфатно-хлоридно-натриевый, причем концентрация ионов хлора в этой толще весьма значительная и достигает почти 14 мг-экв/100 г (табл. 6). В составе катионов здесь резко преобладает натрий. Реакция среды щелочная по всему профилю с максимальными значениями pH 8.8–8.9 (табл. 6). Сумма обменных катионов в гор. В1 более чем в два раза превышает таковую в гор. А1. В их составе в обоих горизонтах преобладают кальций (40–47%) и магний (около 40%) (табл. 5). Доля обменного натрия в солонцовом гор. В1 составляет почти 20%.

Современная фоновая почва изучалась на участке с изрезанной (проективное покрытие 50%) полынно-типчаковой ассоциацией. Она диагностирована как солонец средний солончаковатый. Гранулометрический состав почвы неоднородный (табл. 6). Иллювиальная часть профиля (гор. В1 и В2са) тяжело-суглинистая с содержанием ила 30–41%. Другие горизонты легко- или среднесуглинистые, а подстилающая порода супесчаная. Обращает на себя внимание резкая обедненность илистой фракцией гор. А1 (7%). Верхняя часть профиля характеризуется очень резкой текстурной дифференциацией с отношением содержания ила в гор. В1/А1 5.86 (табл. 1). Новообразования оксидов марганца в гор. В1 отсутствуют. Мощность гумусового слоя (гор. А1+В1) составляет 30 см. Солонец характеризуется низкой гумусированностью. Содержание гумуса в гор. В1 несколько больше, чем в гор. А1 (табл. 6). Вскипание отмечается с 30 см. Содержание карбонатов в зоне аккумуляции (гор. В2са, ВСса) сравнительно небольшое и не превышает 6.5%. Их новообразования представлены пропиткой. Прожилки легкорастворимых солей и скопления кристаллов гипса встречаются с 55 см. Основные запасы легкорастворимых солей и гипса сосредоточены в подстилающей породе (55–150 см), причем с двумя четко выраженными максимумами, приуроченными к гор. D1г,s и D3г,s (табл. 6). Содержание солей и гипса в них превышает 1.5 и 2.0% соответственно. В промежуточном слое

Таблица 7. Состав водной вытяжки курганного, подкурганного и современного солонцов объекта «Саломатино»

Горизонт, глубина, см	HCO ₃ [−]	Cl [−]	SO ₄ ^{2−}	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
	мг-экв/100 г					
Курганный солонец средний						
A1к, 0–15	0.32	0.05	0.14	0.24	0.08	0.17
B1к, 15–34	0.56	0.05	0.33	0.24	0.08	0.60
Палеосолонец средний солончаковатый, II–III вв. н.э.						
A1, 34–45	0.76	0.05	0.75	0.40	0.16	0.97
B1, 45–60	0.16	0.10	4.50	0.68	0.20	3.87
B2ca, 60–70	1.20	5.15	2.23	1.16	0.40	7.00
BCca, 70–93	0.68	9.60	2.79	2.00	1.04	10.00
Dг,s, 93–180	0.40	13.66	9.03	6.36	3.24	13.45
Современный солонец средний солончаковатый						
A1, 0–13	0.20	0.05	0.21	0.08	0.08	0.29
B1, 13–30	1.60	0.20	1.47	0.32	0.24	2.70
B2ca, 30–45	1.84	2.08	0.51	0.80	0.08	3.54
BCca, 45–55	2.20	2.97	1.79	1.00	0.28	5.67
D1г,s, 55–75	0.64	4.16	17.99	11.88	3.56	7.33
D2, 75–110	0.92	6.24	3.58	1.08	0.32	9.33
D3г,s, 110–150	0.32	4.46	20.46	13.28	3.60	8.33

(гор. D2) содержание этих компонентов в 2–5 раз меньше. Тип засоления в зонах аккумуляции солей хлоридно-сульфатно-кальциевый, причем концентрация сульфат-иона заметно доминирует и составляет 18–20 мг-экв/100 г. В гор. B2ca, BCsa и D2 в составе анионов преобладает хлор, а в составе катионов – натрий (табл. 7). За исключением гор. A1 (рН 6.7), реакция среды по всему профилю щелочная с максимумом величины рН 8.9–9.0 в слое аккумуляции карбонатов (гор. B2ca и BCsa) (табл. 6). Сумма обменных катионов в гор. B1 превышает 30 мг-экв/100 г, в гор. A1 она менее 12 мг-экв/100 г (табл. 5). В их составе в обоих горизонтах преобладают кальций (45–47%) и магний (около 35–45%). Доля обменного натрия в солонцовом гор. B1 более 17%.

Таким образом, нами рассмотрены основные морфолого-химические характеристики подкурганных и современных каштановых почв и солонцов. Следует отметить, что изученные свойства почв в той или иной степени претерпевали изменения во времени, которые были обусловлены вековой динамикой климатических условий.

В отличие от современного аналога, средневзвешенное содержание (слой 0–100 см) легкорастворимых солей, гипса и карбонатов в каштановой палеопочве II–III вв. н.э. заметно больше (рис. 3). По сравнению с фоновым, в палеосолонце этого же времени также наблюдается более высокое содержание солей и гипса при близком содержании карбонатов (рис. 4). Весьма чувствительным индикатором степени увлажнения климата в аридных регионах является концентрация ионов хлора и особенности

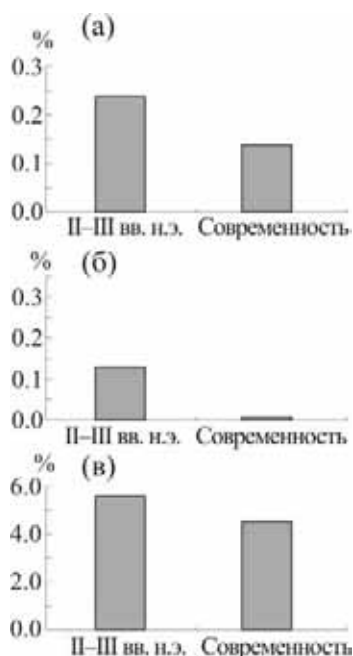


Рис. 3. Средневзвешенное содержание легкорастворимых солей (а), гипса (б) и карбонатов (в) в слое 0–100 см подкурганных и современных каштановых почв объекта «Саломатино».

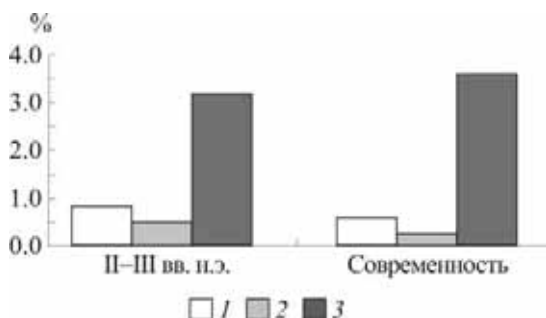


Рис. 4. Средневзвешенное содержание легкорастворимых солей (1), гипса (2) и карбонатов (3) в слое 0–100 см подкурганного и современного солонцов объекта «Саломатино».

его распределения в почвенном профиле. В исследованных разновозрастных каштановых почвах могильника «Саломатино» средневзвешенное содержание хлора в слое 0–100 см за последние 3500 лет существенно изменялось (Бухонов и др., 2011). Так, в палеопочве срубного времени оно составляло 0.06 мг-экв/100 г, позднесарматского – 0.51 мг-экв/100 г, золотоордынского – 0.91 мг-экв/100 г, а в современной почве – 0.09 мг-экв/100 г. В позднесарматском и фоновом солонцах содержание хлора на один-два порядка больше – 8.35 и 3.04 мг-экв/100 г соответственно. Как известно, в Нижнем Поволжье в засушливые климатические эпохи происходит аккумуляция хлоридов в верхней метровой толще почв за счет интенсификации их эолового переноса с акватории Каспийского моря и с поверхности солончаков, а также в результате внутрипочвенной восходящей миграции. Напротив, в гумидные климатические периоды преобладает нисходящая миграция водорастворимых соединений хлора с их накоплением в нижней части почвенного профиля и почвообразующей породе, как правило, глубже 1 м от поверхности.

В отличие от палеопочвы срубного времени (XVI–XV вв. до н.э.), в каштановой позднесарматской палеопочве (II–III вв. н.э.) хорошо выражены признаки солонцеватости. К ним относятся резкая текстурная дифференциация верхней части профиля, мелкопризматическая структура гор. В1 с содержанием в нем обменного натрия около 3%, высокая щелочность в иллювиальном слое (рН более 9). Для данной палеопочвы характерны высокое

залегание верхней границы аккумуляций легкорастворимых солей, гипса и карбонатов. Содержание последних в гор. В2са превышает 12%. Вместе с тем следует отметить сравнительно небольшое содержание в профиле легкорастворимых солей (не более 0.4%) и гипса (менее 0.3%), наличие в гор. В1 редких новообразований оксидов марганца. Сочетание рассмотренных почвенных свойств и признаков свидетельствует о том, что во 2-й половине II – 1-й половине III вв. н.э. имела место аридизация климата, которой предшествовала гумидная климатическая эпоха, продолжавшаяся около 150–200 лет (Демкин и др., 2009, 2010). Об аридизации климата в позднесарматское время свидетельствуют и морфолого-химические свойства палеосолонца. В частности, по сравнению с современным аналогом для него характерны меньшая мощность гумусового слоя, более высокое расположение линии вскипания, заметно большее средневзвешенное содержание легкорастворимых солей (в 1.5 раза), гипса (в 2 раза), хлоридов (почти в 3 раза). Таким образом, степень выявленных качественных и количественных различий между свойствами подкурганных палеопочв и их фоновых аналогов дают основания считать, что среднегодовое количество атмосферных осадков в исследуемом регионе во II–III вв. н.э. было на 30–50 мм меньше, чем в настоящее время.

Курганный могильник «Зензеватка» расположен у с. Зензеватка Ольховского р-на Волгоградской обл. на юге Приволжской возвышенности. Район исследований входит в зону сухих степей с каштановыми почвами. Могильник приурочен к плоской вершине водораздела (бассейн р. Иловли) с абсолютными отметками 100–120 м. Поверхностные отложения представлены лессовидными карбонатными суглинками. Грунтовые воды залегают глубже 20 м. Изучены подкурганные палеопочвы савроматского (конец VI–V и конец V – 1-я пол. IV вв. до н.э.) и среднесарматского (I в. н.э.) времени. Памятники расположены на пашне.

Морфолого-генетический, химические и магнитный анализы разновозрастных почв показали их заметные различия по степени засоленности, карбонатности, солонцеватости, величине магнитной восприимчивости, мощности гумусового горизонта (табл. 8).

Верхняя метровая толща почв имеет средне-тяжелосуглинистый гранулометрический состав, глубже она подстиляется супесча-

Таблица 8. Свойства подкурганных и современных каштановых почв объекта «Зензеватка»

Горизонт, глубина, см	Гумус, %	pH водн.	CaCO ₃	CaSO ₄	Ил, %	Глина %	Плотный остаток %	МВ n×10 ⁻⁵ ед. СИ
Каштановая остаточно-солонцеватая незасоленная палеопочва (курган 5, конец VI-V вв. до н.э.)								
Апах, 0–22	1,93	8,2	1,5	0,00	13	28	0,73	87
Скург, 22–29	0,75	8,5	2,6	0,37	15	24	0,05	49
A1, 29–39	1,06	8,4	1,3	0,00	12	32	0,05	102
B1, 39–58	1,06	8,4	1,5	0,00	25	42	0,04	65
B2 _{Ca} , 58–70	0,96	8,8	9,8	0,07	25	47	0,04	29
BC _{Ca} , 70–135	0,34	8,7	8,0	0,06	19	34	0,08	28
C, 135–240	-	9,1	2,6	0,04	8	16	0,04	17
Каштановая солонцеватая глубоко солончаковая палеопочва (курган 4, конец V – 1-я пол. IV вв. до н.э.)								
Апах, 0–27	1,17	8,5	2,6	0,00	14	38	0,08	78
Скург, 27–32	0,23	8,3	6,2	0,15	17	29	0,04	35
A1, 32–42	1,17	8,3	1,5	0,00	21	37	0,07	109
B1, 42–56	1,12	8,5	1,5	0,00	23	50	0,07	90
B2 _{Ca} , 56–72	0,52	8,1	9,1	0,29	26	49	0,05	31
BC _{Ca} , 72–132	0,52	8,4	7,0	0,62	22	39	0,41	25
C, 132–161	-	8,1	5,2	0,56	22	40	0,31	26
Cg,s, 161–225	-	8,5	3,6	1,52	15	26	0,81	26
Каштановая остаточно-солонцеватая незасоленная палеопочва (курган 6, I в. н.э.)								
Апах, 0–23	1,48	8,3	1,3	0,00	13	27	0,04	96
Скург, 23–30	0,76	8,6	3,1	0,00	12	22	0,06	46
A1, 30–42	1,67	8,5	1,5	0,00	11	21	0,03	86
B1, 42–70	1,12	8,4	1,0	0,00	18	33	0,05	77
B2 _{Ca} , 70–82	0,91	8,7	7,2	0,00	21	39	0,03	38
BC _{Ca} , 82–130	0,55	9,1	11,4	0,04	23	41	0,06	27
C, 130–200	-	8,5	1,5	0,04	8	16	0,04	19
Современная каштановая солонцеватая глубоко засоленная почва								
Апах, 0–35	1,48	6,8	0,0	0,00	23	43	0,13	88
B1, 35–43	1,06	7,8	1,5	0,00	25	44	0,07	50
B2 _{Ca} , 43–53	0,96	8,5	7,5	0,00	22	42	0,08	32
BC _{Ca} , 53–130	0,55	8,8	8,3	0,03	21	39	0,07	24
C, 130–172	-	9,0	2,3	0,25	5	10	0,04	13
Cg,s, 72–190	-	8,2	1,0	3,79	6	12	0,61	14

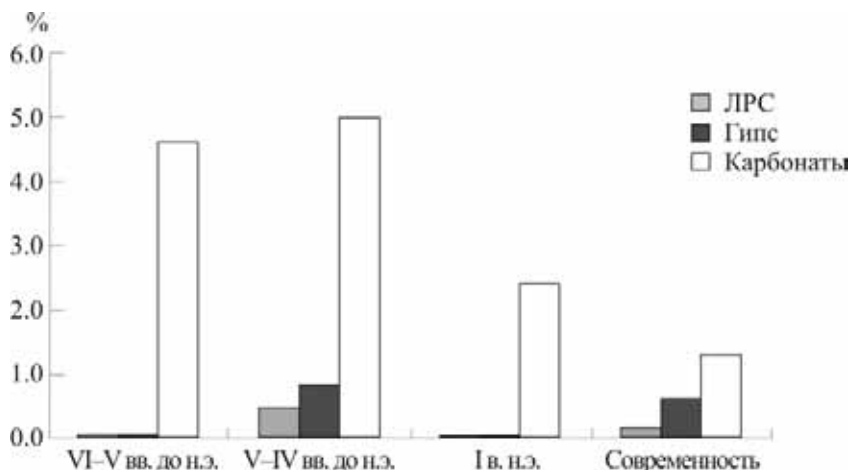


Рис. 5. Динамика средневзвешенного содержания легкорастворимых солей (А, слой 0-200 см), гипса (Б, слой 0-200 см) и карбонатов (В, слой 0-50 см) в каштановых почвах объекта «Зензеватка».

ными или песчаными отложениями. Реакция среды щелочная, величина рН колеблется в пределах 8.3–9.1. Магнитная восприимчивость в гор. А1 изменяется от 85 до 110 единиц СИ. В современной почве и палеопочве позднего этапа савроматской культуры (конец V – 1-я пол. IV вв. до н.э.) к нижней части профиля приурочены солевая и гипсовая аккумуляции с содержанием этих компонентов 0.6 и 0.8, 1.5 и 3.8% соответственно. Линия вскипания наиболее высоко расположена в палеопочве V–IV вв. до н.э. (20 см), в среднесарматской и современной почвах вскипание отмечается с 40 см. Максимальное содержание гумуса в гор. А1 зафиксировано в палеопочве I в. н.э. (1.67%), исходно с учетом диагенеза оно, вероятно, составляло не менее 4%. На протяжении рассматриваемого хроноинтервала (конец VI в. до н.э. – современность) наблюдалась существенная динамика средневзвешенного содержания легкорастворимых солей, гипса и карбонатов (рис. 5). Палеопочвы VI-V вв. до н.э. и I в. н.э. характеризовались практически отсутствием солей и гипса в двухметровой толще (менее 0.1%). Наиболее засоленной была палеопочва V–IV вв. до н.э., в которой содержание этих компонентов было на порядок больше. Для современной каштановой почве характерно высокое средневзвешенное содержание гипса (0.6%) при сравнительно низких значе-

ниях количества гумуса (гор. Апах), легкорастворимых солей и карбонатов, что является следствием распашки участка.

Таким образом, сравнительный анализ морфологических и химических свойств разновозрастных подкурганых и современных каштановых почв свидетельствует об их существенной изменчивости в течение последних 2500 лет, которые обуславливали эволюционные преобразования почв на уровне родовых и видовых признаков. В частности, происходила периодическая смена актуальной и остаточной солонцеватости, засоление профиля сменялось его рассолением, уменьшалось или увеличивалось содержание гумуса в гор. А1. Основной причиной степени развития и направленности упомянутых элементарных почвенных процессов являлась вековая динамика увлаженности климата в регионе. Полученные данные дают основания считать, что на протяжении савроматского времени сравнительно влажный климатический период в конце V – 1-й пол. IV вв. до н.э. сменился засушливым. Очередной микроплювиал приходился на I в. н.э. Мы полагаем, что вековая динамика среднегодового количества атмосферных осадков в ту или иную сторону не превышала 50 мм, так как на протяжении исследованного хроноинтервала эволюционные изменения палеопочв на уровне типа (подтипа) не зафиксированы.

Курганные могильники «Ольховка» и «Гусевка» расположены рядом на склоне и вершине водораздела рр. Иловли и Ольховки в 5 км к северо-востоку от пос. Ольховка Волгоградской обл. В геоморфологическом отношении исследуемый регион приурочен к южной части Иловлинско-Волжской пластово-ярусной возвышенности, входящей в состав Приволжской возвышенности. Характерная черта этой части возвышенности - наличие ступенчатого рельефа. Коренными породами являются отложения верхнего и нижнего ярусов меловой системы, представляющие собой железистые песчаники, темно-серые и серые глины, мергели. Они перекрыты маломощным чехлом лессовидных суглинков, являющихся почвообразующими породами. Абсолютные высоты территории, где расположены курганы, составляют 120-140 м. Перепад высот 10 м на 1 км. Угодье представляет собой залежь с разнотравно-полянно-злаковой ассоциацией. Проективное покрытие близко к 100%. В современном почвенном покрове доминируют каштановые почвы.

Таблица 9. Химические свойства подкурганных и современных каштановых почв объектов «Ольховка» и «Гусевка»

Горизонт, глубина, см	Гумус, %	pH водн.	CaCO ₃ , %	Сумма солей, %	Содержание фрак- ций, %	
					<0.001мм	<0.01мм
Каштановая несолонцеватая незасоленная палеопочва, V в. до н.э.						
A1, 0–9	1.43	8.3	1,3	0,07	20	38
B, 9–32	1.17	8.5	1,5	0,08	33	49
BC, 32–74	-	8.4	4,2	0,08	27	45
Cca, 74–128	-	8.8	7,4	0,10	27	41
C, 128–200	-	8.4	5,4	0,18	23	37
Каштановая несолонцеватая незасоленная палеопочва, I в. н.э.						
A1, 0–12	1.00	8.3	0.8	0.05	22	37
B1, 12–37	0.98	8.4	1.3	0.10	20	44
B2ca, 37–61	-	8.4	9.5	0.35	23	39
BCca, 61–95	-	8.8	8.9	0.14	32	39
C, 95–200	-	8.5	3.7	0.07	22	39
Каштановая слабо солонцеватая глубоко солончаковатая палеопочва, конец I – I-я пол. II вв. н.э.						
A1, 0–10	1.06	8.2	1.2	0.06	18	36
B1, 10–30	1.16	8.3	1.7	0.07	25	44
B2, 30–42	0.9	8.4	2.0	0.36	25	38
BCca, 42–87	-	8.5	9.5	0.23	23	44
Cca, 87–137	-	8.5	7.4	0.09	23	34
C, 137–200	-	8.4	6.0	0.12	25	38
Современная каштановая несолонцеватая незасоленная почва						
Апах, 0–27	2.18	7.3	0.5	0,05	26	45
B, 27–45	1.36	7.9	1.9	0,08	25	48
BCca, 45–115	-	8.7	10.0	0,24	25	38
Cca, 115–200	-	8.7	7.5	0,13	24	35

Объектами исследований послужили подкурганные каштановые палеопочвы савроматского (V в. до н.э.) и среднесарматского (I и конец I – I-я пол. II вв. н.э.) времени и их фоновые аналоги (табл. 9). Гипс в двухметровой толще всех почв отсутствует.

Содержание легкорастворимых солей в слоях максимального накопления не превышает 0.4%. При этом их минимальное количество (не более 0.2%) отмечено в савроматской палеопочве. Средневзвешенное содержание солей во всех почвах хроноряда практически одинаково – 0.12-0.15%, но при этом их максимум в савроматской палеопочве приурочен к нижней части профиля (гор. С), а в среднесарматских – к гор. В2. В связи со сказанным следует отметить, что изученные на этом же могильнике палеопочвы катакомбного времени (2-я пол. III тыс. до н.э.) оказались более засоленными с содержанием солей в профиле глубже 30 см 0.4-0.7%. Палеопочва V в. до н.э. характеризуется наибольшим содержанием гумуса (табл. 9), причем с учетом диагенетических потерь исходно оно, вероятно, достигало 5%. В среднесарматское время содержание гумуса в гор. А1 палеопочв было сравнительно высоким, но не превышало 3-4%. Минимальное средневзвешенное содержание карбонатов в слое 0-100 см отмечено в палеопочве савроматского времени (4.2%), в среднесарматских и современной почвах оно практически одинаково – 5.9 и 6.3% соответственно. Признаки солонцеватости (призматическая структура гор. В1, дифференциация по содержанию ила, отмытые грани структурных отдельностей, наличие кутан, коричневый цвет) отмечаются лишь в подкурганной каштановой палеопочве, погребенной в конце I – 1-й пол. II вв. н.э.

Таким образом, рассмотренные данные дают основания полагать, что в исследованном регионе как в V в. до н.э., так и в I в. н.э. климатические условия были относительно влажными. Вместе с тем, в конце I – 1-й пол. II вв. н.э. наметилась тенденция нарастания засушливости климата.

Курганный могильник «Авиловский» расположен на юге возвышенности (сухостепная зона) в 1 км к западу от с. Авилов Иловлинского р-на Волгоградской обл. на высокой правобережной первой надпойменной террасе р. Иловли (левый приток Дона). Абсолютные отметки поверхности 50–60 м. Терраса расчленена многочисленными оврагами и балками, что обеспечивает хорошие условия дренированности плакорных участков и глубокое (более 10 м) залегание грунтовых вод, которые имеют незначительную минерализацию (менее 1 г/л) и гидрокарбонатно-натриевый состав. Почвообразующими породами являются по-

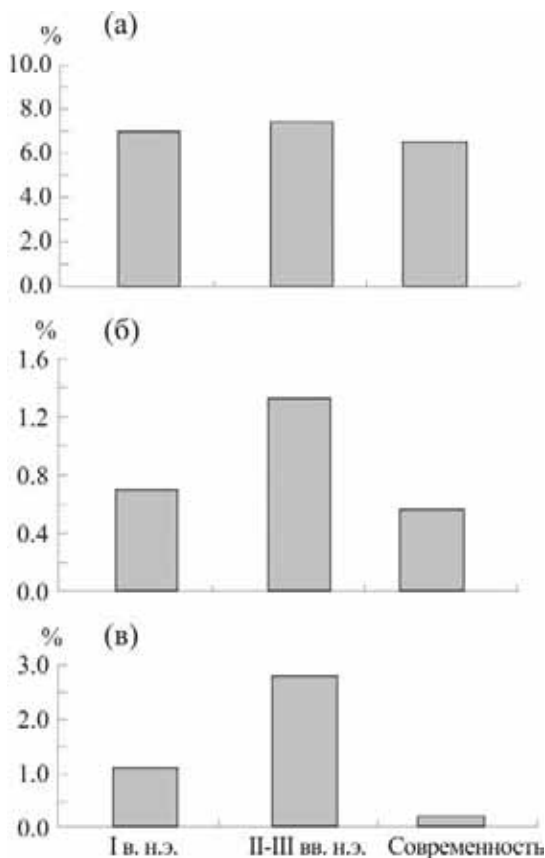


Рис. 6. Динамика средневзвешенного содержания карбонатов в слое 0–50 см (а), легкорастворимых солей в слое 0–200 см (б) и гипса в слое 0–100 см (в) в почвах объекта «Авиловский».

кровные лессовидные суглинки мощностью 4–5 м и более, подстилаемые мелкозернистыми песками аллювиального происхождения. Естественный растительный покров представлен белопопынно-злаковой и белопопынно-ромашниково-злаковой ассоциациями. В современном почвенном покрове террасы доминируют каштановые солонцеватые засоленные почвы.

Исследованные курганы относятся к среднему и позднему этапам развития сарматской культуры и датируются I и 2-й пол. II – 1-й пол. III вв. н.э. Подкурганные и современные фоновые поч-

вы диагностированы как каштановые солонцеватые различной степени засоленности. Морфологические, химические и магнитные характеристики почв исследованного хроноряда свидетельствуют, что большинство из них претерпевали заметные изменения. Прежде всего это касается содержания и профильного распределения легкорастворимых солей, гипса и карбонатов. В зависимости от растворимости и миграционной активности расчетные толщи средневзвешенного содержания солей, гипса и CaCO_3 соответственно составили 0–200, 0–100 и 0–50 см. По сравнению со среднесарматской в позднесарматской палеопочве отмечается увеличение содержания этих компонентов соответственно в 1,9, 2,7 и 1,2 раза (рис. 6). Это свидетельствует о том, что в сухостепной зоне Приволжской возвышенности во II–III вв. н.э. климатические условия стали более засушливыми, чем в I в. н.э. Именно аридизация климата явилась причиной перераспределения в почвенно-грунтовой толще солей, гипса и карбонатов и перемещения их аккумуляций ближе к поверхности. Подтверждением сказанному является и резкое снижение величины магнитной восприимчивости в гор. А1 исследованных палеопочв с 76 до $46 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ. По степени атмосферной увлажненности современную эпоху можно считать более гумидной по сравнению со II–III вв. н.э., но более засушливой, чем в I в. н.э.

Ергенинская возвышенность

Курганный могильник «Аксай-3» расположен в северной части возвышенности в 2,5 км юго-восточнее с. Аксай Октябрьского р-на Волгоградской обл. Он приурочен к плоской вершине водораздела рр. Аксай и Россось с абсолютными отметками 100–110 м. Почвообразующими породами являются карбонатные засоленные лессовидные суглинки. Грунтовые воды залегают на глубине 30 м. Растительный покров представлен полынно-злаковой ассоциацией. Проективное покрытие 50–70%. В современном почвенном покрове преобладают каштановые почвы различной степени солонцеватости и засоленности и солонцы.

Сооружение исследованных курганов датируется I в. н.э. (среднесарматская культура). Они находятся на пахотном участке. Остановимся на характеристике палеопочв наиболее крупного из них (№3, высота около 1,5 м, диаметр 30 м).

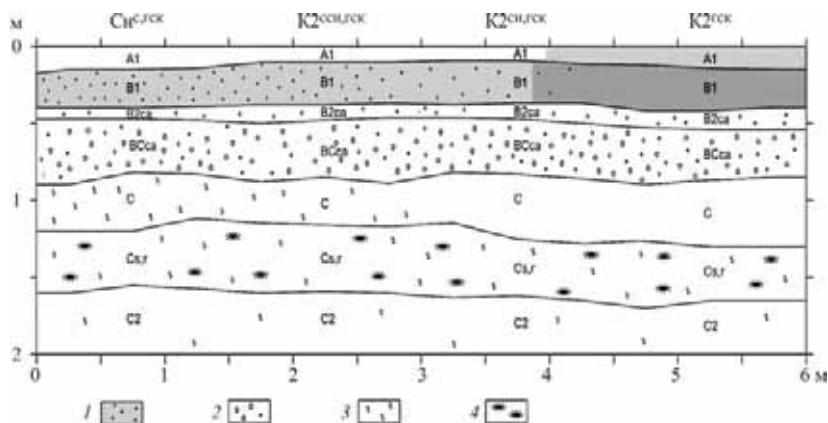


Рис. 7. Морфолого-стратиграфическое строение палеопочв солонцового комплекса I в. н.э.

Палеопочвы: $Sn^{c,гск}$ – солонец средний глубокосолончаковатый, $K2^{сн,гск}$ – каштановая сильносолонцеватая глубокосолончаковатая, $K2^{сн,гск}$ – каштановая среднесолонцеватая глубокосолончаковатая, $K2^{гск}$ – каштановая несолонцеватая глубокосолончаковатая почвы). 1 – новообразования оксидов Mn; 2 – белоглазка; 3 – прожилки ЛРС; 4 – скопления кристаллов гипса.

Под насыпью кургана был исследован погребенный солонцовый комплекс, представленный палеосолонцом средним глубоко солончаковатым и каштановыми глубоко солончаковатыми палеопочвами различной степени солонцеватости (рис. 7). Изучение подкурганнх почв проводилось в траншее длиной 6 м.

Данные нивелировки древней поверхности свидетельствуют о ее выровненности, перепады высот на протяжении 6 м составляют всего лишь ± 2 см. Однако при этом обнаруживаются заметные различия в облике и свойствах палеопочв, приуроченных к исследованному участку. В частности, для каштановых солонцеватых и несолонцеватых палеопочв характерно наличие выщелоченного гор. С. В палеосолонце и сильносолонцеватой палеопочве в этом слое отмечается накопление легкорастворимых солей в виде прожилок. Средневзвешенное содержание легкорастворимых солей и гипса в слое 0–200 см не превышает 0.7 и 1.5% соответственно. В иллювиальном гор. В1 фиксируются новообразования оксидов марганца в виде примазок по граням структурных отдельностей, причем их количество заметно умень-

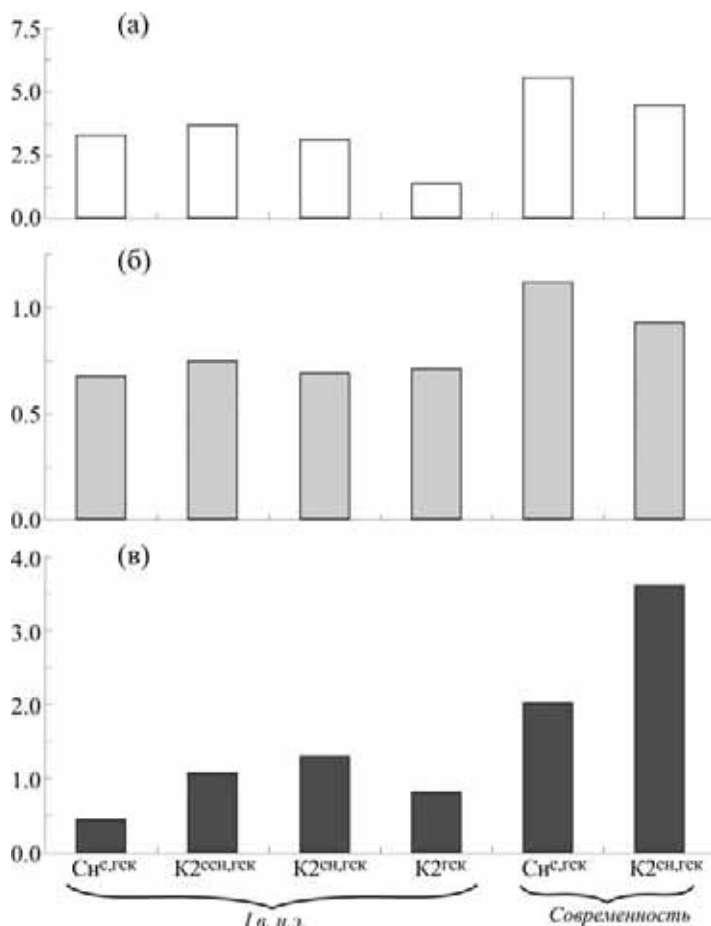


Рис. 8. Средневзвешанное содержание карбонатов в слое 0–50 см (а), легкорастворимых солей в слое 0–200 см (б) и гипса в слое 0–200 см (в) в подзурганнх и современных почвах объекта «Аксай-3».

шается по мере ослабления солонцеватости, а в каштановой несолонцеватой палеопочве они вовсе отсутствуют. Средневзвешенное содержание карбонатов в верхней полуметровой толще палеопочв заметно варьирует от 1.4 до 3.7% (рис. 8). Верхняя часть профиля палеопочв текстурно-дифференцирована, отношение содержания ила в гор. А1/гор. В1 колеблется от 2.1 до 2.8. Сохранившееся содержание гумуса составляет 0.4–0.7. Величина маг-

нитной восприимчивости в гумусовом слое достигает $60\text{--}63 \times 10^{-5}$ единиц СИ.

Исследованный современный солонцовый комплекс представлен солонцом средним солончаковатым и каштановой солонцеватой глубоко солончаковатой почвой. Содержание гумуса в верхних горизонтах этих почв 1.2–2.0%. Новообразования оксидов марганца в гор. В1 отсутствуют. Для почв характерно сравнительно высокое залегание аккумуляций легкорастворимых солей и гипса (с 75–100 см). Их средневзвешенное содержание в двухметровой толще достигает 1% и более и 2-3% и более соответственно (рис. 8). Средневзвешенное содержание карбонатов в слое 0–50 см около 5%. Максимальная величина магнитной восприимчивости в верхних горизонтах не превышает 55×10^{-5} единиц СИ.

Таким образом, полученные палеопочвенные данные дают основания считать, что в I в. н.э. в сухих степях Северных Ергеней климатические условия были более влажными по сравнению с современностью. Это подтверждается такими особенностями свойств подкурганных палеопочв, как наличие новообразований оксидов марганца в гор. В1, выщелоченность верхних горизонтов от карбонатов, сравнительно высокими значениями магнитной восприимчивости, меньшими запасами и более глубоким залеганием аккумуляций легкорастворимых солей и гипса, чем в фоновых почвах. Однако ряд характеристик состояния микробного сообщества палеопочв (Ельцов и др., 2012) свидетельствуют о появлении тенденции усиления засушливости климата. Это дает основания полагать, что сооружение кургана №3 приходилось на 2-ю пол. I в. н.э.

Курганный могильник «Перегрузное» находится на западном склоне Северных Ергеней в пределах сухостепной зоны (подзона каштановых почв) на плоском межбалочном водоразделе у с. Перегрузное Октябрьского р-на Волгоградской обл. (в 100 км к юго-западу от г. Волгограда) (рис. 9). Характерными природными особенностями района являются: лессовидные суглинистые почвообразующие породы, засоленная и карбонатная почвенно-грунтовая толща, расчлененность рельефа, сравнительно хорошие условия дренированности, комплексный почвенно-растительный покров. В составе комплексов доминируют кашта-



Рис. 9. Участок исследований на топографической карте 1961 г.

новые почвы различной степени солонцеватости и засоленности и солонцы. Естественный растительный покров представлен типчаково-полынной ассоциацией.

Время сооружения изученных курганов относится ко II–I вв. до н.э. (раннесарматская культура), I–II и II–III вв. н.э. (средне- и позднесарматская культуры соответственно). Морфолого-стратиграфические особенности и химические характеристики погребенных почв дают основания считать, что в конце I тыс. до н.э. – в первые века новой эры в исследуемом районе существовали сухостепные ландшафты, а следовательно, условия почвообразования были близки современным (Борисов и др., 2002). Вместе с тем, сравнительный анализ отдельных свойств разновозрастных каштановых палеопочв и палеосолонцов свидетельствует об их заметной временной динамике.

Остановимся на результатах исследований педохроноряда, представленного палеосолонцами, погребенными в раннесарматское (II – I вв. до н.э.) и среднесарматское (I – 1-я пол. II вв. н.э.) время (могильник «Перегрузное-2009»). Сравнительный анализ свойств почв изученного хроноряда (табл. 10) дает основания считать, что в исследуемом регионе климатические условия в конце I тыс. до н.э. – начале I тыс. н.э. были более влажными по сравнению с современностью. Это подтверждается следующими данными

Таблица 10. Профильные характеристики подкурганных и современной почв объекта «Перегрузное-2009» (средние данные)

Показатели	Время		
	II – I вв. до н.э.	I – I-я пол. II вв. н.э.	Современ- ность
Мощность гумусового слоя A1+B1, см	29	25	20
Глубина вскипания, см	29	25	20
Глубина залегания аккумуля- ции легкорастворимых солей, см	>180	100	65
Глубина залегания аккумуля- ции гипса, см	>180	100	65
Средневзвешенное содержа- ние CaCO ₃ в слое 0–50 см, %	8.6	8.6	9.8
Средневзвешенное содержа- ние легкорастворимых солей в слое 0–100 см, %	0.19	0.45	0.61
Средневзвешенное содержа- ние гипса в слое 0–100 см, %	0.08	0.44	0.23
Новообразования оксидов марганца в гор. B1	Обильные точки, примазки	Обильные точки, примазки	Отсутст- вуют
Магнитная восприимчивость, $n \times 10^{-5}$ ед. СИ:			
гор. A1	76	53	48
гор. B1	90	76	65
Почва	Солонец выщело- ченный	Солонец глубоко солон- чаковатый	Солонец солон- чаковатый

ми. Палеосолонцы в отличие от их фоновых современных аналогов характеризуются большей выщелоченностью профиля от легкорастворимых солей и гипса, большей глубиной залегания их аккумуляций и линии вскипания, более высокими значениями магнитной восприимчивости в гор. A1 и B1, наличием в солонцовом гор. B1 обильных новообразований оксидов марганца и его красновато-бурым цветом, большей мощностью гумусового слоя A1+B1. Чрезвычайно важно отметить, что нами впервые в Волго-Донском междуречье исследованы подкурганные палеопочвы

финального этапа существования раннесарматской культуры (II – I вв. до н.э.). Это позволило заметно расширить, уточнить и детализировать предложенную нами ранее реконструкцию вековой динамики климата степей Нижнего Поволжья в сарматское время (Демкин и др., 2009). Во-первых, полученные новые палеопочвенные материалы свидетельствуют, что гумидизация климата имела место не только в I в. н.э. («среднесарматский микроплювиал»), но и в I в. до н.э., а возможно и несколько ранее (2-я пол. II в. до н.э.). Этот вывод подтверждается результатами исследований раннесарматского палеосолонца. В этот период среднегодовая норма атмосферных осадков превышала современные показатели не менее чем на 40–50 мм. Следовательно, продолжительность сравнительно влажной климатической эпохи составляла около 200 лет. Во-вторых, сравнительный анализ морфолого-химических и магнитных свойств изученных палеосолонцов ранне- и среднесарматского времени показывает ряд их заметных различий. В частности, среднесарматские палеопочвы характеризуются большей засоленностью профиля, более близким залеганием к поверхности аккумуляций легкорастворимых солей и гипса, а также линии вскипания, меньшими величинами магнитной восприимчивости в гор. A1 и B1. Эти факты свидетельствуют о том, что палеосолонцы, погребенные под курганами, датируемыми по материалам раскопок I – 1-й пол. II вв. н.э., развивались в климатических условиях, более засушливых по сравнению с I в. до н.э. Однако в данном случае необходимо учитывать точность имеющейся археологической датировки конкретных изученных памятников, которая охватывает довольно продолжительный хроноинтервал в 150 лет. В связи с этим важно обратить внимание на следующее. Исследования подкурганных палеопочв позднесарматского времени, проведенные нами ранее на территории Ергенинской, в том числе и могильника «Перегрузное» (Борисов и др., 2002), и Приволжской возвышенностей (Демкин и др., 2008, 2009; Демкина и др., 2009), а также Прикаспийской низменности (Демкин и др., 2004а, 2004б, 2009) показали, что во 2-й пол. II – 1-й пол. III вв. н.э. климатические условия в регионе были более засушливыми по сравнению с предшествующей эпохой со снижением среднегодового количества атмосферных осадков примерно на 50 мм. При этом каштановые палеопочвы этого периода весьма существенно отличались от среднесарматских палеопочв.



Рис. 10. Раскопки кургана №45 (могильник «Перегрузное-2010»).

Учитывая эти данные, а также материалы изучения подкурганного педохроноряда палеосолонцов, мы имеем основания полагать, что сооружение среднесарматских курганов могильника «Перегрузное-2009» скорее всего имело место в конце I – начале II вв. н.э. В свете полученных данных вековая динамика степени увлажненности климата в рассматриваемую эпоху в сухостепной зоне Северных Ергеней представляется в следующем виде: 2-я пол. II в. до н.э. – I в. н.э. – плювиальный период; конец I – 1-я пол. II вв. н.э. – усиление засушливости; 2-я пол. II – 1-я пол. III вв. н.э. – аридный период.

В составе могильника «Перегрузное» особый интерес представляет один из наиболее крупных курганов №45 (рис. 10) (Демкин и др., 2012б). По археологическим материалам время его сооружения относится к I в. н.э. (среднесарматская культура). Высота насыпи в настоящее время более 1 м, диаметр около 40 м. Следует отметить, что исходные размеры кургана претерпели существенные изменения вследствие современного антропогенного воздействия. По данным топографической карты издания 1961 г. (рис. 9) его высота составляла более 2 м. Распашка участка, где расположены памятники, началась в 1969 г. Не вызывает сомнений, что ей предшествовала мелиоративная планировка поверхности со срезкой верхней части курганных насыпей. В частности, центральная часть насыпи кургана №45 была срезана не

менее чем на 1 м, что подтверждается наличием вокруг кургана ареала не нарушенного почвенного покрова шириной до 10–15 м, погребенного под пахотным и перемещенным почвенно-грунтовым слоем мощностью 30–35 см и более. Планировке подверглись и расположенные неподалеку небольшие курганные насыпи, что привело к вовлечению в пахотный слой верхних горизонтов палеопочв нескольких исследованных памятников.

Насыпью кургана №45 на значительной площади (около 1000 м²) перекрыт древний комплексный почвенный покров среднесарматского времени, представленный мелкими и средними палеосолонцами, каштановыми солонцеватыми и несолонцеватыми и луговато-каштановыми палеопочвами. Подобного рода объект впервые исследован в степях Нижнего Поволжья. По профилю пяти курганных бровок проведена нивелировка (через 0.5 м) древней поверхности с фиксацией границ различных палеопочвенных контуров. Это дало возможность впервые, причем для достаточно крупного участка площадью более 300 м², составить гипсометрическую и палеопочвенную карты (рис. 11). Остановимся на их характеристике. Максимальный перепад высот в пределах исследуемого участка 40–45 см, причем могильная яма приурочена к микроповышению. Микрорельеф выражен слабо, хотя для структуры палеопочвенного покрова характерна резкая контрастность с формированием трехчленного солонцового комплекса. При этом не наблюдается обычной строгой приуроченности различных почвенных типов к элементам микрорельефа, когда на микроповышениях развиты солонцы, на микросклонах – зональные каштановые почвы, а в микрозападинах – луговато-каштановые почвы. Как видно на карте, доминирующее положение в составе палеопочвенного покрова занимают солонцы, а также каштановые почвы различной степени солонцеватости. Последние приурочены к наиболее повышенному участку поверхности. Ареалы луговато-каштановых палеопочв не всегда совпадают с микродепрессиями рельефа. На наш взгляд, подобного рода инверсии в структуре почвенного покрова обусловлены развитием микрорельефа с трансформацией, денудацией и планировкой его отдельных элементов. Эти процессы обычно усиливаются в периоды с повышенной среднегодовой нормой атмосферных осадков, когда возрастает мощность снежного покрова, а следовательно, усиливается поверхностный водный сток при ве-

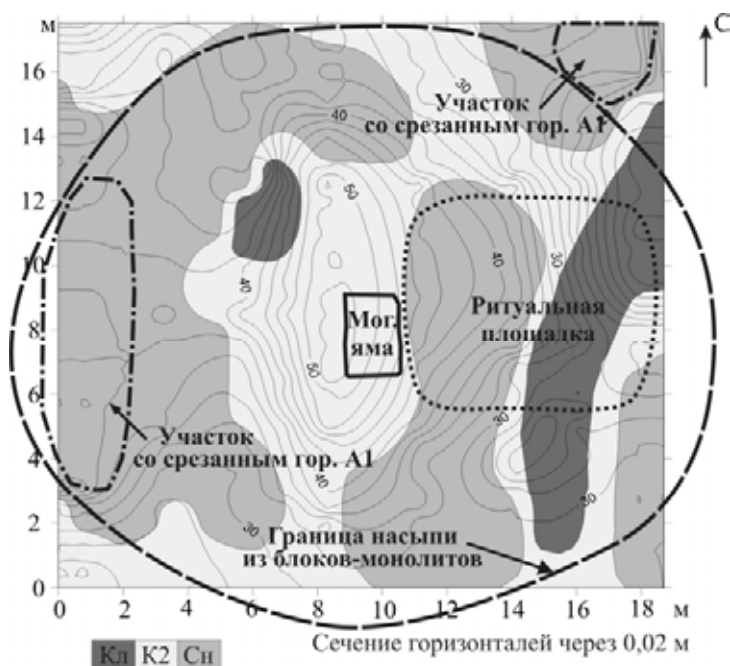


Рис. 11. Топоплан древней поверхности, палеопочвенный покров и почвенно-грунтовые конструкции кургана №45. Палеопочвы: Кл – луговато-каштановые; К2 – каштановые; Сп – солонцы.

сеннем снеготаянии. В результате происходит более активный снос мелкоземистого материала с повышенных и склоновых участков микрорельефа в понижения. Явление несоответствия приуроченности почв к элементам микрорельефа зафиксировано нами при изучении близ расположенного курганный могильника «Акса́й-3» (курган 3, I в. н.э.), где к выровненному участку древней поверхности с перепадом высот всего лишь ± 2 см были приурочены палеосолонцы и каштановые палеопочвы различной степени солонцеватости. Таким образом, мы полагаем, что в I в. до н.э. – I в. н. э. в результате повышения увлажненности климата (Демкин и др., 2010), скорее всего за счет увеличения количества атмосферных осадков в зимний период, в сухих степях Северных Ергеней происходила планировка поверхности плакорных (водораздельных) участков рельефа с преобразованием бугорково-западинного типа микрорельефа в элементы нанорельефа с по-

следующим возникновением инверсий в составе палеопочвенного покрова. Важно отметить, что для современной целинной поверхности изучаемого района характерен бугорковый тип микрорельефа, представляющий собой сочетание выровненной поверхности с бутанами (бугорками) животных-землероев (преимущественно суслик малый).

Исследования подкурганных палеопочв проводились в траншее (длина около 4 м) и серии разрезов, что позволило получить детальную характеристику морфологических и химических свойств упомянутых выше палеопочв и выявить закономерности их пространственной изменчивости. Современные фоновые каштановые почвы и солонцы изучены в нескольких разрезах на прилегающем к пашне целинном участке в 200 м от кургана №45. Основные морфологические, химические и магнитные характеристики исследованных почв приведены в таблицах 11–15. Остановимся на наиболее важных и информативных результатах сравнительного анализа различных свойств подкурганных и современных почв.

Прежде всего следует отметить, что по некоторым морфолого-химическим параметрам погребенные и современные солонцы и каштановые почвы достаточно близки. Это касается гранулометрического состава (средне-тяжелосуглинистый), мощности гумусового слоя (гор. A1+B1), глубины вскипания, средне-взвешенного содержания карбонатов и легкорастворимых солей (слой 0–150 см), а также гипса (слой 0–100 см), за исключением современного мелкого солонца, где оно на порядок выше. Палеосолонцы отличаются наиболее резкой дифференциацией верхней части профиля по содержанию ила, где отношение его количества в гор. B1/A1 составляет около 7. Подкурганные палеопочвы характеризовались большей гумусированностью, в частности, содержание гумуса в гор. A1 и B1 как минимум в 1.5–2 раза превышало современные показатели. Реакция среды погребенных почв менее щелочная, чем современных, величина pH по генетическим горизонтам колеблется в пределах 7.6–8.4 и 7.9–9.1 соответственно. Весьма интересным представляется наличие в иллювиальном гор. B1 подкурганных солонцов и солонцеватых каштановых почв новообразований оксидов марганца биогенного (бактериального) происхождения, причем их количество постепенно снижается в ряду солонец мелкий – солонец средний – каштановая солонцеватая почва. В каштановых несолонцеватых палео-

Таблица 11. Профильные характеристики подкурганных палеопочв среднесарматского времени (курган №45)

Показатели	Почвы				
	Сн ^{м,ск}	Сн ^{ср,ск}	К2 ^{сн,гск}	К2 ^{гск}	Кл ^{гз}
Мощность гумусового слоя (гор. А1+В1), см	26	31	32	35	40
Глубина вскипания, см	23	26	27	25	29
Глубина залегания аккумуляции легкорастворимых солей, см	50	55	90	95	155
Глубина залегания аккумуляции гипса, см	95	95	90	95	155
Средневзвешенное содержание СаСО ₃ (%) в слоях: 0–50 см 0–150 см	9.1 9.0	8.6 8.8	9.2 9.3	8.1 9.1	7.3 9.1
Средневзвешенное содержание легкорастворимых солей в слое 0–150 см, %	0.71	0.69	0.65	0.61	0.53
Средневзвешенное содержание гипса в слое 0–100 см, %	0.06	0.09	0.16	0.03	0.00
Отношение содержания ила в гор. В1/А1	6.67	6.92	2.80	1.72	2.15
Новообразования оксидов марганца в гор. В1	обильные	многочисленные		Единичные	нет

Примечание к таблицам 11–15. Индексы почв: Сн^{м,ск} – солонец мелкий солончаковатый; Сн^{ср,ск} – солонец средний солончаковатый; К2^{сн,гск} – каштановая солонцеватая глубоко солончаковатая; К2^{гск} – каштановая несолонцеватая глубоко солончаковатая; Кл^{гз} – луговато-каштановая глубоко засоленная.

почвах эти новообразования встречаются единично, а в подкурганных луговато-каштановых и современных почвах вовсе отсутствуют. При этом максимальные величины магнитной восприимчивости (более 70×10^{-5} ед. СИ) зафиксированы в гор. В1 палеосолонцов. Учитывая существенные различия между гор. А1 и В1 по

Таблица 12. Профильные характеристики современных фоновых почв

Показатели	Почвы		
	СН ^{м,ек}	СН ^{сп,ек}	К2 ^{сн,ек}
Мощность гумусового слоя (гор. А1+В1), см	25	30	32
Глубина вскипания, см	18	27	28
Глубина залегания аккумуляции легкорастворимых солей, см	55	65	70
Глубина залегания аккумуляции гипса, см	90	105	115
Средневзвешенное содержание СаСО ₃ (%) в слоях:			
0–50 см	10.4	7.7	6.3
0–150 см	9.9	9.7	9.6
Средневзвешенное содержание легко-растворимых солей в слое 0–150 см, %	0.96	0.72	0.40
Средневзвешенное содержание гипса в слое 0–100 см, %	0.40	0.04	0.05
Отношение содержания ила в гор. В1/А1	5.19	3.64	3.54
Новообразования оксидов марганца в гор. В1	нет		

гранулометрическому составу и водно-физическим свойствам, одной из возможных причин формирования новообразований оксидов марганца могло быть большее по сравнению с современностью количество атмосферных осадков в зимний период. При весеннем снеготаянии возникала избыточная увлажненность верхней части профиля палеопочв, причем иллювиальный солонцовый гор. В1 являлся водоупорным слоем вследствие его существенных отличий от гор. А1 по плотности сложения, гранулометрическому составу, физико-химическим и физическим свойствам. В результате в гор. В1 имели место резкие изменения окислительно-восстановительных условий, которые способствовали активизации бактерий *Metallogenium*, в частности, марганцедукторов, которые в свою очередь обусловили формирование обильных новообразований оксидов марганца.

Таблица 13. Величина магнитной восприимчивости подкурганных (курган №45) и современных фоновых почв ($n \times 10^{-5}$ ед. СИ)

Гори- зонты	Подкурганные палеочвы					Современные почвы		
	$C_n^{м,ск}$	$C_n^{сп,ск}$	$K2^{сн,гск}$	$K2^{гск}$	$Kл^{гз}$	$C_n^{м,ск}$	$C_n^{сп,ск}$	$K2^{сн,ск}$
A1	46	49	48	49	53	48	44	46
B1	73	72	66	57	63	61	65	61
B2ca	30	30	36	28	36	30	34	28
BCca	30	27	26	31	32	27	23	28
C	25	27	24	25	33	26	24	25
Cs,г	26	21	22	22	25	26	23	28

Максимальное содержание легкорастворимых солей и гипса во всех исследованных почвах отмечается в зоне основной аккумуляции в гор. Cs,г, где их содержание, как правило, составляет 1% и более. В луговато-каштановой палеопочве содержание гипса превышает 9%, но при этом его аккумуляция залегает на 50–0 см глубже по сравнению с другими почвами. Особого внимания заслуживают следующие особенности профильного распределения содержания легкорастворимых солей и гипса в подкурганных палеопочвах. Во-первых, их основные аккумуляции совмещены по глубине залегания и имеют ровную и резкую верхнюю границу. Во-вторых, верхняя метровая толща всех палеопочв характеризуется сравнительно высокой концентрацией легкорастворимых солей (до 0.5–0.6%) и выщелоченностью от гипса (0.0–0.2%). В-третьих, в составе солей в слое 0–100 см доминирует хлорид натрия, концентрация которого, например, в гор. A1 превосходит концентрацию сульфатов на порядок. Обращает на себя внимание сравнительно высокая засоленность луговато-каштановой палеопочвы, что, как правило, не характерно для почв микрозападин. Подобное сочетание солевых характеристик в почвенном профиле однозначно свидетельствует о смене климатических условий почвообразования в эпоху сооружения кургана от сравнительно влажных к более засушливым.

В 2011 г. были продолжены палеопочвенные исследования курганного могильника у с. Перегрузное. Проведены детальные

палеопочвенные исследования кургана №51 среднесарматского времени (I в. н.э.) (рис. 12). На топографической карте 1961 г. высота этого кургана, как и кургана 45, исследованного в 2010 г., сос-

Таблица 14. Химические свойства подкурганых палеопочв среднесарматского времени (курган №45)

Горизонт, глубина, см	Гумус, %	pH _{водн}	CaCO ₃ , %	CaSO ₄ , %	Ил, %	Глина, %	Сумма солей, %
Солонец мелкий солончаковатый							
Апах, 0–20	1.46	8.2	3.0	0.00	14	33	0.05
Скург, 20–89	0.67	9.0	2.3	0.00	14	34	0.22
A1, 89–95	0.42	7.7	0.7	0.00	4	22	0.57
B1, 95–115	0.56	8.0	2.1	0.00	24	53	0.55
B2ca, 115–133	0.40	8.3	18.2	0.00	29	52	0.56
BCca, 133–158	0.15	8.2	13.4	0.00	26	47	0.55
C, 158–183	-	8.2	9.3	0.00	23	38	0.53
Cs,г, 183–270	-	7.8	7.4	0.94	16	29	0.98
Солонец средний солончаковатый							
Апах, 0–20	1.16	8.4	2.4	0.00	13	34	0.07
Скург, 20–90	0.80	9.0	1.9	0.00	20	40	0.18
A1, 90–101	0.57	7.8	0.8	0.05	6	24	0.20
B1, 101–124	1.41	7.9	2.2	0.00	41	57	0.48
B2ca, 124–142	0.66	8.4	19.6	0.10	27	52	0.51
BCca, 142–170	0.56	8.2	12.0	0.11	24	44	0.65
C, 170–188	-	8.1	9.5	0.14	24	38	0.50
Cs,г, 188–250	-	7.7	7.8	0.85	18	32	1.03
Каштановая солонцеватая глубоко солончаковатая							
Апах, 0–20	1.36	8.2	2.6	0.00	11	34	0.06
Скург, 20–93	0.97	7.8	1.2	0.05	14	31	0.40
A1, 93–105	0.97	7.3	1.1	0.01	11	28	0.28
B1, 105–125	1.05	7.8	2.3	0.00	31	46	0.43
B2ca, 125–138	0.67	7.8	24.3	0.17	28	53	0.53
BCca, 138–160	0.54	7.9	17.1	0.04	25	42	0.50
C, 160–183	-	7.9	9.8	0.08	21	38	0.42

Каштановая несолонцеватая глубоко солончаковатая							
Апах, 0–20	1.43	8.1	2.6	0.00	12	34	0.06
Скург, 20–95	1.07	8.2	2.2	0.10	28	49	0.31
А1, 95–107	1.20	8.1	1.5	0.00	16	34	0.28
В1, 107–130	0.68	8.1	3.3	0.01	28	44	0.34
В2са, 130–145	0.67	8.1	20.7	0.09	30	55	0.53
ВСса, 145–170	0.57	8.2	14.4	0.00	26	51	0.47
С, 170–190	-	8.3	10.1	0.02	24	39	0.40
Сс,г, 190–250	-	7.8	7.3	1.17	19	33	0.96
Лугово-каштановая глубоко засоленная							
Апах, 0–20	1.06	8.3	2.9	0.00	14	34	0.06
Скург, 20–104	0.76	8.7	6.2	0.00	22	41	0.22
А1, 104–117	1.70	7.6	1.4	0.00	12	35	0.54
В, 117–133	0.99	7.6	1.4	0.00	26	43	0.44
Вса, 133–144	0.73	7.8	10.7	0.00	26	47	0.46
ВСса, 144–165	0.37	7.9	20.9	0.00	27	53	0.59
С, 165–260	-	7.6	8.7	0.00	22	38	0.53
Сг, 260–300	-	8.0	7.1	9.38	13	29	1.58



Рис. 12. Раскопки кургана №51 (могильник «Перегрузное-2011»).

Таблица 15. Химические свойства современных фоновых почв

Горизонт, глубина, см	Гумус, %	pH _{водн}	CaCO ₃ , %	CaSO ₄ , %	Ил, %	Глина, %	Сумма солей, %
Солонец мелкий солончаковатый							
A1, 0–5	1.36	7.9	0.7	0.00	6	23	0.03
B1, 5–25	1.46	8.7	2.4	0.00	33	50	0.16
B2ca, 25–40	0.52	8.5	19.8	0.08	25	49	0.62
BCca, 40–53	0.47	8.5	17.0	0.28	26	46	0.64
C, 53–90	–	8.3	10.6	0.00	23	39	0.75
Cs,г, 90–150	–	8.0	8.9	3.42	22	39	1.59
Солонец средний солончаковатый							
A1, 0–14	1.44	7.9	0.8	0.00	6	20	0.03
B1, 14–30	1.13	8.9	2.4	0.04	21	51	0.12
B2ca, 30–41	1.10	9.1	15.6	0.12	26	47	0.26
BCca, 41–72	0.35	8.7	15.8	0.12	27	47	0.45
C, 72–105	–	8.4	10.4	0.06	26	43	0.73
Cs,г, 105–150	–	8.1	8.9	1.43	24	41	1.42
Каштановая солонцеватая солончаковатая							
A1, 0–13	2.55	7.7	1.2	0.00	8	22	0.03
B1, 13–32	1.01	8.7	1.8	0.00	30	53	0.10
B2ca, 32–45	0.89	8.9	13.8	0.05	29	49	0.23
BCca, 45–70	0.38	8.4	17.1	0.14	25	45	0.41
C, 70–115	–	8.4	10.3	0.02	25	41	0.40
Cs,г, 115–150	–	8.0	9.3	0.34	23	43	0.76

тавляла не менее двух метров (рис. 9). В настоящее время его высота около 1 м, диаметр 40 м. Современные фоновые почвы изучались в траншее и в серии разрезов и прикопок.

Курганной насыпью перекрыт древний комплексный почвенный покров среднесарматского времени, представленный мелкими и средними палеосолонцами, каштановыми солонцеватыми и несолонцеватыми и луговато-каштановыми палеопочвами. Так как памятник раскапывался вручную по квадратам размером 4×4 м, нам удалось впервые столь детально провести исследования рельефа древней поверхности и структуры палеопочвенного

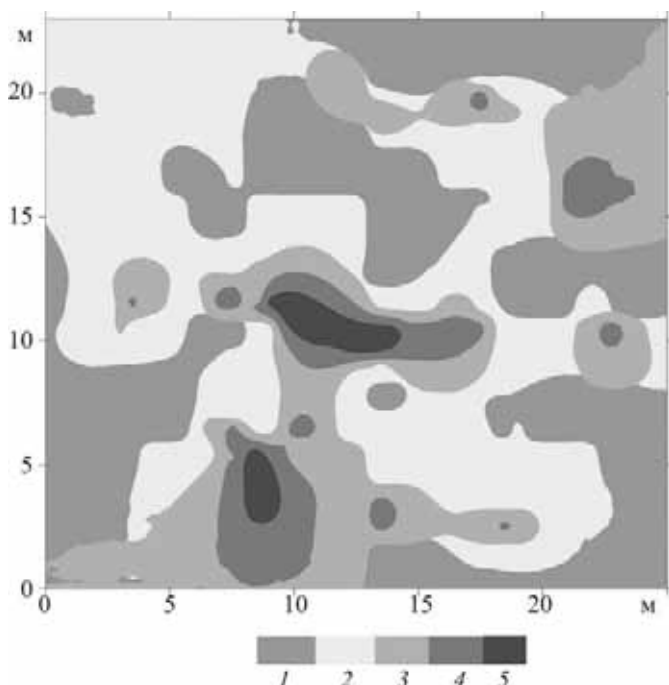


Рис. 13. Палеопочвенная карта, курган 51, I в. н.э. Палеопочвы: 1 – солонцы мелкие; 2 – солонцы средние; 3 – каштановые солонцеватые; 4 – каштановые несолонцеватые; 5 – луговато-каштановые эфемерные.

покрова. По профилю всех курганных бровок проведена нивелировка (через 0.5 м) поверхности рельефа с фиксацией границ различных палеопочвенных контуров. Это дало возможность для достаточно крупного участка (площадью около 700 м²) составить топоплан и палеопочвенную карту (рис. 13).

Курган был сооружен на естественном микроповышении высотой около 20 см. Максимальный перепад высот в пределах исследуемого участка незначительный (не более 25 см). Для поверхности характерно наличие форм нанорельефа в виде мелких (3–5 см) западин и бугорков. Тем не менее, в структуре палеопочвенного покрова имеет место резкая контрастность с формированием трехчленного солонцового комплекса (рис. 14). При этом не наблюдается обычной строгой приуроченности различных почвенных типов к элементам микро- или нанорельефа. Как видно на карте, до-

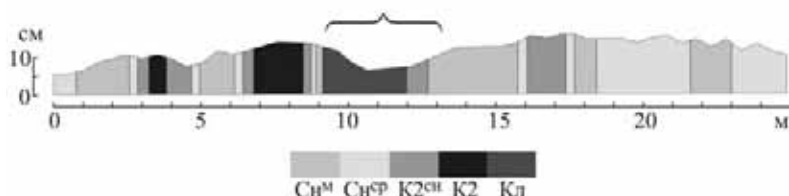


Рис. 14. Палеопочвенно-гипсометрический профиль по одной из бровок кургана 51. Фигурной скобкой обозначено формирование в нанопонижении (диаметр 4 м, глубина 5 см) луговато-каштановой (Кл) и каштановой (К2) почв по палеосолонцу (Сп).

минирующее положение в составе палеопочвенного покрова занимают солонцы (около 70% площади), а также каштановые почвы различной степени солонцеватости. Выявлено лишь два небольших ареала луговато-каштановых палеопочв, на характеристике которых следует остановиться особо. Впервые нами установлен чрезвычайно интересный факт. Наряду с полноразвитыми выщелоченными луговато-каштановыми палеопочвами в одном из нанопонижений (глубина 5 см, диаметр 4 м) обнаружены палеопочвы переходного облика, формирующиеся по палеосолонцу (рис. 7).

В одном случае выявлена эволюция солонца в луговато-каштановую почву, в другом – в каштановую несолонцеватую.

Для них характерно изменение цвета гумусового гор. А1 с белого (палеосолонец) на серый с увеличением содержания гумуса в 1.5 раза, выщелоченность верхнего метрового слоя от легкорастворимых солей и гипса, трансформация мелкопризматической структуры в верхней половине гор. В1 в комковатую, изменение его цвета с красновато-бурого на серо-бурый. Следует отметить, что процесс эволюции палеосолонца в палеопочвы лугового и зонального ряда не завершился, что, вероятно, было связано со сменой условий почвообразования от гумидных к более засушливым в конце I в. н.э. Уже во II в. н.э. в результате аридизации климата луговато-каштановые палеопочвы нанопонижений эволюционировали в палеосолонцы и каштановые солонцеватые палеопочвы в результате боковой и восходящей миграции легкорастворимых солей. Этот вывод подтверждается данными анализа солевого состава луговато-каштановой палеопочвы кургана 45. В частности, в этой палеопочве средневзвешенное содержание солей в слое 0–150 см и концентрация хлоридов в верхнем метре стали сравнимы с таковыми для прилегающего к ней ареала палеосолонца – 0.5 и 0.7% и 5–7 и 6–7 мг-экв/100 г соответственно.

В связи с изложенным, мы предложили отнести лугово-каштановые палеопочвы сарматского времени к категории палеопочв-эфемеров.

Почвенно-археологические исследования в 2012 г. еще одного крупного среднесарматского кургана I в. н.э. в этой же группе показали, что структура палеопочвенного покрова на этом участке оказалась аналогичной изученным ранее объектам (рис. 15). Она представлена основными видами палеосолонцов (корковые, мелкие, средние, глубокие), каштановыми палеопочвами различной степени солонцеватости и ареалом луговато-каштановых палеопочв-эфемеров.

Как оказалось, палеопочвенные данные нашли подтверждение в современном почвенном покрове. По данным метеонаблюдений, в степях юго-востока Русской равнины за последние 20–25 лет среднегодовая норма атмосферных осадков увеличилась на 25–30 мм, причем преимущественно за счет зимнего периода. В связи с этим возникает вопрос: отразилось ли изменение увлажненности климата на свойствах современных почв? В настоящее время в пределах целинного и пахотного участков (исследованная площадь около 150 тыс. кв. м), где расположен курган-

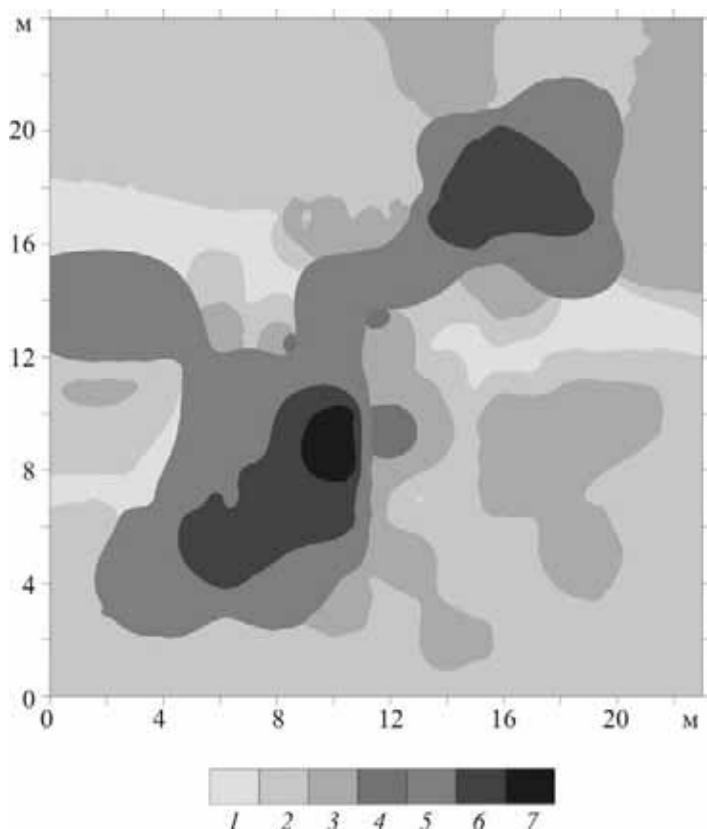


Рис. 15. Палеопочвенная карта, курган 52, I в. н.э. Палеопочвы: 1-4 – солонцы корковые, мелкий, средний, глубокий; 5 – каштановые солонцеватые; 6 – каштановые несолонцеватые; 7 – луговато-каштановые эфемерные.

ный могильник «Перегрузное», доминируют солонцы корковые, мелкие, средние (более 50% площади), а также каштановые почвы различной степени солонцеватости. Луговато-каштановые почвы не обнаружены. Вместе с тем, при исследовании почвенной траншеи на целинном участке установлено, что в нанопонижении началось формирование луговато-каштановой почвы по солонцу, которое прежде всего выразилось в активизации процесса гумусообразования в гор. А1. За прошедшие годы в верхней половине белесая окраска этого горизонта сменилась на серую (рис. 16), плитчатая структура трансформировалась в комко-



Рис. 16. Начальная стадия развития луговато-каштановой почвы по солонцу в связи с современной гумидизацией климата.

вату, содержание гумуса возросло с 2 (исходный солонец) до 5%. С учетом данных изучения подкурганных палеопочв можно полагать, что закономерности развития почв и природных условий сухих степей Северных Ергеней в ближайшие десятилетия будут сходны со среднесарматским временем.

Пустынно-степная зона

Ергенинская возвышенность

Курганный могильник «Абганерово» расположен около с. Абганерово Октябрьского р-на Волгоградской обл. в северной части Ергеней. Памятники приурочены к плоскому балочно-речному водоразделу, ориентированному в направлении восток-запад. Абсолютные отметки 90–100 м. Почвообразующими породами являются карбонатные лессовидные суглинки. Грунтовые воды

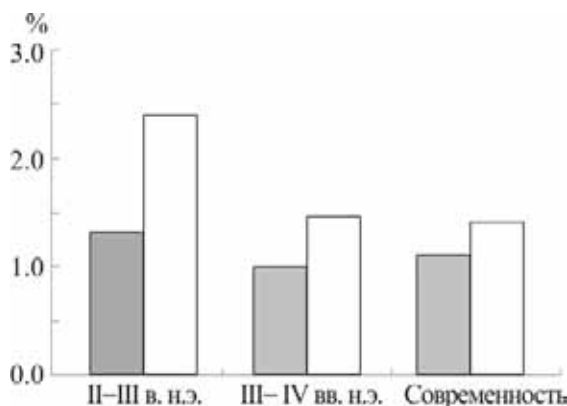


Рис. 17. Динамика средневзвешенного содержания легкорастворимых солей (темные столбцы) и гипса (светлые столбцы) в слое 0-200 см подкурганных и современных светло-каштановых почв объекта «Абганерово».

залегают глубже 20 м. Растительный покров представлен типчаково-полынной ассоциацией. В почвенно-географическом отношении исследуемый участок находится в пустынно-степной зоне в западной части ареала светло-каштановых почв, занимающих вершину и восточный склон Ергенинской возвышенности. В 5–10 км к западу пустынно-степная зона сменяется сухостепной с каштановыми почвами.

Изучены палеопочвы, погребенные под курганами позднесарматской культуры, датируемые II–III и III–IV вв. н.э., а также современные почвы (Демкина и др., 2004а). Светло-каштановая солонцеватая солончаковатая палеопочва, погребенная во 2-й пол. II – 1-й пол. III вв. н.э., характеризуется высоким содержанием легкорастворимых солей и гипса (рис. 17). Верхняя граница их аккумуляций расположена на глубине 70 и 80 см соответственно. Средняя мощность гумусового слоя A1+B1 26 см. Вскипание отмечается с 25 см. Новообразования карбонатов представлены пропиткой и белоглазкой. Отношение содержания глины в гор. B1/гор. A1 превышает единицу. Профиль светло-каштановой солонцеватой глубоко солончаковатой палеопочвы конца III – начала IV вв. н.э. отражает более гумидные условия почвообразования по сравнению с предшествующим периодом. Отличительными особенностями этой палеопочвы являются сравнительно вы-

сокое содержание гумуса, вскипание с глубины 30 см, залегание аккумуляция солей и гипса с 95 см, появление красного оттенка в окраске гор. В1 и наличие в нем новообразований оксидов марганца, усиление текстурной дифференциации с увеличением отношения содержания глины в гор. В1/гор. А1 до 1,4, доминирование белоглазки среди форм новообразований карбонатов. Современной светло-каштановой солонцеватой глубоко солончаковатой почве присущи резкая текстурная дифференциация верхней части профиля, сравнительно небольшая мощность гумусового горизонта, содержание гумуса не более 2,5%, сочетание пропиточных и глазковых форм новообразований карбонатов, вскипание с 25 см, совмещенность солевой и гипсовой аккумуляций, верхняя граница которых расположена на глубине 85 см.

Полученные данные свидетельствуют о том, что на протяжении позднесарматского времени (II–IV вв. н.э.) в пустынно-степной зоне Северных Ергеней наблюдалась заметная динамика климатических условий. Ранний период упомянутого хроноинтервала характеризовался засушливостью климата, которая в конце III в. н.э. сменилась увеличением степени атмосферной увлажненности, причем даже несколько превышающей современные показатели - «позднесарматский микроплювиал» (Демкин и др., 1998; Демкина и др., 2000). Эти изменения отразились на степени засоленности, гумусированности, солонцеватости палеопочв.

Таким образом, палеопочвенные исследования курганов сарматского времени свидетельствуют о том, что в хроноинтервале 2200–1600 лет назад в палеопочвах сухих и пустынных степей Приволжской и Ергенинской возвышенностей происходили ритмичные изменения морфологических, химических, магнитных свойств. Масштабы выявленных изменений приводили к обратимым эволюционным преобразованиям почв на типовом, родовом или видовом таксономических уровнях. Впервые установлено, что во влажные эпохи в нанопонижениях рельефа (Северные Ергени) в течение нескольких десятков лет формировались луговато-каштановые палеопочвы-эфемеры, которые с наступлением засушливых условий вновь трансформировались в солонцы и зональные каштановые почвы. Палеопочвенные данные свидетельствуют о вековой динамике среднегодового количества атмосферных осадков в пределах $\pm(30-50)$ мм с периодической сменой кратковременных гумидных и аридных климатических периодов.

Прикаспийская низменность

Исследованные объекты (курганные могильники) приурочены к различным природно-геоморфологическим районам низменности в ареалах каштановых, светло-каштановых и бурых полупустынных почв. К числу этих районов относятся Еруслано-Торгунская равнина, Приволжская гряда, Джаныбекский останец, Бессточная раннехвалынская равнина, вторая надпойменная терраса Волго-Ахтубы в Северном Прикаспии, Сарпинская равнина в Западном Прикаспии. Остановимся на характеристике подкурганных палеопочв сарматского времени некоторых объектов.

Курганный могильник «Колобовка» расположен в Заволжье в 1 км к северу от с. Колобовка Ленинского р-на Волгоградской обл. на второй надпойменной террасе Волго-Ахтубы с абсолютными отметками 10–15 м. В природном отношении район входит в зону пустынной степи. Участок представляет собой выровненную поверхность со слабым уклоном в западном направлении. С поверхности терраса сложена желто-бурыми лессовидными засоленными суглинками, которые с глубины 1.5–2.5 м подстилаются песчаными отложениями. Грунтовые воды расположены на глубине 10 м. Могильник находится на старозалежном участке с восстановившимся естественным растительным покровом. Доминирует полынная ассоциация. В современном почвенном покрове преобладают светло-каштановые почвы в комплексе с солонцами.

Проведены палеопочвенные исследования курганов средне- (I – I-я пол. II вв. н.э.) и позднесарматского (2-я пол. II – I-я пол. III вв. н.э.) времени. Установлено (табл. 16), что среднесарматские светло-каштановые палеопочвы по сравнению с позднесарматскими характеризовались большей гумусированностью, более глубоким залеганием аккумуляций легкорастворимых солей и гипса, их меньшим содержанием. Сравнительный анализ строения и свойств подкурганных и современных почв дает основания сделать следующие выводы о динамике природных условий в первые века новой эры на территории пустынно-степного Заволжья. Характер выявленных изменений подкурганных светло-каштановых палеопочв в течение I–III вв. н.э. свидетельствует о том, что в I в. н.э. имело место увеличение степени атмосферной увлажненности. Морфолого-стратиграфические особенности профиля палеосолонца также свидетельствуют о том, что он пере-

Таблица 16. Морфологические и химические свойства подкурганных и современных светло-каштановых почв объекта «Колобовка» (средние показатели)

Показатели	Подкурганные палеопочвы		Современные почвы
	I в. н.э.	2-я пол. II – 1-я пол. III вв. н.э.	
Содержание гумуса в гор. A1, %	0.83	0.29	0.83
Глубина залегания легкорастворимых солей, см	100	90	110
Средневзвешенное содержание легкорастворимых солей в слое 0–180 см, %	0.43	0.64	0.64
Глубина залегания прожилок гипса, см	165	110	110
Содержание гипса в горизонте аккумуляции, %	2.0	4.5	3.9

живал стадию активного выщелачивания (Демкин и др., 2001). Во 2-й пол. II в. н.э. наступил засушливый климатический период, продолжавшийся, вероятно, около столетия.

Курганный могильник «Бахтияровка» расположен у с. Бахтияровка Ленинского р-на на краю второй надпойменной террасы Волго-Ахтубы, переходящей крутым уступом высотой до 15–20 м в пойму (первая терраса сохранилась фрагментарно). Участок целинный. Растительный покров представлен типчаково-полынной ассоциацией с проективным покрытием около 50%. Почвенный покров комплексный с участием светло-каштановых почв и солонцов. Исследованные курганы датируются ранне- (2-я пол. II – I вв. до н.э.) и среднесарматским (I – 2-я пол. II вв. н.э.) временем.

Подкурганные и современные почвы относятся к светло-каштановым остаточно-солонцеватым (содержание обменного натрия менее 2%) легко-среднесуглинистым. Они характеризуются сравнительно небольшим содержанием легкорастворимых солей и отсутствием гипса до глубины 150 см. По сравнению с современными, палеопочвы более гумусированы, сохранившееся количество гумуса в них достигает 1.2–1.6%, а с учетом диагенеза – 2.5–3.0% (в фоновых почвах не более 2%). Как видно на рис. 18, средневзвешенное содержание легкорастворимых солей в палео-

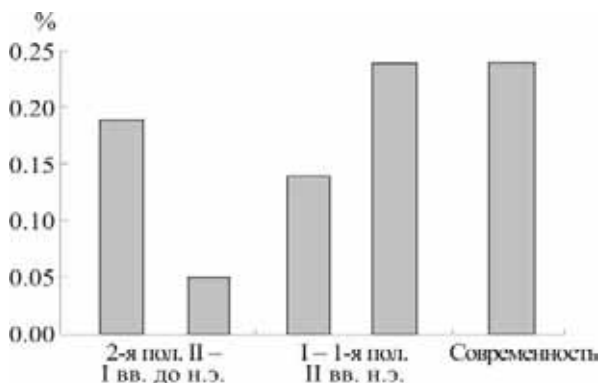


Рис. 18. Динамика средневзвешенного содержания легкорастворимых солей (слой 0-150 см) в подкурганых и современных светло-каштановых почвах объекта «Бахтияровка».

почвах (слой 0–150 см) в хроноинтервале середина II в. до н.э. – середина II в. н.э. несколько изменялось, причем на протяжении раннесарматского времени наблюдалось их уменьшение, а в среднесарматское время – некоторое увеличение. Сравнительный анализ химических характеристик разновозрастных подкурганых и современных почв свидетельствует о заметной изменчивости увлажненности климата в регионе в течение рассматриваемой исторической эпохи. В I до н.э. – I в. н.э. имела место гумидизация климата, которая в конце I – II вв. н.э. сменилась аридизацией.

Курганный могильник «Маляевка» находится в 5 км к северо-востоку от с. Маляевка Ленинского р-на Волгоградской обл. в нескольких километрах от могильника «Колобовка». Памятники расположены в краевой части раннехвалынской равнины, характеризующейся слабой естественной дренированностью. Она переходит крутым уступом высотой до 8–10 м во вторую надпойменную террасу Волго-Ахтубы. Участок равнинный со слабым уклоном в сторону речной долины. Абсолютные отметки около 20 м. Поверхностные отложения представлены древнеморскими желто-бурыми лессовидными засоленными суглинками мощностью до 10 м. Минерализованные грунтовые воды залегают с глубины 10 м и более. На сохранившихся участках с естественной растительностью, которые используются как пастбища, преобладает типчаково-полынная ассоциация. В составе почвенного

Таблица 17. Микробиологическая характеристика подкурганных и современных почв (гор. В2) объекта «Маляевка»

Биомасса микроорганизмов, мкг С/г почвы	Соотношение численности микроорганизмов, БС/НА	$C_{\text{микро}} / C_{\text{орг}}$, %	Коэффициент олиготрофности, ПА/БСх100	Эколого-трофическая структура, ПА : НА : БС, %
Каштановидная палеопочва, рубеж III – II тыс. до н.э.				
11.44	1.7	1.0	109	41 : 22 : 37
Светло-каштановая палеопочва, конец III – начало IV вв. н.э.				
14.38	2.5	0.8	89	39 : 18 : 43
Современная светло-каштановая почва				
11.52	4.5	0.3	333	73 : 5 : 22

Примечание. ПА - почвенный агар, НА - нитритный агар, БС - богатая органическая среда.

покрова доминирует комплекс светло-каштановых почв и солонцов. В мезо- и микропонижениях рельефа развиты луговые и лугово-каштановые почвы.

Морфолого-химические свойства подкурганных палеопочв дают основания полагать, что в конце III в. н.э. в полупустынном Заволжье наметилась тенденция гумидизации климата, получившая развитие в IV в. н.э. в качестве «микроплювиала». Особенно четко это подтверждается результатами микробиологических исследований подкурганной светло-каштановой палеопочвы позднесарматского времени (Демкин и др., 2004б). Для нее характерны достаточно высокие величины численности микроорганизмов различных трофических групп, микробной биомассы, соотношения БС/НА, $C_{\text{микро}} / C_{\text{орг}}$ (табл. 17). В эколого-трофической структуре преобладают микроорганизмы, использующие легкодоступное органическое вещество, коэффициент олиготрофности меньше 100. Приведенные данные свидетельствуют о сравнительно высокой степени атмосферной увлажненности в конце III – начале IV вв. н.э.

Курганный могильник «Джангар» расположен в 2 км от с. Джангар Октябрьского р-на Республики Калмыкия в пределах Сарпинской равнины (Западный Прикаспий). Территория представляет собой древнеморскую аккумулятивную суглинистую равнину, заключенную между Волгой и Сарпинской ложбиной.

Поверхность слабоволнистая, встречаются широкие увалообразные плоские бугры, сухие ложбины, цепочки падин и лиманов. Хорошо развит западинный тип микрорельефа. Абсолютные высоты территории 9–10 м. Мощность поверхностных суглинистых отложений 0.5–3 м, они подстилаются супесями, песками, хвалынскими бурыми и шоколадными глинами. Равнина слабодренированная, грунтовые воды залегают с 4–8 м. Они имеют различную минерализацию и химический состав. Растительный покров изреженный, доминирует типчково-полынная ассоциация. Почвенный покров комплексный. Наряду с зональными бурыми полупустынными почвами различной степени солонцеватости и засоленности развиты солонцы и лугово-бурые.

Проведены исследования палеопочв, погребенных под курганными насыпями раннесарматского (2-я пол. II – I вв. до н.э.) и позднесарматского (2-я пол. II – 1-я пол. III вв. н.э.) времени, и их современных аналогов. Памятники расположены на целинном участке с типчково-полынной ассоциацией. Проективное покрытие 30–40%.

Профильные морфолого-химические характеристики изученных разновозрастных бурых полупустынных почв представлены в табл. 18. Они характеризуются легко-среднесуглинистым гранулометрическим составом, а с 80–100 см подстилаются супесчаными отложениями. Верхняя часть профиля всех почв имеет резкую текстурную дифференциацию.

Современная фоновая почва диагностируется как бурая полупустынная остаточно-солонцеватая незасоленная. Она характеризуется низким содержанием гумуса при сравнительно мощном гумусовом слое (35 см), глубоким расположением линии вскипания, выщелоченностью профиля от легкорастворимых солей и гипса, незначительным содержанием обменного натрия. В отличие от фоновых, бурые полупустынные палеопочвы ранне- и позднесарматского времени имели актуальную солонцеватость с содержанием обменного натрия в гор. B1 9–10%. Исходное содержание гумуса в гор. A1, вероятно, не превышало 1.5%. Мощность гумусового слоя (гор. A1+B1) – 26–30 см. Подкурганные палеопочвы более засолены. Вскипание отмечается с 26–30 см. Содержание карбонатов в зоне аккумуляции (гор. BCca) достигает 9–10%. Сравнительный анализ свойств современных и подкурганных почв дает основания считать, что последние развивались

Таблица 18. Профильные характеристики подкурганных и современных бурых полупустынных почв объекта «Джангар»

Показатели	Время		
	II–I вв. до н.э.	II–III вв. н.э.	Современность
Мощность гумусового слоя A1+B1, см	26	30	35
Содержание гумуса (гор. A1, B1), %	0.4–0.6	0.4	1.1–0.7
Глубина вскипания, см	26	30	45
Глубина залегания аккумуляции легкорастворимых солей, см	40	70	>200
Средневзвешенное содержание легкорастворимых солей в слое 0–200 см, %	0.32	0.30	0.14
Глубина залегания аккумуляции гипса, см	нет	нет	нет
Средневзвешенное содержание гипса в слое 0–200 см, %	0.02	0.07	0.00
Средневзвешенное содержание CaCO ₃ в слое 0–50 см, %	4.4	1.5	0.6
Содержание илистой фракции в гор. A1/B1, %	4/21	6/17	4/13
Содержание обменного натрия в гор. B1, % от суммы обменных катионов	8.6	10.1	3.2
Почва	Бурая солонцеватая солончаковатая	Бурая солонцеватая солончаковатая	Бурая остаточно-солонцеватая незасолённая

в более засушливых климатических условиях. Этот вывод подтверждается и данными изучения подкурганных бурых палеопочв супесчаного гранулометрического состава, погребённых во 2-й пол. II – 1-й пол. III вв. н.э.

В составе могильника «Джангар» нами исследованы подкурганные бурые полупустынные палеопочвы позднекатакомбного времени (рубеж III–II тыс. до н.э.). Они характеризовались отсут-

ствием солонцеватости и текстурной дифференциации, поверхностной карбонатностью, низкой гумусированностью, значительной засоленностью. Средневзвешенное содержание легкорастворимых солей и гипса в двухметровой толще составляло 0.7 и 0.5% соответственно. Весьма важно отметить, что эти палеопочвы практически идентичны каштановидным палеопочвам, развитым в каштановой зоне Нижнего Поволжья около 4000 лет назад (Демкин и др., 2010). Следовательно, условия почвообразования в позднекатакомбное время были заметно более аридными по сравнению со II–I вв. до н.э. и II–III вв. н.э. С учетом закономерностей динамики увлаженности климата в нижеволжских степях в сарматскую эпоху (Демкин и др., 2012а) и морфолого-химических характеристик исследованной раннесарматской палеопочвы можно полагать, что в хроноинтервале 2-я пол. II – I вв. до н.э. происходила смена засушливых климатических условий влажными. Пик гумидизации климата скорее всего приходился на рубеж эр. Поэтому, на наш взгляд, время сооружения изученного раннесарматского памятника можно отнести ко 2-й пол. II – началу I вв. до н.э.

Таким образом, исследования подкурганых педохронорядов позволили установить, что в савромато-сарматскую эпоху на территории Нижнего Поволжья доминировали сухо- и пустынно-степные ландшафты. Почвенный покров, как и в настоящее время, характеризовался комплексностью. В сухих степях ведущее место занимали темно-каштановые и каштановые почвы и солонцы, в пустынных степях – светло-каштановые и бурые полупустынные почвы и солонцы. В хроноинтервале 2600–1600 лет морфологические, химические, магнитные свойства палеопочв испытывали определенную динамику, обусловленную вековой изменчивостью увлаженности климата. Масштабы преобразований почвенных свойств дают основания считать, что изменчивость средней многолетней нормы атмосферных осадков не превышала 50–60 мм/год в сторону аридизации или гумидизации климата.

2.2. Южный Урал

На территории Южного Урала почвенно-археологические исследования курганов проводились в сухостепном Приуралье и степном Зауралье (рис. 19). Остановимся на их физико-географической характеристике.



Рис. 19. Степной ландшафт Зауралья.

В геоморфологическом отношении район расположения памятников в *сухостепном Приуралье* приурочен к Подуральскому плато, которое является юго-западной оконечностью Южно-Уральского горного массива. Преобладающие абсолютные высоты составляют 100–300 м. Рельеф представляет собой преимущественно всхолмленную равнину. На юго-востоке встречаются сильно покатые склоны с выходами коренных пород. В основании Подуральское плато сложено породами мелового и третичного (палеогенового) возраста, которые обычно перекрыты четвертичными желтовато-бурыми суглинками, супесями и песками элювиального и элювиально-делювиального происхождения. Поверхность расчленена долинами рек бассейна р. Урал (Илек, Хобда и др.), оврагами, балками. Климат района континентальный. Среднегодовая норма осадков 280 мм, гидротермический коэффициент 0.5. Для данного региона характерна смена на достаточно ограниченном пространстве разнотравно-злаковых, сухих злаковых и опустыненных полынно-злаковых степей с южными черноземами, темно-каштановыми и каштановыми почвами соответ-

ственно. Исследованные объекты (курганные могильники) расположены в зоне сухих степей с темно-каштановыми почвами.

Район исследований в *степном Зауралье* приурочен к Зауральскому плато, современный рельеф которого представляет собой денудационные цокольные равнины со свойственным им сочетанием холмистых равнинных участков и мелкосопочника. В структуре современных степных ландшафтов сосуществуют и взаимодействуют элементы различного генезиса и возраста, в том числе палеогеновые кислые каолиновые коры выветривания, засоленные неогеновые глинистые толщи, палеогидроморфные ландшафты и бореальные реликты климатических оптимумов, лессовая перигляциальная кора выветривания. Степень развития долинных типов местностей (пойменный, надпойменно-террасовый, долинно-балочный и плакорный) связана с принадлежностью того или иного района к различным высотно-ландшафтным ступеням, обусловленным вертикальной дифференциацией ландшафтов, а ландшафтная асимметрия является причиной развития долинных типов местностей преимущественно на левобережьях рек. Климат района резко континентальный. Среднегодовая норма осадков около 300 мм, среднегодовая температура 2⁰С. В растительном покрове доминирует разнотравно-ковыльная ассоциация. Исследованный участок расположен в зоне степей с черноземами обыкновенными.

В южноуральском регионе в составе шести курганных могильников исследовано 35 памятников савромато-сарматской эпохи, время сооружения которых датируется VI-V и IV-III вв. до н.э. и III-IV вв. н.э. Они приурочены к речным террасам и водораздельным поверхностям. Раскопки курганов проводились археологическими экспедициями Института археологии РАН, Оренбургского государственного педагогического института, Челябинского государственного университета, Западно-Казахстанского областного центра истории и археологии, Актыбинского государственного университета.

Сухостепная зона

Подуральское плато

Три курганных могильника «Покровка» расположены у с. Покровка Соль-Илецкого р-на Оренбургской обл. Они включают

от 6 до 16 памятников эпох бронзы и раннего железа. Курганы расположены на пахотных и целинных участках. Исследованная территория включает две высокие надпойменные террасы р. Илек (левый приток Урала) и нижнего течения его левого притока р. Хобда. Речные долины характеризуются, как правило, наличием высокой поймы. Первая терраса имеет обычно абразионный уступ на границе с поймой высотой до 7–10 м и постепенный переход во вторую террасу, которая является единой для обеих рек. Поверхность террас выровненная, присутствуют небольшие грибовидные поднятия и сухие ложбины, вытянутые в направлении к речным руслам. Абсолютные отметки территории около 100 м. Почвообразующие породы представлены главным образом аллювиально-деллювиальными отложениями. Их гранулометрический состав изменяется от тяжелесуглинистого до песчаного, с преобладанием опесчаненных средних суглинков. Часто верхняя толща (3–4 м) слоистая. Грунтовые воды залегают на глубине 5–7 м и более. В растительном покрове целинных участков преобладает полынно-типчаково-ковыльная ассоциация. В пределах террас доминируют темно-каштановые почвы.

В составе трех исследованных курганных могильников памятники раннежелезного века занимают подавляющее большинство. Они относятся к трем этапам развития савроматско-сарматской общности, а именно: савроматскому (конец VI–V вв. до н.э., 7 курганов), раннесарматскому (2-я пол. IV–III вв. до н.э., 19 курганов) и позднесарматскому (2-я пол. III – начало IV вв. н.э., 2 кургана). Курганы имеют преимущественно высоту в центральной части 30–50 см, диаметр около 20 м. Вместе с тем мощность насыпи одного из памятников савроматского времени составляла 2,5 м, а ее диаметр превышал 50 м. Как правило, насыпная толща на 70–80% сложена из материала древнего гумусового слоя (гор. А1+В). Остальная часть приходится на карбонатный гор. ВСса. Нередко присутствие внутренних земляных конспороды вокруг основного погребения. В течение рассматриваемого хроноинтервала первичные курганные насыпи неоднократно нарушались впускными захоронениями (главным образом IV–III вв. до н.э.), грабительскими лазами XIX–XX вв., что искажало их исходную стратиграфию и архитектуру. К настоящему времени на насыпях сформировались карбонатные неполноразвитые незасоленные почвы каштанового облика. Они имеют вторичный

гумусово-аккумулятивный гор. А1 мощностью 10–15 см с содержанием гумуса около 2%. Глубже насыпной материал весьма незначительно переработан процессом современного почвообразования. Уровень погребенной почвы в большинстве случаев фиксируется достаточно надежно по серии различных морфологических признаков.

Переходя к рассмотрению морфологических, химических и магнитных свойств палеопочв трех хроноинтервалов, отметим, что при общей их близости имеется ряд принципиальных отличий, которые могут свидетельствовать о направленности и масштабах изменения природной среды и климата на протяжении савромато-сарматской эпохи (VI в. до н.э. – IV в. н.).

Палеопочвы *савроматского времени* (конец VI–V вв. до н.э.) имеют следующую стратиграфию профиля. Гор. А1 (мощность 12 см) в целом серого цвета, порошисто-комковатый. В его верхней части (3–4 см) фиксируется белесоватая минерализованная дернина с плитчатой структурой. Переход в иллювиальный гор. В заметный. Последний характеризуется серо-бурым цветом с наличием темных гумусовых языков. Его мощность 14 см. Структура комковато-призматическая. Признаки солонцеватости остаточные или отсутствуют. Плотный, тонкопористый. Довольно резко переходит в карбонатный гор. ВСса мощностью 62 см, который в зависимости от форм новообразований дифференцируется на два подгоризонта с преобладанием пропитки и пятен или белоглазки. Структура этого слоя призмовидно-глыбистая, сложение плотное, цвет белесовато-желто-бурый. Почвообразующая порода (гор. С, с 88 см) представлена желто-бурым опесчаненным суглинком, глыбистым, плотным. Здесь встречаются редкие прожилки легкорастворимых солей и гипса. Средние морфолого-химические параметры палеопочв савроматского времени представлены в таблице 19. Как правило, они имеют легкосуглинистый гранулометрический состав с содержанием физической глины 25–30%. Отношение ее содержания в гор. В к гор. А1 равно 1.2. Более резкая дифференциация в этой части профиля наблюдается по количеству ила (около 2.5). Мощность гумусового слоя (гор. А1+В) 26 см (выборка 49 измерений). Его нижняя граница языковатая, но степень ее выраженности по сравнению с предшествующим временем заметно меньше. Реконструируемое содержание гумуса в гор. А1 3–4%. Глубина вскипа-

Таблица 19. Профильные характеристики подкурганных и современных темно-каштановых почв объекта «Покровка» (средние данные)

Показатели	Время			
	VI–V вв. до н.э.	IV–III вв. до н.э.	III–IV вв. н.э.	Современ- ность
Мощность гумусового слоя (гор. A1+B), см	26	27	29	33
Глубина вскипания, см	27	27	29	33
Глубина залегания аккумуляции карбонатов, см	30	30	29	34
Средневзвешенное содержание СаСО ₃ в слое 0–2 м, %	10.6	9.7	10.0	9.7
Глубина залегания аккумуляции легкорастворимых солей, см	155	130	160	>200
Средневзвешенное содержание легкорастворимых солей в слое 0–2 м, %	0.12	0.24	0.10	0.07
Глубина залегания аккумуляции гипса, см	170	150	160	>200
Средневзвешенное содержание гипса в слое 0–2 м, %	0.04	0.19	0.09	0.07
Отношение содержания глины в гор. В/гор. A1	1.2	1.2	1.2	1.3
Величина магнитной восприимчивости в гор. A1, $n \times 10^{-5}$ ед. СИ	100	85	110	110

ния палеопочв 27 см. Средневзвешенное содержание карбонатов в двухметровой толще 10.6%, их количество в зоне аккумуляции около 13%. Морфологические выделения СаСО₃ (пропитка) расположены несколько ниже линии вскипания (с 30 см). Граница между пропиточными и глазковыми формами новообразований резкая и проходит на глубине 40–45 см. Очень редкие прожилки легкорастворимых солей встречаются глубже полутора метров. Степень засоления почвенно-грунтовой толщ незначительная (средневзвешенная величина плотного остатка водной вытяжки 0.12%). Тип химизма почвенного профиля сульфатно-хлоридно-натриевый при концентрации хлоридов не более 1 мг-экв/100 г. Величина pH не превышает 8.2 при средней в слое 0–2 м 7.8, то есть в целом менее щелочная по сравнению с эпохой бронзы.

Средневзвешенное содержание гипса в двухметровой толще весьма незначительно (0.04%), максимальная концентрация CaSO_4 не превышает 0.1%. Его очень редкие тонкие прожилки встречаются со 170 см. Основная аккумуляция гипса сосредоточена глубже 2.5 м, причем новообразования в виде шаровидных полых конкреций приурочены к суглинистой массе, а рыхлые стяжения кристаллов - к опесчаненным линзам. Величина магнитной восприимчивости в гор. А1 в среднем равна 100×10^{-5} единицам СИ. На основании рассмотренных признаков палеопочвы савроматского времени можно отнести к темно-каштановым маломощным остаточно-солонцеватым (несолонцеватым) глубокозасоленным.

Почвы, погребенные под курганными насыпями *раннесарматского времени* (2-я пол. IV-III вв. до н.э.), характеризовались хорошо дифференцированным профилем. Гумусово-аккумулятивный гор. А1 имеет мощность 11 см, серый цвет, комковато-порошистую структуру. В верхней части (3-5 см) фрагментарно встречаются остатки минерализованной дернины. Иллювиальный гор. В (17 см) серо-бурый, непрочнопризматический, признаки солонцеватости чаще остаточные, плотный, в нижней половине имеет место языковатость. Зона аккумуляции карбонатов, включающая гор. ВС1са (18 см), ВС2са (37 см), характеризуется довольно резкими и ровными верхней и нижней границами. Для гор. ВС1са характерно преобладание пропиточных и пятнистых форм карбонатных новообразований, в гор. ВС2са доминирует белоглазка. В целом данный слой имеет белесовато-желто-бурый цвет, призматично-глыбистую структуру, плотное сложение. В верхней части встречаются редкие гумусовые языки и затеки. Прослеживается хорошо выраженная вертикальная трещиноватость. В распределении белоглазки наблюдаются вертикальные цепочки. Почвообразующая порода (гор. С), представленная опесчаненным суглинком, залегает с глубины около 80 см. В сухом состоянии она сцементированная, глыбистая. Цвет желто-бурый однородный. Встречаются редкие новообразования карбонатов, гипса, легкорастворимых солей. Палеопочвы имеют легко-среднесуглинистый гранулометрический состав при содержании физической глины от 23 до 35%. Соотношение количества этой фракции в гор. В к гор. А1 равно 1.2 (табл. 19), по илу дифференциация в этой части профиля несколько выше – до 1.5.

Мощность гумусового слоя (гор. А1+В) составляет 28 см (25 измерений). Для него характерна языковатость. Исходное содержание гумуса в гор. А1 было 3-4%. Палеопочвы вскипали с 27 см. Морфологические выделения карбонатов в виде пропитки и пятен встречаются с 30 см. Средневзвешенное содержание карбонатов в слое 0-2 м 9.7%, а их максимальное количество в аккумулятивном горизонте достигает 18–20%. Как и в ранее рассмотренных почвах выделяются две четко оформленные зоны преобладания пропиточных (пятнистых) и глазковых форм новообразований. Засоление верхней двухметровой толщи в целом небольшое. Средневзвешенная величина плотного остатка водной вытяжки 0.24%, максимальная – не более 0.7%. Редкие прожилки легкорастворимых солей отмечены в среднем со 130 см. Преобладающий тип засоления палеопочв сульфатно-хлоридно-натриевый, хотя в зоне концентрации солей он чаще хлоридно-сульфатно-натриевый. Содержание хлоридов не превышает 2.5, а сульфатов – 8 мг-экв/100 г. Среди катионов, как правило, преобладает натрий (до 2–6 мг-экв/100 г). Величина рН колеблется по профилю в довольно широких пределах от 7.3 до 8.6. Более высокие ее значения характерны для иллювиального горизонта. Новообразования гипса (прожилки, очень редкие конкреции) встречаются с глубины 150 см. Среднее количество CaSO_4 в двухметровой толще равно 0.19%, а в зонах накопления 0.2-0.6%. Основные запасы гипса приурочены к интервалу 2.5-3 м и глубже, где преобладают конкреционные сферические формы. Величина магнитной восприимчивости в гор. А1 сравнительно небольшая и обычно не превышает 85×10^5 единиц СИ.

Таким образом, рассмотренные палеопочвенные признаки и свойства дают основания полагать, что в раннесарматское время в пределах надпойменных террас Илека и Хобды доминировали темно-каштановые маломощные остаточно-солонцеватые глубоко солончаковатые почвы.

Исследованные памятники *позднесарматского времени* скорее всего датируются 2-й пол. III – началом IV вв. н.э. (Малашев, Яблонский, 2008). Хотя их число невелико, имеющиеся данные дают возможность получить достаточно полное представление о морфолого-стратиграфических, химических и магнитных свойствах палеопочв этого времени. Их профиль дифференцирован на горизонты А1 (мощность 11 см), В (18 см),

BC1ca (19 см), BC2ca (66 см) и C (со 114 см). Гумусово-аккумулятивный горизонт обычно серого цвета, в верхней части присутствует минерализованная белесая дернина. Структура порошисто-комковатая. Слабо уплотнен. Нижняя граница ровная, переход в иллювиальный горизонт заметный. Последний характеризуется серо-бурым цветом, в нижней половине имеют место гумусовые языки. Структура непрочнопризматическая, признаки солонцеватости чаще остаточные. Сложение плотное. К средней части профиля приурочена зона аккумуляции карбонатов, представленная новообразованиями в виде пропитки и пятен (гор. BC1ca) и белоглазки (гор. BC2ca). Этот слой весьма плотный, структура призматично-глыбистая, цвет белесовато-желто-бурый, в верхней части встречаются редкие гумусовые языки и затеки. Переход в почвообразующую породу заметный по резкому снижению глазковых форм карбонатных новообразований. Она представлена желто-бурым опесчаненным легким суглинком с небольшим содержанием легкорастворимых солей и гипса, имеет плотное сложение и глыбистую структуру, встречаются опесчаненные линзы. Палеопочвы, как правило, характеризуются среднесуглинистым гранулометрическим составом, верхний горизонт обычно более облегчен (легкосуглинистый). Гумусовый слой (гор. A1+B) имеет мощность 29 см (14 измерений), языковатую нижнюю границу (табл. 19). Линия вскипания расположена на глубине 29 см и совпадает с верхней границей морфологических выделений карбонатов. Редкие прожилки легкорастворимых солей и гипса встречаются со 160 см. Их средневзвешенное содержание в слое 0-2 м незначительное и составляет 0.10 и 0.09% соответственно. Величина магнитной восприимчивости в гор. A1 равна 110×10^{-5} единицам СИ. В целом по морфолого-химическим параметрам позднесарматские палеопочвы близки савроматским и относятся к темно-каштановым маломощным остаточно-солонцеватым глубокозасоленным.

Современные почвы объекта «Покровка» изучались в серии разрезов, заложенных в непосредственной близости от археологических памятников. Они расположены в пределах обеих террас на участках различного хозяйственного использования (пашня, посевы многолетних трав, целина). Среднестатистический разрез характеризуется следующими морфологическими параметрами:

гор. А1 (0–15 см): серый, порошисто-комковатый, вверху задернован, при подсыхании этот слой (3–4 см) приобретает белесый цвет, свежий, уплотнен, нижняя граница ровная, переход ясный;

гор. В (15–33 см): серо-бурый, комковато-призматический, наблюдается деградация призматических структурных отделностей, признаки солонцеватости остаточные или отсутствуют, нижняя граница слабоязыковатая, плотный, свежий, переход заметный;

гор. ВС1са (33–51 см): белесовато-желто-бурый, призматический, свежий, плотный, при подсыхании появляется интенсивная карбонатная пропитка, встречаются редкие гумусовые затеки, переход постепенный;

гор. ВС2са (51–110 см): горизонт аккумуляции хорошо оформленной белоглазки крупного размера, прослеживаются ее вертикальные цепочки, желто-бурый, призматический, плотный, свежий, границы ровные и резкие;

гор. С (110–200 см): почвообразующая порода, представленная однородным опесчаненным желто-бурым суглинком, в верхней части встречается редкая белоглазка, глыбистый, влажноват, плотный, тонкопористый, выделения легкорастворимых солей и гипса не отмечены.

Гранулометрический состав исследованных фоновых почв легко- и среднесуглинистый. Содержание физической глины 23–34%, ила – 13–18%. Степень дифференциации верхней части профиля по количеству как одной, так и другой фракции сравнительно небольшая и не превышает 1.3 (табл. 1). Гумусовый слой (гор. А1+В) имеет мощность 33 см (55 измерений), в его нижней половине присутствует слабая языковатость. Содержание гумуса в гор. А1 в среднем составляет 2.5–3%, на пахотных участках оно обычно не превышает 2–2.5%. Линия вскипания довольно ровная и приурочена к глубине 33 см. В зоне аккумуляции содержание CaCO_3 достигает 16–17% при средневзвешенном на двухметровый профиль 9.7%. Морфологические выделения карбонатов в виде пропитки и пятен встречаются с 34 см, примерно с 50 см они сменяются белоглазкой. Фоновые почвы, как правило, характеризуются отсутствием засоления до глубины 2 м. Величина плотного остатка водной вытяжки не превышает 0.1%, а средне-профильная равна 0.07%. Тип химизма сульфатно-кальциевый.

Преобладающая реакция среды близка к нейтральной (рН 6.9–7.5). В слое 0–2 м гипс практически отсутствует, его максимальная концентрация 0.3%, средневзвешенное содержание в двухметровой толще 0.07%. Конкреции и прожилки CaSO_4 встречаются глубже 2.5 м. Величина магнитной восприимчивости в гор. А1 в среднем составляет 110×10^{-5} единиц СИ.

В подавляющем большинстве случаев все исследованные фоновые почвы в пределах расположения трех курганных групп относятся к темно-каштановым среднесиловым несолонцеватым (остаточно-солонцеватым) незасоленным.

Итак, нами рассмотрены основные морфолого-стратиграфические и химические параметры, характеризующие состояние почв надпойменных террас Илека и Хобды в савроматское (конец VI–V вв. до н.э.), раннесарматское (2-я пол. IV–III вв. до н.э.), позднесарматское (2-я пол. III – начало IV вв. н.э.) и в настоящее время. Установлено, что в течение исследованного хронологического интервала происходили определенные обратимые изменения многих свойств, обусловленные вековой динамикой увлажненности климата. Так как эволюционные преобразования почв происходили на уровне лишь родовых или видовых признаков (степень гумусированности, засоленности, солонцеватости и др.), мы полагаем, что вековая изменчивость среднегодового количества атмосферных осадков не превышала 30–40 мм. Как известно, в настоящее время смена подтипов каштановых почв в волго-уральских степях происходит при разнице среднегодовой нормы осадков в пределах почвенно-географических подзон не менее чем на 50–70 мм. Полученные результаты дают основания считать, что в сухостепном Приуралье гумидные климатические эпохи имели место в конце VI–V вв. до н.э. и в конце III – IV вв. н.э., а во 2-й пол. IV–III вв. до н.э. произошла аридизация климата.

Курганный могильник «Илекшар» расположен в 2 км к востоку от пос. Ульгули Чингирлауского р-на Западно-Казахстанской обл. (Республика Казахстан) на краю коренного левого берега р. Илек. Грунтовые воды залегают с 10 м, их минерализация 1–2 г/л. С поверхности участок сложен засоленными карбонатными тяжелосуглинистыми и глинистыми отложениями с включениями известнякового щебня. Памятники расположены на целинном участке с ковыльно-типчаковой ассоциацией. Проективное покрытие



Рис. 20. Раскопки кургана №1 (савроматская культура) могильника «Илекшар».

тие 80%. Почвенный покров представлен карбонатными темно-каштановыми щебнистыми почвами различной степени засоленности.

Проведены палеопочвенные исследования крупного кургана савроматской культуры (V в. до н.э.), высота которого 4.5 м, диаметр более 50 м. Кроме того, в составе могильника изучены памятники бронзового века, сооружение которых датируется серединой III тыс. до н.э. (ямная культура) и XVII–XVI вв. до н.э. (алакульская культура) (Демкин и др., 2003).

Рассмотрим основные свойства подкурганной палеопочвы савроматского времени (табл. 20). Она отличается мощным гумусово-аккумулятивным гор. A1 (более 30 см), а мощность гумусового слоя (гор. A1+B) составляет 52 см. Сохранившееся содержание гумуса в последнем превышает 1%. Исходно (с учетом диагенеза) оно было не менее 3%. Почвенно-грунтовая толща имеет тяжелосуглинистый и глинистый гранулометрический состав с содержанием физической глины 50–70%. По всему профилю встречаются обломки (щебень) известняка и песчаника. Признаки солонцеватости отсутствуют, текстурная дифференциация выражена слабо. Палеопочва характеризуется высокой карбонатностью,

Таблица 20. Химические свойства подкурганной темно-каштановой карбонатной незасоленной палеопочвы савроматского времени (V в. до н.э.) объекта «Илекшар»

Горизонт, глубина, см	Гумус, %	pH	Сумма солей, %	CaCO ₃ , %	CaSO ₄ , %	Содержание фракций, %	
						<0.001 мм	<0.01 мм
A1, 388–403	1.12	8.6	0.16	9.9	0.0	20	42
A1, 403–420	1.04	8.6	0.11	15.2	0.0	25	51
B, 420–440	1.11	8.1	0.10	23.2	0.0	36	65
BC, 440–505	–	8.0	0.09	20.2	0.0	36	71
C, 505–530	–	8.3	0.17	20.8	0.0	31	61

причем содержание CaCO₃ в верхней части гор. A1 достигает 10%, а глубже колеблется от 15 до 23%. При этом визуальные новообразования карбонатов отсутствуют, то есть они представлены лишь дисперсными формами. Содержание легкорастворимых солей не превышает 0.2%, а гипс до глубины 150 см вовсе отсутствует. Реакция среды щелочная, величина pH 8.0–8.6. Максимальная величина магнитной восприимчивости зафиксирована в гор. A1, причем в верхней части горизонта она равна 63, в средней – 46, а в нижней – 36×10^{-5} единиц СИ. В гор. В этот показатель резко снижается до 11×10^{-5} единиц СИ. Рассмотренные свойства дают основания диагностировать палеопочву савроматского времени как темно-каштановая несолонцеватая карбонатная незасоленная щелбнистая.

В отличие от подкурганной, современная почва имеет средне-тяжелосуглинистый гранулометрический состав с включениями щебня, но с глубины 150 см подстилается глинистыми отложениями (табл. 21). Она характеризуется высоким содержанием легкорастворимых солей и гипса в слое 110–150 см – до 2.4 и 5.2% соответственно. В гор. В отмечаются слабые признаки солонцеватости, содержание обменного натрия здесь почти 5%, а магния – около 40%. Текстульная дифференциация выражена более резко, чем в погребенной почве. Мощность гумусового слоя также весьма значительная (55 см) при содержании гумуса в верхней половине гор. A1 около 4%. Реакция среды изменяется по профилю от слабо- до сильнощелочной (pH 7.8–9.4). Содержание карбонатов в верхней части гор. A1 почти вдвое превосхо-

Таблица 21. Химические свойства современной темно-каштановой слабосолонцеватой карбонатной глубоко солончаковой почвы объекта «Илекшар»

Горизонт, глубина, см	Гумус, %	pH	Сумма солей, %	CaCO ₃ , %	CaSO ₄ , %	Содержание фракций, %	
						<0.001 мм	<0.01 мм
A1, 0–15	3.78	7.8	0.09	16.6	0.0	21	38
A1, 15–36	2.14	7.8	0.08	18.7	0.0	15	39
B, 36–55	1.45	8.7	0.10	18.4	0.0	24	47
BC, 55–110	-	9.4	0.19	21.4	0.0	22	41
C _г ,s, 110–146	-	8.1	2.38	22.2	5.2	32	56
D _с , 146–200	-	7.9	1.40	28.4	0.0	49	89
Обменные основания							
Горизонт, глубина, см	Ca	Mg	Na	K	Сумма, мг-экв/100 г		
	% от суммы						
A1, 0–15	74.5	18.7	1.5	5.3	16.7		
A1, 15–36	78.5	17.4	1.5	2.5	13.9		
B, 36–55	54.8	37.8	4.7	2.7	14.1		

дит такое в палеопочве, увеличиваясь в глубь профиля до 22–28%. Их новообразования представлены пропиточными формами. Величина магнитной восприимчивости в гор. A1 изменяется от 33 (верх) до 36×10^{-5} единиц СИ (низ). В гор. B она уменьшается до 20×10^{-5} единиц СИ. На основании рассмотренных признаков почва относится к темно-каштановой слабосолонцеватой карбонатной глубоко солончаковой.

Теперь остановимся на сравнительном анализе профильных показателей подкурганной и современной почв, который дает возможность судить о климатической ситуации в исследуемом регионе в V в. до н.э. Прежде всего отметим, что как в древности, так и в настоящее время темно-каштановые почвы характеризовались значительной мощностью гумусового слоя (более 50 см) с достаточно высоким содержанием гумуса (около 4% в гор. A1). К числу принципиальных отличий профильных характеристик савроматской палеопочвы от фоновой относятся: отсутствие признаков солонцеватости, отсутствие гипса (0.0 и 1.2%) и незначительное содержание легкорастворимых солей (0.13 и 0.73%) в слое 0–



Рис. 21. Вид кургана №1 и «батона» могильника «Кырык-Оба».

150 см, меньшее содержание карбонатов в слое 0–50 см (16.5 и 18.0%), более высокие значения величины магнитной восприимчивости в гор. А1 (в среднем 50 против 35×10^{-5} единиц СИ). Эти данные дают основания считать, что V до н.э. в сухих степях бассейна Илека характеризовался повышенной увлажненностью климата, а среднегодовая норма атмосферных осадков превышала современные показатели как минимум на 20–30 мм. Этот вывод подтверждается и данными реконструкции количества атмосферных осадков по результатам профильных магнитных измерений разновозрастных подкурганных палеопочв могильника «Илек-шар» (Демкин и др., 2003). Так, в савроматское время оно составляло 300 мм/год, тогда как в XVII–XVI вв. до н.э. – 230 мм/год, а середине III тыс. до н.э., как и в настоящее время, – 280 мм/год

Курганный могильник «Кырык-Оба» расположен в 100 км восточнее г. Уральска в Бурлинском р-не Западно-Казахстанской обл. (Республика Казахстан). Объектом палеопочвенных исследований послужил наиболее крупный курган №1, высота которого более 11 м, диаметр свыше 100 м (рис. 21). Скорее всего он относится к филипповскому кругу памятников, которые датируются концом V – 1-й пол. IV вв. до н.э. Курган расположен на рав-

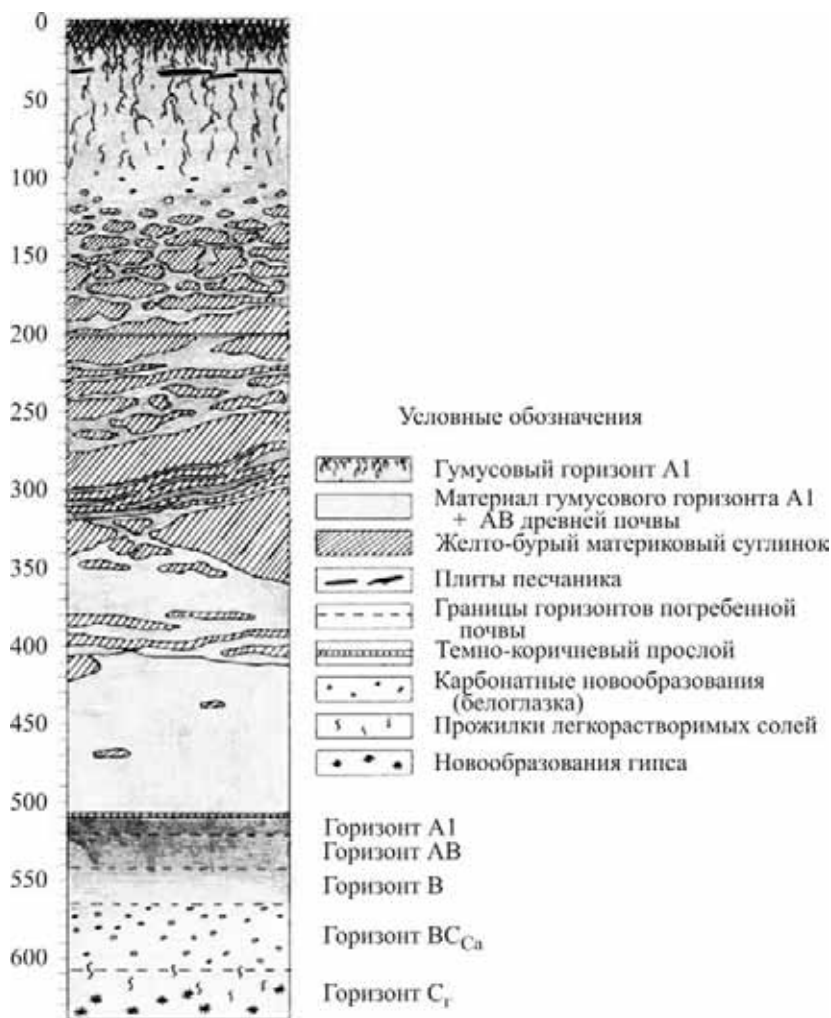


Рис. 22. Стратиграфия курганный насыпи и профиля погребенной темно-каштановой палеопочвы (фронтальная стенка разреза) объекта «Кырык-Оба».

нинном водораздельном участке. Абсолютные высоты поверхности около 100 м. Почвообразующими породами являются желто-бурые карбонатные засоленные суглинки. Окружающее курган угодье представляет собой залежь, занятую разнотравно-злаковой растительной ассоциацией с преобладанием осота, ковы-

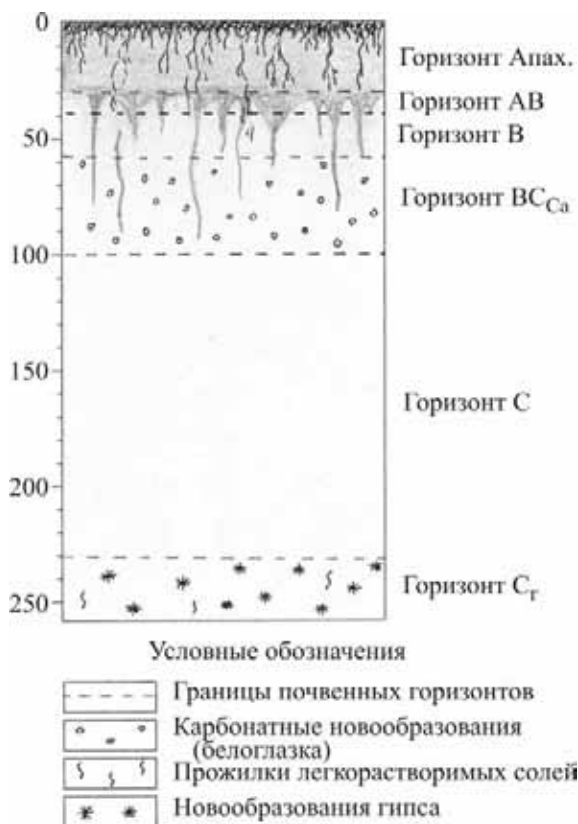


Рис. 23. Стратиграфия профиля современной темно-каштановой почвы объекта «Кырык-Оба».

ля, пырея, типчака. В почвенном покрове доминируют темно-каштановые почвы.

Для исследования стратиграфии насыпи и свойств погребенной почвы в северной поле кургана была заложена траншея длиной более 6 м, ориентированная в направлении север – юг. Высота фронтальной стенки разреза составила 650 см. После проведения палеопочвенных исследований нарушенная часть кургана была рекультивирована (траншея зарыта, сверху уложен дерновый слой).

Строение почвенно-грунтовой толщи и основные морфологические свойства подкурганной и современной почв представ-

Таблица 22. Морфологические свойства подкурганной и современной темно-каштановых почв объекта «Кырык-Оба»

Показатели	Темно-каштановая глубоко солончаковая палеопочва (конец V – 1-я пол. IV вв. до н.э.)	Современная темно- каштановая незасоленная почва
Мощность гумусового слоя A1+AB, см	35	38
Гранулометрический состав профиля	средний суглинок	средний суг- линок
Глубина вскипания, см	24	30
Глубина залегания аккумуля- ции карбонатов, см	55	54
Мощность горизонта макси- мальной аккумуляции карбо- натов, см	35	46
Формы новообразований кар- бонатов в горизонте BC _{Ca}	белоглазка	белоглазка
Количество белоглазки, шт./дм ²	12	10
Средний размер белоглазки, мм	2–3	7
Глубина залегания легкорас- творимых солей, см	90	230
Глубина залегания гипса, см	90	230
Величина магнитной воспри- имчивости, $n \cdot 10^{-5}$ ед. СИ:		
гор. A1	89	101
гор. AB	71	68
гор. B	61	52
гор. BC _{Ca}	39	46
гор. C	38	39

лены на рис. 22, 23 и в табл. 22. Обе почвы диагностированы как темно-каштановые. Вместе с тем, для палеопочвы характерны несколько меньшая мощность гумусового слоя (гор. A1+AB), менее выраженная языковатость нижней границы гор. A1, проникновение гумусовых затеков на меньшую глубину, более высокое залегание линии вскипания, засоленность нижней метровой тол-

щи профиля, значительное количество гипса, меньшие значения величины магнитной восприимчивости. Карбонатный горизонт менее мощный, новообразования карбонатов представлены более мелкой белоглазкой. Перечисленные отличия свидетельствуют о том, что темно-каштановая палеопочва развивалась в более засушливых, но менее континентальных климатических условиях, чем в настоящее время. Следовательно, можно полагать, что в исследуемом регионе в конце V – 1-й пол. IV вв. до н.э. в развитии климата произошла смена сравнительного гумидного этапа аридным. Важно отметить, что этот вывод подтверждается данными реконструкции количества атмосферных осадков по результатам магнитных измерений почвенно-грунтовой толщи (Алексеев и др., 2003; Сдыков, Демкин и др., 2007), которое было на 30–40 мм/год меньше по сравнению с современностью (около 300 мм/год).

Степная зона

Зауральское плато

Курганный могильник «Солончанка» находится в Кваркенском р-не Оренбургской обл. Он включает центральный курган и четыре кургана меньшего размера, соединенных попарно между собой каменными грядами – «усами». Длина северного уса 86,5 м, южного – 103 м. Диаметр курганов 15–20 м, высота 25–30 см. Время сооружения памятников относится к концу IV в. н.э. – рубеж позднесарматского и гуннского времени (Любчанский, Таиров, 1999). Памятники такого типа представляют собой комплексные сооружения из нескольких насыпей (чаще из 5), соединенных между собой грядами из камней. Помимо каменных «усов», встречаются грунтовые «усы», длина которых в среднем для Зауралья составляет 120–140 м (Любчанский, 1998). При наземных разведках такие комплексы обнаруживаются с трудом, большинство из них выявлено при дешифрировании аэрофотоматериалов. На территории Челябинской и Оренбургской областей найдено около 60 подобных памятников.

Могильник расположен на денудированном останце с цоколем палеозойских пород, вклиниваемомся на вторую надпойменную террасу левого берега р. Суундук. Хотя памятники находятся на пахотном участке, курганные насыпи не нарушены из-за

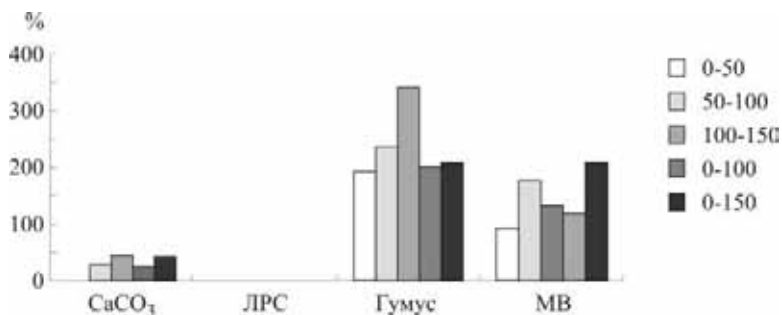


Рис. 24. Соотношения (в %) средневзвешенного содержания карбонатов (CaCO_3), легкорастворимых солей (ЛРС), гумуса и величины магнитной восприимчивости (МВ) в различных слоях подкурганных и современных черноземов обыкновенных объекта «Солончанка». Содержание этих компонентов в современных фоновых почвах взято за 100%

наличия каменных кладок. Растительный покров на насыпях представлен разнотравно-типчаково-злаковой ассоциацией и травяными растениями рудеральной и синантропной экологических групп. Проективное покрытие 30–40%.

Подкурганные палеопочвы являются черноземом обыкновенным языковатым супесчаным маломощным малогумусным глубоко карбонатным на аллювиальных супесчано-песчаных отложениях. С целью оценки климатической ситуации в исследуемом регионе в IV в. н.э. проведен расчет средневзвешенного содержания гумуса, карбонатов, легкорастворимых солей, величины магнитной восприимчивости в различных слоях подкурганных палеопочв относительно таковых в фоновых почвах, принятых за 100%.

Для палеочернозема обыкновенного, погребенного под курганами рубежа позднесарматского и гуннского времени, были характерны большая гумусированность, промытость от легкорастворимых солей и карбонатов, повышенные значения магнитной восприимчивости по сравнению с современной почвой (рис. 24). Эти данные свидетельствуют о гумидном этапе в развитии климата исследованного региона на протяжении IV в. н.э. Результаты палеопочвенных исследований близ расположенных курганов более позднего времени (Чернянский и др., 1999) дают основания считать, что уже в V в. н.э. наступила очередная засушливая климатическая эпоха (Плеханова, Демкин, 2008).

Итак, подведем основные итоги исследований свойств палеопочв курганов савромато-сарматской эпохи сухо- и пустынно-степной зон Нижнего Поволжья, степной и сухостепной зон Южного Урала. Установлено, что на протяжении VI в. до н.э. – IV в. н.э. морфолого-стратиграфические, химические, магнитные характеристики черноземных, каштановых и бурых полупустынных палеопочв и палеосолонцов претерпевали ритмичные преобразования, направленность и масштабы которых были обусловлены периодической сменой влажных и засушливых климатических эпох различной продолжительности и выраженности. Вековая динамика увлажнения климата и наличие микро- и нанорельефа в ряде ландшафтно-геоморфологических районов приводили к обратимым эволюционным преобразованиям палеопочв на таксономических уровнях типа, рода или вида. В наиболее значительной степени климатогенным изменениям были подвержены параметры карбонатного, солевого и гипсового профилей палеопочв (глубина залегания аккумуляций, содержание, запасы, формы новообразований и др.), а также морфологические и физико-химические признаки выраженности солонцового процесса. Показано, что изменения исследованных свойств палеопочв в хроноинтервале 2600–1600 лет назад в нижеволжских и южноуральских степях были однонаправленными и синхронными. Выявленные закономерности и масштабы вековой динамики морфологических, химических, магнитных свойств и облика палеопочв в целом позволяют считать, что изменения средней многолетней нормы атмосферных осадков на протяжении исследованных культурно-исторических этапов развития савромато-сарматской общности составляли не более чем 40–50 мм/год в сторону гумидизации или аридизации климата.

Глава 3. СОСТАВ ГУМУСА ПОДКУРГАННЫХ ПАЛЕОПОЧВ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЕГО ВРЕМЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ

Гумусовые вещества почв (ГВ), состоящие из трех главных групп – гуминовых кислот (ГК), фульвокислот (ФК) и гумина (ГМ), являются аккумулятивным компонентом экосистем, фактором устойчивости процессов, определяющих важнейшие биогеохимические функции почв в биосфере. Наиболее значимым для нарушения динамического равновесия в системе ГВ является дефицит свежих органических остатков. Погребенные почвы оказываются эффективной натурной моделью изучения эволюции ГВ в условиях полного прекращения поступления свежих растительных остатков, выявления роли условий почвообразования (климатические, литологические, геоморфологические и др.), существовавших в момент сооружения археологических памятников, и для оценки диагенетических преобразований гумусового профиля погребенных почв и характеристики устойчивости компонентов гумуса к минерализации (Тюрин, Тюрина, 1965; Орлов, 1985, 1990; Дергачева, 1997)

Прежде чем рассмотреть изменения в составе гумуса подкурганных каштановых почв и его основной характеристики, которая не зависит от возраста почвы, но определяется условиями гумусообразования (Орлов, 1985, 1990), кратко остановимся на главнейших особенностях почвообразования в сухостепной зоне.

Изреженность растительного покрова и меньшее поступление растительных остатков в почву, менее благоприятные условия их гумификации определяют ослабление развития дернового процесса, замедление темпов гумусообразования (Докучаев, 1951; Сибирцев, 1951). Разложение растительных остатков полынных группировок является причиной поступления большого количества щелочных металлов, определяющих развитие солонцеватости. Наложение элементов солонцового процесса на зональное развитие дернового процесса – вторая важнейшая особенность почвообразования в этой зоне. Степень выраженности этих процессов (содержание гумуса, мощность гумусового профиля, структурное состояние) тесно связана со степенью атмосферного увлажнения и конкретными условиями макро-, микро-

и нанорельефа, определяющими перераспределение осадков при весеннем снеготаянии и ливневых дождях. На склоновых участках и в понижениях в связи с дополнительным увлажнением почв увеличивается интенсивность внутрипочвенного стока тонкодисперсных частиц из верхнего гор. А1 с образованием ниже его иллювиального гор. В1 с особенной солонцеватой структурой. Сочетанием этих особенностей почвообразования и их интенсивностью в конкретных условиях определяется состав гумуса.

Обобщен экспериментальный материал, полученный при исследовании подкуранных палеопочв объектов «Аксай-3» и «Перегрузное», отнесенных к среднесарматской культуре, и их фоновых аналогов, морфологическая и физико-химическая характеристика которых приведена выше. Выборки каждой фоновой и подкуранной почв представлены пятью-семью разрезами.

Для описания состава гумуса использовались следующие характеристики: содержание общего углерода ($C_{орг}$), углерода гуминовых и фульвокислот и их фракций, отличающихся формой связи с минеральными компонентами почв; соотношение $C_{ГК}/C_{ФК}$, определяемое условиями гумусообразования и являющееся базовой характеристикой почв; углерод негидролизуемого остатка или гуминовые соединения, рассматриваемые как пул органического вещества, потенциально доступного для трансформации при изменении условий; молекулярная структура ГК. Рассчитаны запасы и потери углерода в целом и его основных компонентов в палеопочвах. За содержание $C_{орг}$ почв на момент их погребения принято содержание углерода в современных целинных каштановых почвах, в ареалах которых расположены исследованные археологические памятники. Анализ состава гумуса подкуранных и современных солонцов, приведенных в данной работе, выполнен по методике Пономаревой–Плотниковой (1980). Гуминовые кислоты из образцов гор. А1 фоновой и погребенной каштановых почв (курчанная группа «Аксай-3») выделены методом щелочной экстракции, используемым в отечественной практике (Орлов, Гришина, 1981) и модифицированным с дополнениями, рекомендованными IHNS (Swift, 1996; Холодов и др., 2009). Зольность полученных препаратов варьировала в пределах 10–11.6%. Спектры ^{13}C ЯМР регистрировали на ЯМР-спектрометре Bruker Advance-II NMR 400. Распределение углерода по структурным фрагментам ГК рассчитывали из спектров

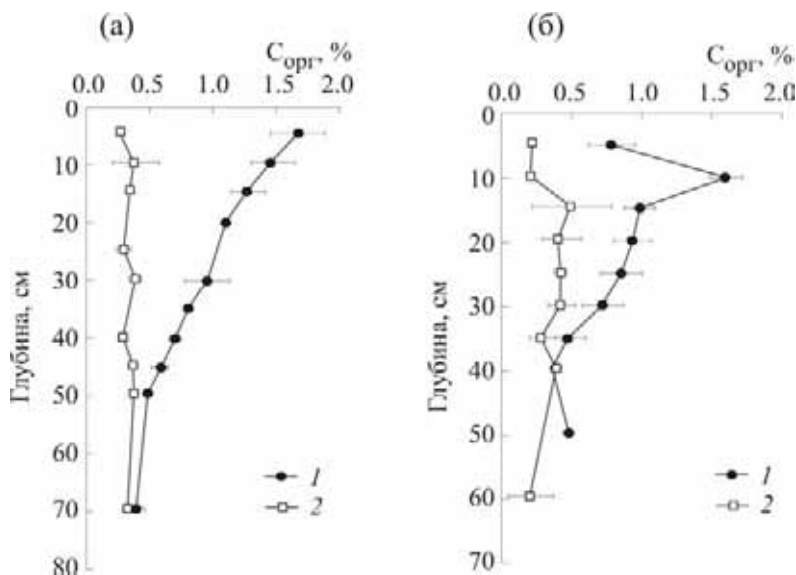


Рис. 25. Распределение углерода в профиле каштановых почв (а) и солонцов (б): 1- современные, 2 – погребенные.

ЯМР с соответствующим отнесением спектральных областей согласно Ковалевскому Д. В. с соавторами (2000).

Содержание $C_{орг}$ в подкурганных и современных почвах и его профильное распределение приведены на рис. 25.

Представленные данные о профильном распределении $C_{орг}$, наши прежние материалы (Демкин и др., 2010) и данные других авторов (Гаврилов и др., 2011) показали, что в современных и подкурганных каштановых почвах оно наиболее часто может быть описано различными видами экспоненциальной или линейной регрессии, что позволяет более точно, провести вычисления запасов и потерь органического углерода. Содержание $C_{орг}$ в гор. А1 каштановых современных почв составляет $1.32 \pm 0.15\%$ и $1.66 \pm 0.90\%$ – в фоновых солонцах, то есть, исследуемые почвы не различаются статистически значимо по содержанию углерода. Значительное варьирование содержания $C_{орг}$ в гумусовом горизонте исследуемых почв имманентно, связано с пятнистостью почвенного покрова в условиях неоднородной поверхности и

достаточно быстрых эволюционных преобразованиях почв на разных таксономических уровнях, о чем было сказано выше. Подкуранные почвы по содержанию $C_{орг}$ в гор. А1 так же не различаются, оно колеблется в пределах 0.27–0.36% с варьированием, не превышающем 16%. Содержание $C_{орг}$ в иллювиальном горизонте обеих современных почв одинаково и составляет $0.79 \pm 0.09\%$. В иллювиальных горизонтах подкуранных почв содержание $C_{орг}$ значимо различно. В гор. В1 погребенных солонцов оно больше, $0.47 \pm 0.05\%$, чем у каштановых почв, $0.34 \pm 0.6\%$.

Неудивительно, что при значениях мощностей горизонтов, различающихся не более чем на 1.0–1.5 см, близких значениях величин объемной плотности (варьирование этой характеристики наибольшим было в гор. В1 и не превышало 4.0–7.8%) и приведенных выше содержаниях $C_{орг}$, запасы углерода в гумусовом слое исследуемых почв практически равны и составляют чуть больше 4 кг C/m^2 . При этом запасы $C_{орг}$ в гор. А1 у современных почв в 1.5 раза выше, чем в иллювиальном горизонте. Запасы $C_{орг}$ в подкуранных почвах различаются несколько больше – 1.2 и 1.9 кг C/m^2 (большее значение у солонцов). В подкуранных почвах, в отличие от их современных аналогов, в гор. В1 сохранилось в 2–5 раз больше $C_{орг}$. Это связано с более тяжелым гранулометрическим составом иллювиальных горизонтов, высокой обменной емкостью и более высокой долей кальция в них (см. табл. 9,10), что априори повышает устойчивость органического вещества почв к минерализации.

В результате потери углерода из гумусового слоя (гор. А1+В1) погребенных почв за 2000 лет после сооружения курганов составили 2.8 ± 0.25 кг C/m^2 . Скорость минерализации $C_{орг}$ за период со времени сооружения памятников равна $13\text{--}15 \times 10^{-4}$ кг C/m^2 в год (0.30–0.38 мг $C/100г$ почвы в год). Наиболее устойчивым в диагенезе является органический углерод гор. В1 подкуранных солонцов. В этом горизонте сохранилось 59% $C_{орг}$ от его первоначального содержания. На рис. 26 показано, что в результате диагенеза минерализации подвергаются все компоненты гумуса, порядок минерализации углерода групп гумусовых веществ одинаков для обеих почв: ГМ > ГК > ФК. Величины минерализации углерода компонентов гумусовых веществ всегда больше в подкуранных солонцах. Так, минерализации в гор. А1 каштановых почвах подверглось 65% ГК, 64% ФК и 88% ГМ от

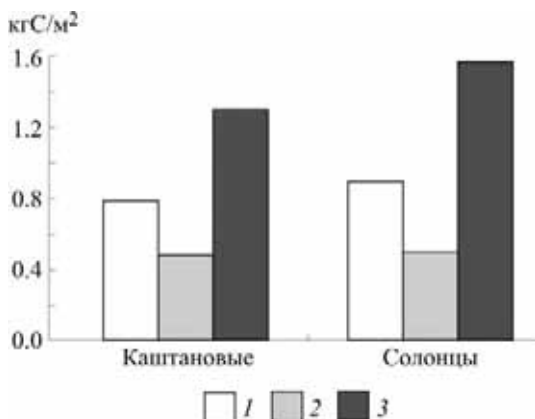


Рис. 26. Потери углерода из гумусового слоя подкурганных почв: 1- ГК, 2-ФК, 3-ГМ.

общего запаса $C_{орг}$ в этом горизонте, а в палеосолонце соответственно 84, 78, 97 % от запаса $C_{орг}$ в надсолонцовом горизонте. Это несколько противоречит традиционному представлению о ГК и ГМ, как о наиболее устойчивых компонентах гумуса, на что в последнее время обращали внимание некоторые исследователи (Ларионова и др., 2011). Таким образом, за 2 тыс. лет после погребения из гор. А1 каштановых почв и солонцов подверглось минерализации соответственно 45 и 53% запаса углерода в гумусовом слое, из гор. В1 – 24 и 7%. Ранее нами было установлено, что из почв, погребенных во влажные эпохи почвообразования, минерализация ГМ всегда больше, чем гуминовых веществ (ГК+ФК) (Демкин и др., 2010), что, вероятно, связано со спецификой трансформации структуры и функционированием микробного сообщества, что будет рассмотрено ниже. Нельзя исключать вероятность того, что во 2-й пол. I в. до н.э. – 1-й пол. I в. н.э. условия почвообразования были более влажными.

Подкурганные и современные каштановые почвы имеют разный состав гумусовых профилей: по усредненным данным для первых характерно преобладание в гор. А1 и В1 гумусового слоя ФК, для вторых – ГК (рис. 27).

Палеосолонцы по типу усредненного гумусового профиля с преобладанием ГК близки современным каштановым почвам. Состав гумуса современных солонцов подобен составу гумуса со-

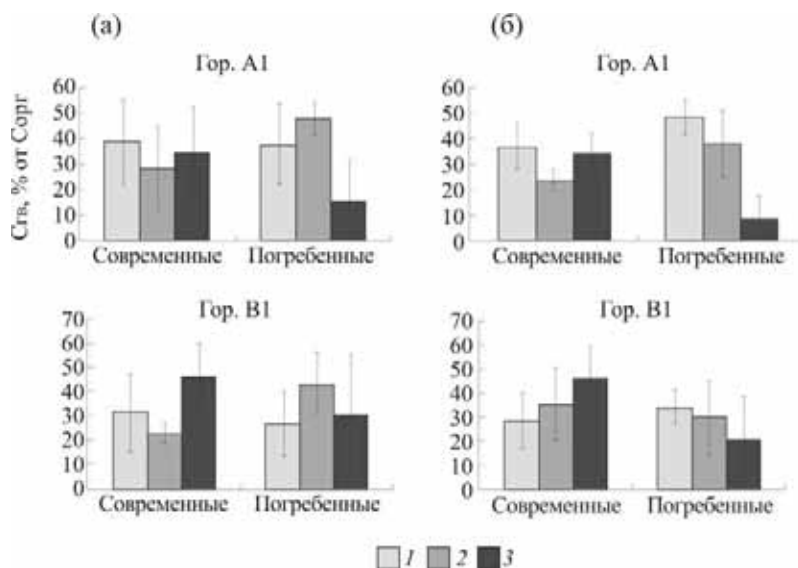


Рис. 27. Состав гумуса каштановых почв (а) и солонцов (б):
1 – $C_{ГК}$, 2 – $C_{ФК}$, 3 – $C_{ГМ}$.

временных каштановых почв в гор. A1, где максимально содержание ГК. В то же время состав гумуса солонцового горизонта B1 близок составу гумуса погребенных каштановых почв.

При более детальном анализе типов гумуса подкурганых и современных почв по соотношению $C_{ГК}/C_{ФК}$ удалось выявить, что их совокупности отчетливо делятся на группы с разным строением типов гумусового профиля (табл. 23). Одна группа современных каштановых почв имеет нормальный для дернового процесса почвообразования профиль типов гумуса: фульватно-гуматный в гор. A1 с отношением $C_{ГК}$ к $C_{ФК}$ 1.4 ± 0.80 и гуматно-фульватный в гор. B1 – 0.97 ± 0.63 . Подобную последовательность распределения типа гумуса имеют солонцеватые разности, где в настоящее время, по-видимому, активно продолжается процесс остепнения бывших солонцов при их эволюции в зональные почвы. Для второй группы, которую составили несолонцеватые или слабосолонцеватые исходно каштановые почвы, установлена обратная профильная последовательность типов гумуса: гуматно-фульватный в гор. A1, гуматный – в гор. B1 со сменой отношения $C_{ГК}/C_{ФК}$ с 1.01 ± 0.49 до 2.05 ± 1.12 в гор. A1 и B1 соответственно.

Таблица 23. Тип гумуса в современных и подкурганных почвах (приведены среднее значения \pm стандартное отклонение соответствующих величин по данным из 3–5 разрезов в каждом варианте)

Почва		Горизонт	
		A1	B1
		$C_{ГК}:C_{ФК}$	$C_{ГК}:C_{ФК}$
Каштановая	Современная	1.40 ± 0.80	0.97 ± 0.63
		1.01 ± 0.49	2.05 ± 1.12
	Подкурганная	1.06 ± 0.28	0.52 ± 0.15
		0.36 ± 0.10	0.89 ± 0.49
Солонец	Современный	1.52 ± 0.54	0.96 ± 0.79
		1.52 ± 0.22	1.10 ± 0.39
	Подкурганный	0.76 ± 0.06	1.35 ± 0.07

Подобное развитие гумусообразовательного процесса в сухих степях, вероятно, обусловлено большей влажностью иллювиального горизонта и возможностью длительно удерживать влагу из-за более тяжелого гранулометрического состава. При этом интенсивнее протекает гумификация растительных остатков, 75–80% которых составляют корни растений (Родин, Базилевич, 1965).

Аналогичная картина смены последовательности типов гумуса связанная с эволюцией почв, характерна для совокупности подкурганных каштановых почв с поправкой на их общую бóльшую фульватность. Фульватизация гумуса исследованных подкурганных каштановых почв позволяет заключить, что их развитие во 2-й пол. I в. н.э. происходило в условиях нарастания засушливости климата.

По типу гумусового профиля современные солонцы совпадают с одной из групп каштановых почв с фульватно-гуматным составом гумуса в гор. A1 и фульватным – в гор. B1. Подкурганные солонцы, как и каштановые почвы, образуют две совокупности. Для первой характерно аккумулятивное распределение $C_{орг}$ в профиле и фульватно-гуматный состав гумуса. Ко второй относятся палеосолонцы с обратным порядком распределения типов гумуса: фульватного в надсолонцовом гор. A1 и фульватно-гуматного – в гор. B1. Создается впечатление, что ритмичность почвообразования, достаточно быстрые обратимые эволюционные трансформации почв солонцового комплекса обуславливают конвергенцию их основных гумусовых характеристик.

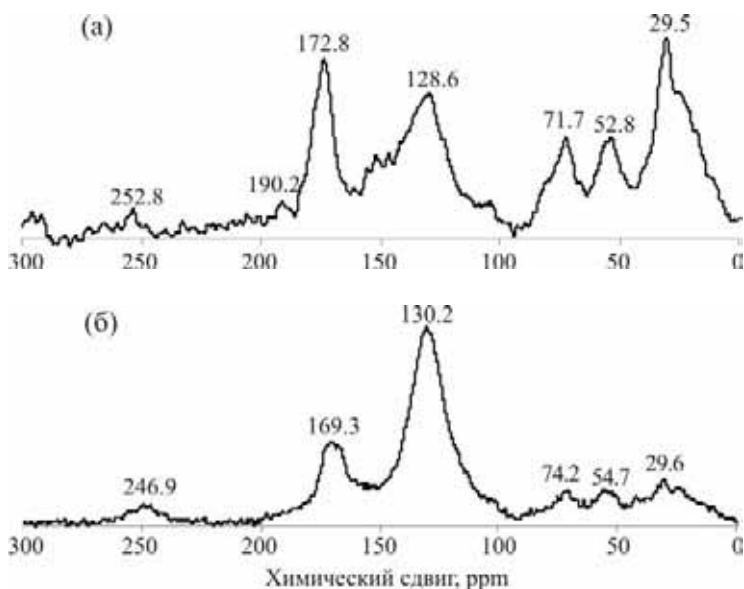


Рис. 28. Твердофазный ^{13}C -ЯМР-спектр препаратов ГК, выделенных из гумусового горизонта (а) современной и (б) погребенной (I в.н.э.) каштановых почв (сигналы от ароматических структур (AR) суммировали по областям 105–164, 183–190 ppm, алифатических (AL) – 0–105, 164–183 и 190–204 ppm; показатель ароматичности – $\text{AR}/(\text{AR}+\text{AL})\cdot 100$)

Процесс трансформации гумусовых веществ в подкурган-ных палеопочвах вследствие сложившихся иных биогидротермических условий достаточно быстро приводит не только к изменению содержания ГК, но и к существенному изменению их молекулярной структуры. На спектре (рис. 28) присутствуют характерные для ГК сигналы в области замещенного ароматического углерода (130 ppm), карбоксильных групп (169–173 ppm) и незамещенного углерода алифатических цепей (5–50 ppm). Кроме того, в препаратах ГК высока интенсивность сигналов гетероатомов (O-, N-) замещенного углерода алифатических фрагментов (53–105 ppm) и наблюдается постоянное присутствие углерода карбонильных групп. В табл. 24 приведены данные содержания молекулярных фрагментов гуминовых кислот.

Таблица 24. Относительное содержание углерода структурных фрагментов (в %) в препаратах ГК (по данным ^{13}C ЯМР – спектроскопии)

Почвы	Спектральные области, ppm					Ароматичность, %
	10–50	50–110	110–160	160–190	190–300	
	$\text{C}_{\text{Alk-H,R}}$	$\text{C}_{\text{ALK-O,N}}$	$\text{C}_{\text{Ar-H,R}}$	$\text{C}_{\text{COO-H,R}}$	$\text{C}_{\text{C=O}}$	
I в. н.э.	11.2	14.6	48.9	17.0	8.4	65
Современность	27.6	21.0	28.6	10.4	4.9	37

Показатель ароматичности структуры макромолекулы, увеличение степени ароматичности ГК свидетельствует о том, что в составе гумуса сохраняются наиболее устойчивые к биodeградации ГК, видимо прочно закрепленные на минеральной матрице адсорбционные комплексы.

Таким образом, установлено, что суммарные потери $\text{C}_{\text{орг}}$ из гумусового слоя (0–30 см) подкурганных каштановых почв и солонцов равны, достигают 70% запаса органического углерода в этом слое ($2.8 \pm 0.25 \text{ кг C/м}^2$) и происходили со средней скоростью $13\text{--}15 \times 10^{-4} \text{ кг C/м}^2$ в год. Более фульватный состав гумуса подкурганных каштановых почв по сравнению с современными и преимущественная минерализация ГМ дает основания предполагать, что в течение I в. н.э. в сухостепной зоне Северных Ергеней сравнительно влажные условия почвообразования сменились засушливыми. Увеличение степени ароматичности ГК подкурганных почв показывает, что в составе гумуса сохраняются наиболее устойчивые к биodeградации адсорбционные комплексы ГК. Подкурганные и современные каштановые почвы и солонцы имеют разные типы гумусовых профилей, образующих две группы. Для одной характерно преобладание фульватно-гуматного типа гумуса в гор. A1 и фульватного – в гор. B1; для второй, напротив, фульватный тип гумуса формируется в гор. A1 и фульватно-гуматный – в гор. B1. Представляется возможность считать, что ритмичность почвообразования и обратимые эволюционные преобразования почв солонцового комплекса, связанные с климатическими флуктуациями, обусловили конвергенцию их основных гумусовых характеристик.

Глава 4. СОСТОЯНИЕ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ ПОДКУРГАННЫХ ПАЛЕОПОЧВ

Заметный прогресс, достигнутый в последние годы в области познания закономерностей изменения микробных сообществ в связи с эволюцией почв и вековой динамикой климата степей юга России за историческое время, во многом обязан комплексным почвенно-микробиологическим исследованиям археологических памятников, в первую очередь курганов эпох бронзы, раннего железа и средневековья (Демкина и др., 2000, 2003, 2004, 2007; Khomutova et al., 2007 и др.). Полученные нами доказательства (Демкина и др., 2007; Demkina et al., 2008; Каширская и др., 2010) «консервации» в подкурганных палеопочвах микробных сообществ прошлых исторических эпох дают основания использовать различные микробиологические параметры в качестве индикаторов динамики климата, в частности, степени его увлаженности.

4.1. Микробные сообщества подкурганных и современных почв солонцовых комплексов

Проведенные в последние годы исследования подкурганных палеопочв степной зоны показали, что в них сохраняются микробные сообщества, которые содержат информацию о палеоэкологических условиях прошлых исторических эпох (Демкина, Борисов, Демкин, 2000, 2003, 2004; Демкина, Хомутова и др., 2010; Demkina et al., 2008). Выявлены микробиологические параметры, отражающие аридные и гумидные климатические эпохи в истории развития почв и почвенного покрова (Демкина, Хомутова и др., 2004). Однако для установления достоверных временных изменений микробиологических параметров необходимо учитывать их пространственное варьирование. Ранее было показано влияние элементов рельефа (вершина водораздела, склон водораздела, высокая речная пойма) на пространственное варьирование различных микробиологических параметров (Демкина, Стретович, Демкин, 2010). Известно, что почвы, составляющие каштаново-солонцовые комплексы юга европейской территории России, существенно различаются между собой по многим параметрам биологического состояния (Всеволодова-Перель и др., 2010;

Казеев и др., 2005), хотя связь их с микрорельефом далеко не всегда однозначна (Хитров, 2005).

Поэтому проведено сравнительное изучение микробных сообществ современных и подкурганных почв солонцовых комплексов сухих степей Нижнего Поволжья для установления закономерностей пространственного варьирования различных микробиологических параметров.

Исследованный ключевой участок расположен в северной части Ергенинской возвышенности в 100 км к юго-западу от г. Волгограда. Объектами изучения послужили современные и погребенные каштановые почвы и солонцы курганного могильника «Аксай-3». Время сооружения исследованного кургана датируется I в. н.э. (около 2000 лет назад, среднесарматская культура). Высота курганной насыпи в центральной части 1.7 м, диаметр 30 м. Она сложена материалом горизонтов A1 и B1 древней почвы. Поэтому отмечено лишь незначительное поступление из насыпи легкорастворимых солей в гор. A1 и B1 подкурганных палеопочв, а нисходящая миграция гипса и карбонатов не происходила вовсе.

Погребенные почвы изучались в траншее длиной 6 м, заложенной в центральной части кургана. Вскрытый траншеей древний почвенный покров представлен палеосолонцом глубоко солончаковатым и каштановыми глубоко солончаковатыми палеопочвами различной степени солонцеватости.

Современные фоновые почвы изучались на целинном участке вблизи курганной группы. В составе растительности доминирует типчак (*Festuca sulcata*) с участием разнотравья. Проектное покрытие 70-90%. Объектами изучения послужили каштановая солонцеватая глубоко солончаковатая почва и солонец солончаковатый.

В работе использовался комплекс полевых и лабораторных методов исследования почв. Проведен полевой морфолого-генетический анализ почвенных профилей с измерением мощностей горизонтов, глубин залегания карбонатной, солевой, гипсовой аккумуляций. По стандартным методикам (Аринюшкина, 1970) выполнены определения содержания гумуса, карбонатов, гипса, легкорастворимых солей, величины pH, влажности, гранулометрического состава.

На микробиологические анализы отбирали репрезентативные почвенные образцы по генетическим горизонтам с соблюде-

нием условий стерильности. В свежих образцах проводили определение численности микроорганизмов различных трофических групп методом посева почвенной суспензии на агаризованные среды (Звягинцев и др., 1980). Микроорганизмы, довольствующиеся элементами питания из рассеянного состояния, учитывали на почвенном агаре (ПА), потребляющие гумус – на нитритном агаре (НА) (Теппер, 1976), использующие легкодоступное органическое вещество – на богатой органической среде (БС) (Ананьева, Васильева, 1985). Рассчитывали эколого-трофическую структуру (ЭТС) микробного сообщества (ПА:НА:БС) в процентах от суммарной численности всех групп микроорганизмов, коэффициент БС/НА, индекс олиготрофности по Никитину (Никитин, Никитина, 1978) $ПА/БС \cdot 100$. Определение содержания мицелия микроскопических грибов проводили методом мембранных фильтров Хансена в модификации Демкиной и Мирчинк (Демкина, Мирчинк, 1983), позволяющим дифференцировать гифы на светло- и темноокрашенные. На основании длины гиф рассчитывали биомассу светло- (БСМ) и темноокрашенного (БТМ) мицелия и суммарную биомассу (СБМ) исходя из удельного веса 1.05 и среднего диаметра гиф, измеренного для каждой почвы.

Достоверность различий определяли на 5%-ном уровне значимости с помощью наименьшей существенной разницы (НСР) и теста Дункана анализа ANOVA (COHORT Software, 1986, 1990).

Физико-химические свойства подкурган-ных и современных почв солонцовых комплексов. Характерными признаками палеопочв солонцового ряда являются белесый цвет гор. А1, красновато-бурая окраска и непрочная мелкопризматическая структура солонцового гор. В1, наличие в нем обильных новообразований оксидов марганца, резкая текстурная дифференциация верхней части профиля. Каштановая несолонцеватая палеопочва отличается серой окраской гор. А1 и серовато-бурой – гор. В1. Для последнего характерны комковато-мелкопризматическая структура и весьма незначительное количество новообразований оксидов марганца. Гранулометрический состав верхних горизонтов палеопочв легко- и среднесуглинистый (табл. 25). Фиксируемое в настоящее время содержание гумуса небольшое и не превышает 1%. С учетом диагенеза (Демкин, 1997) на момент сооружения кургана в исследо-

Таблица 25. Химические свойства современных и подкурганных почв солонцовых комплексов объекта «Аксай-3»

Горизонт, глубина, см	Гумус, %	рН водный	Влаж- ность, %	CaCO ₃ , %	CaSO ₄ , %	Сумма солей, %	Содержание частиц, %	
							Ил, <0,001 мм	Глина, <0,01 мм
Современные почвы								
Каштановая солонцеватая								
A1, 0–18	1.95	8.1	3.8	1.3	0.01	0.08	22.0	38.8
B1, 18–29	1.22	9.1	5.4	4.5	0.02	0.13	29.8	48.4
B2ca, 29–50	0.18	9.9	5.5	13.8	0.05	0.18	31.6	50.8
Солонец солончаковатый								
A1, 0–17	1.63	7.7	1.8	0.6	0.02	0.17	20.0	37.6
B1, 17–32	1.38	8.9	6.8	4.8	0.03	0.47	34.8	49.6
B2ca, 32–44	0.75	8.9	6.5	10.9	0.04	0.42	30.0	50.4
Погребенные почвы, I в. н.э. (~2000 лет назад)								
Каштановая несолонцеватая								
A1, 124–137	0.65	6.9	4.9	0.6	0.00	0.44	8.4	21.1
B1, 137–162	0.60	8.0	5.0	0.6	0.00	0.37	18.4	28.8
B2ca, 162–177	0.44	8.1	6.5	5.1	0.04	0.38	20.8	38.4
Каштановая солонцеватая								
A1, 143–153	0.44	6.8	3.0	0.6	0.02	0.32	8.0	20.4
B1, 153–175	0.39	7.0	5.5	1.0	0.00	0.29	18.4	30.4
B2ca, 175–187	0.30	8.1	5.4	5.7	0.07	0.32	14.8	33.2
Каштановая сильносолонцеватая								
A1, 157–167	0.55	7.1	4.0	0.6	0.00	0.36	6.0	20.3
B1, 167–191	0.55	7.1	6.7	1.3	0.03	0.37	14.8	32.0
B2ca, 191–205	0.55	8.2	6.9	11.8	0.11	0.46	15.1	38.4

Солонец солончаковатый								
A1, 163–176	0.55	6.5	5.0	0.6	0.04	0.45	5.2	23.9
B1, 176–202	0.72	7.6	6.0	1.3	0.00	0.35	14.4	31.2
B2ca, 202–210	0.39	8.2	8.5	12.1	0.14	0.63	17.2	43.1

ванных палеопочвах оно составляло не менее 2–3% (гор. А1). Вскипание отмечается с 30–45 см. Гор. А1 и В1 выщелочены от карбонатов и гипса, несколько повышенное содержание в них легкорастворимых солей (0.3–0.4%) обусловлено поступлением из насыпи. Содержание CaCO_3 в гор. В2са колеблется от 5 (каштановая несолонцеватая почва) до 12% (солонец). Реакция среды в верхней части профиля палеопочв нейтральная и слабо щелочная (рН 6.8–8.2).

Верхние горизонты современных почв (табл. 25) характеризуются средне- и тяжелосуглинистым гранулометрическим составом, сравнительно небольшим содержанием гумуса (менее 2%), легкорастворимых солей (не более 0.5%) и практически отсутствием гипса (0.05% и менее). В отличие от подкуранных палеопочв, в почвах современного солонцового комплекса исчезли красноватый оттенок и новообразования оксидов марганца в гор. В1, его структура трансформировалась из непрочной мелкопризматической в призматическую. В верхнем полуметре резко возросла щелочность (рН более 9) и содержание карбонатов (в гор. В1 почти до 5%, в гор. В2са до 14%). Линия вскипания поднялась на 10–20 см, а верхняя граница аккумуляции легкорастворимых солей и гипса – на 20–40 см. Средневзвешенное содержание последних в толще 0–170 см увеличилось в 1.3 и 2.3 раза соответственно.

Характер выявленных различий подкуранных и фоновых каштановых почв и солонцов дает основание считать, что в I в. н.э. в сухих степях Северных Ергеней климатические условия были более влажными по сравнению с современностью. Масштабы установленных различий морфологических и химических характеристик исследованных почв позволяют полагать, что около 2000 лет назад среднегодовая норма атмосферных осадков превышала современную (около 350 мм) на 30–40 мм. Следует отметить, что наличие климатического среднесарматского микроплювиала в I в.

н.э. зафиксировано по палеопочвенным данным и в других природных районах нижневолжских степей (Демкин и др., 2009, 2010).

Закономерности изменения микробных сообществ по профилю подкурганных и современных почв солонцовых комплексов. Проведенные исследования современных и подкурганных почв солонцовых комплексов сухих степей Северных Ергеней выявили неоднородность в распределении численности микроорганизмов различных трофических групп по профилю (табл. 26). Во всех изученных почвах максимальные значения установлены в гор. А1. Причем, наибольшая численность в этом горизонте выявлена для микроорганизмов, выросших на ПА и использующих элементы питания из рассеянного состояния (14 и 16 млн. КОЕ/г почвы в современной каштановой почве и солонце соответственно, 9–12 млн. КОЕ/г почвы – в подкурганных палеопочвах), в 1.3–2.3 раза меньше для микроорганизмов, выделенных на БС и использующих легкодоступные органические вещества – растительные остатки, и в 6.8–11.6 раз меньше для клеток, выросших на НА и разлагающих гумусовые вещества. Наименьшая численность микроорганизмов этих групп отмечена в подкурганном солонце. В нижележащих горизонтах численность всех групп микроорганизмов снижалась, но различия между гор. В1 и В2 чаще были недостоверными ($P \leq 0.95$). Так, численность микроорганизмов, выросших на ПА и использующих элементы питания из рассеянного состояния, во всех почвах в этих горизонтах достоверно не различалась (табл. 26). Численность же микроорганизмов, выделенных на НА и разлагающих гумусовые вещества, различалась в нижележащих горизонтах только в современной каштановой почве. Численность микроорганизмов, выросших на БС и использующих легкодоступные органические вещества (растительные остатки), наоборот, не различалась достоверно в горизонтах В1 и В2 в двух погребенных каштановых почвах: несолонцеватой и солонцеватой. В современных почвах различия величин этих микробиологических параметров между горизонтами А1 и В1, как правило, были меньше, чем в подкурганных почвах. Кратность различий для каштановых почв 3.2–5.0 и 3.4–6.3, для солонцов 3.8–4.3 и 4.0–6.1 соответственно. Исключение составила численность микроорганизмов, выросших на НА в солонцах (5.0 и 3.8 соответственно). В подкурганных каштановых почвах разной

Таблица 26. Численность микроорганизмов различных трофических групп в современных и подкурганных почвах солонцовых комплексов объекта «Аксай-3»

Время	Почва	Горизонт	Численность микроорганизмов, млн. КОЕ/г почвы		
			ПА	НА	БС
Современность	Каштановая солонцеватая	A1	13.82	2.01	7.99
		B1	4.26	0.40	2.29
		B2 _{Ca}	3.18	0.24	4.33
		HCP _{0.05}	1.47	0.08	0.85
	Солонец солончаковатый	A1	15.78	1.60	8.84
		B1	4.20	0.32	2.05
		B2 _{Ca}	2.88	0.29	3.72
		HCP _{0.05}	2.74	0.06	1.47
I в. н.э. (~2000 лет назад)	Каштановая несолонцеватая	A1	10.46	1.52	7.37
		B1	2.39	0.24	1.68
		B2 _{Ca}	2.20	0.21	2.16
		HCP _{0.05}	1.07	0.29	1.41
	Каштановая солонцеватая	A1	12.37	1.26	7.28
		B1	2.97	0.20	2.16
		B2 _{Ca}	2.96	0.19	2.51
		HCP _{0.05}	1.50	0.21	1.86
	Каштановая сильносолонцеватая	A1	8.96	1.32	6.74
		B1	2.43	0.24	1.28
		B2 _{Ca}	2.02	0.20	2.38
		HCP _{0.05}	1.57	0.16	1.09
	Солонец солончаковатый	A1	10.88	0.94	4.70
		B1	2.74	0.25	0.77
		B2 _{Ca}	2.45	0.21	2.59
		HCP _{0.05}	2.12	0.21	0.68

Таблица 27. Биомасса и структура грибного мицелия в современных и подкурганных почвах объекта «Аксай-3»

Время	Почва	Горизонт	Биомасса грибного мицелия, мкг/г почвы			Доля темноокрашенного мицелия, %
			светлоокрашенного	темноокрашенного	суммарная	
Современность	Каштановая солонцеватая	A1	20.57	99.35	119.92	83
		B1	3.16	80.04	83.20	96
		B2 _{Ca}	0.00	26.53	26.53	100
		HCP _{0.05}	10.42	78.49	81.17	
	Солонец солончаковатый	A1	0.00	44.36	44.36	100
		B1	3.13	21.74	24.87	87
		B2 _{Ca}	0.00	10.07	10.07	100
		HCP _{0.05}	6.26	13.70	14.11	
I в. н.э. (~2000 лет назад)	Каштановая несолонцеватая	A1	0.00	27.29	27.29	100
		B1	0.00	20.18	20.18	100
		B2 _{Ca}	0.00	12.54	12.54	100
		HCP _{0.05}		4.94	4.94	
	Каштановая солонцеватая	A1	0.00	48.16	48.16	100
		B1	0.00	30.88	30.88	100
		B2 _{Ca}	0.00	19.29	19.29	100
		HCP _{0.05}		13.73	13.73	
	Каштановая сильносолонцеватая	A1	0.00	37.49	37.49	100
		B1	0.00	18.55	18.55	100
		B2 _{Ca}	0.00	14.57	14.57	100
		HCP _{0.05}		12.08	12.08	
	Солонец солончаковатый	A1	0.00	33.00	33.00	100
		B1	0.00	16.58	16.58	100
		B2 _{Ca}	0.00	10.26	10.26	100
		HCP _{0.05}		7.51	7.51	

степени солонцеватости кратность этих различий практически всегда снижалась с увеличением степени солонцеватости (с 4.4–6.3 до 3.7–5.5), кроме численности микроорганизмов, выросших на БС, где максимальная кратность различий (5.3) была в кашта-

новой сильносолонцеватой почве, а минимальная (3.4) – в каштановой солонцеватой (табл. 26).

Максимальная биомасса грибного мицелия выявлена также в гор. А1 исследованных почв (табл. 27). В современной каштановой почве ее величина составила около 120 мкг/г почвы, в солонце – чуть более 44 мкг/г почвы, в подкурганных палеопочвах 27–48 и 33 мкг/г почвы соответственно. Вниз по профилю почв наблюдалось уменьшение биомассы, но различия в гор. В1 и В2 чаще были недостоверными. В современных почвах кратность различий по биомассе грибного мицелия в гор. А1 и В1 была 1.4 для каштановой почвы и 1.8 для солонца. Для палеопочв, погребенных в I в. н.э., – 1.4–2.0. Структура грибного мицелия этих палеопочв во всех изученных горизонтах характеризовалась 100%-ным содержанием темноокрашенных гиф, устойчивых к неблагоприятным условиям окружающей среды (в том числе против лизиса, высыхания, длительного углеродного голодания) благодаря наличию меланиновых пигментов (Жданова и др., 1973, 1982; Bloomfield, Alexander, 1967). В современных почвах обнаружены светлоокрашенные гифы грибов: в каштановой почве 17% в гор. А1 и 4% в гор. В1, в солонце 13% в гор. В1 (табл. 27).

Следовательно, закономерности изменения микробных сообществ по профилю современных и подкурганных каштановых почв разной степени солонцеватости и солонцов были во многом сходны и на первый взгляд не имели существенных отличий.

Влияние степени солонцеватости на изменения микробных сообществ подкурганных и современных почв солонцовых комплексов. Для выявления достоверных различий по величинам изученных микробиологических параметров между каштановой почвой и солонцом было проведено их сравнение между современными почвами и отдельно между их аналогами, погребенными в I в. н.э. (табл. 28). В современных почвах различия обнаружены во всех горизонтах. Значения величин микробиологических параметров, различающихся достоверно, в каштановой почве были в 1.2–2.7 раза больше, чем в солонце. Кроме того, в гор. А1 каштановой почвы содержался светлоокрашенный мицелий, а в солонце его не было. В погребенных почвах достоверные различия величин микробиологических параметров установлены только в гор. В1 и В2. Также как и в современных почвах, наибольшие значения величин (в 1.2–

Таблица 28. Достоверные различия величин микробиологических параметров в профиле современных и подкурганных (~2000 лет назад) каштановых почв и солонцов объекта «Акса́й-3»

Горизонт	Параметр	Вклад в дисперсию, %	Уровень значимости F-распределения	Группирование величин параметров по критерию Дункана ($\alpha=5\%$)	Среднее значение параметра группы А / среднее значение параметра группы В
Современные почвы					
А1	НА	96.0	0.0006***	А – К2, В – Сн	1.3
	БСМ	86.0	0.0077**	А – К2, В – Сн	ср. знач. пар. гр. В = 0
	СБМ	76.0	0.0236*	А – К2, В – Сн	2.7
В1	НА	85.7	0.0080**	А – К2, В – Сн	1.3
В2	БС	71.0	0.0352*	А – К2, В – Сн	1.2
	БТМ	79.8	0.0165*	А – К2, В – Сн	2.6
Погребенные почвы					
В1	НА	83.1	0.0114*	А – Сн, В – К2	1.2
	БС	97.7	0.0002***	А – К2, В – Сн	2.8
	БТМ	82.7	0.0119*	А – К2, В – Сн	1.9
В2	ПА	67.5	0.0448*	А – К2, В – Сн	1.2

2.8 раза) были в каштановой палеопочве. Исключение составила численность микроорганизмов на НА, которая была в 1.2 раза больше в гор. В1 палеосолонца (табл. 28).

С помощью дисперсионного анализа проведена оценка влияния степени солонцеватости на изменения величин микробиологических параметров в различных горизонтах подкурганных (I в. н.э.) почв. Как видно из представленных в табл. 29 данных, это влияние проявлялось во всем исследованном почвенном профиле, но в каждом горизонте достоверно сказывалось только на численности какой-то одной трофической группы микробного сообщества. Так, в гор. А1 изменения численности микроорганизмов, минерализующих гумус, на 65% были обусловлены разли-

Таблица 29. Влияние степени солонцеватости на изменения величин микробиологических параметров в различных горизонтах подкурган-ных (~2000 лет назад) почв объекта «Аксай-3»

Гори- зонт	Пара- метр	Вклад в дисперсию, %	Уровень зна- чимости F- распределения	Группирование величин параметров по критерию Дункана ($\alpha=5\%$)
А1	НА	65.0	0.0314*	А – каштановая несо- лонцеватая, каштановая сильносолонцеватая, АВ – каштановая солон- цеватая, В – солонец
	БТМ	67.6	0.0232*	А – каштановая солон- цеватая, АВ – каштановая силь- носолонцеватая, В – солонец, каштановая несолонцеватая
В1	БС	86.0	0.0009***	А – каштановая солон- цеватая, В – каштановая несолон- цеватая, каштановая сильносолонцеватая, С – солонец
	БТМ	80.6	0.0032**	А – каштановая солон- цеватая, В – каштановая несо- лонцеватая, каштановая сильносолонцеватая, солонец
В2	ПА	80.2	0.0035**	А – каштановая солон- цеватая, В – солонец, ВС – каштановая несо- лонцеватая, С – каштановая сильно- солонцеватая

личиями почв именно по степени солонцеватости. Наибольшая численность этой группы микроорганизмов приходилась на каштановые несолонцеватые и сильносолонцеватые почвы, наименьшая – на солонец. В гор. В1 изменения численности микро-

организмов, использующих легкодоступные растительные остатки, на 86% обусловлены варьированием степени солонцеватости. Однако максимальные значения численности этих микроорганизмов установлены в каштановой солонцеватой почве, а минимальные – также в солонце. В гор. В2 степень солонцеватости почв на 80% обусловила изменения численности микроорганизмов, довольствующихся низкими концентрациями элементов питания из рассеянного состояния. Наибольшая численность этой группы зафиксирована также в каштановой солонцеватой почве, а наименьшая – в каштановой сильносолонцеватой.

Различия почв по степени солонцеватости повлияли и на биомассу темноокрашенного грибного мицелия. Ее изменения в гор. А1 на 68%, а в гор. В1 на 81% зависели именно от этих различий почв (табл. 29).

Для сравнения исследованных почв в целом были рассчитаны средневзвешенные значения (гор. А1+В1+В2) величин изученных микробиологических параметров. Показано, что суммарная численность микроорганизмов в современных почвах была больше (13–14 млн. КОЕ/г почвы), чем в подкурганных (7–9 млн. КОЕ/г почвы) (табл. 30). Уменьшение численности микроорганизмов в подкурганных палеопочвах касалось всех трофических групп. Так, численность микроорганизмов, использующих элементы питания из рассеянного состояния, в современных почвах составила 7–8 млн. КОЕ/г почвы, в подкурганных – 4–5 млн. КОЕ/г почвы; разлагающих гумус – 0.8–0.9 и 0.4–0.6 млн. КОЕ / г почвы; минерализующих растительные остатки – 5 и 2–3 млн. КОЕ/г почвы соответственно (рис. 29). При сравнении современных почв выявлены достоверные различия: численность микроорганизмов, выросших на ПА, в профиле каштановой почвы на 20% меньше, а выросших на НА, на 10% больше, чем в солонце. Численность же микроорганизмов, выросших на БС, не имела достоверных различий в этих почвах (рис. 29а). В подкурганных палеопочвах наибольшая численность микроорганизмов, использующих элементы питания из рассеянного состояния, установлена в каштановой солонцеватой почве и солонце, наименьшая (в 1.4 раза) – в каштановой сильносолонцеватой. Достоверно большая численность микроорганизмов, минерализующих гумус, обнаружена в профиле каштановой несолонцеватой почвы (в 1.3 раза) по сравнению с другими палеопочвами, которые между собой досто-

Таблица 30. Эколого-трофическая структура микробных сообществ современных и подкурганных почв солонцовых комплексов объекта «Аксай-3» (по средневзвешенным в профиле величинам)

Время	Почва	СЧ микроорганизмов, млн. КОЕ/г почвы	ЭТС, % (ПА:НА:БС)	БС/НА	Индекс олиготрофности, (ПА:БС:100)
Современность	Каштановая солонцеватая	13.36	54 : 7 : 39	5.7	139
	Солонец солончаковатый	14.24	58 : 6 : 36	6.4	162
I в. н.э. (~2000 лет назад)	Каштановая несолонцеватая	8.08	53 : 7 : 40	5.8	135
	Каштановая солонцеватая	8.97	57 : 5 : 38	7.8	149
	Каштановая сильно-несолонцеватая	6.86	53 : 7 : 40	6.1	134
	Солонец солончаковатый	7.54	65 : 6 : 29	5.0	228

Примечание. Здесь и далее: СЧ – суммарная численность микроорганизмов, выросших на почвенном агаре, нитритном агаре и богатой органической среде; ЭТС – эколого-трофическая структура микробного сообщества, представленная соотношением долей микроорганизмов, выросших на разных средах: ПА, НА, БС.

верно не различались. Наибольшая численность микроорганизмов, разлагающих растительные остатки, выявлена в каштановых солонцеватой и несолонцеватой почвах (различия между которыми недостоверны), в 1.2 раза меньшая – в каштановой сильно-солонцеватой и в 1.6 раза меньшая – в солонце (рис. 29б). Следовательно, прослеживается обратная зависимость между численностью микроорганизмов, выросших на БС и степенью солонцеватости почв.

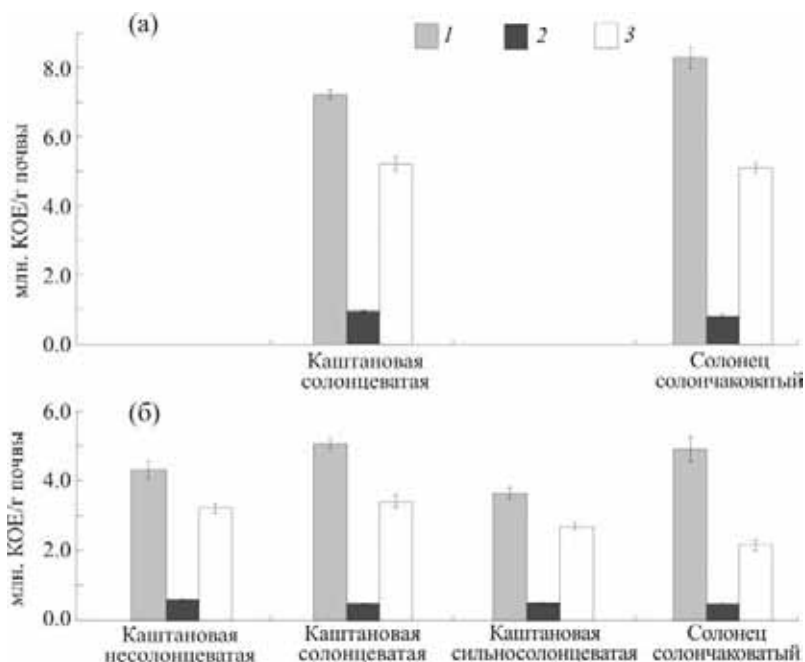


Рис. 29. Численность микроорганизмов различных трофических групп в современных (а) и погребенных (б) почвах солонцовых комплексов объекта «Аксай-3» (средневзвешенные значения величин в гор. А1+В1+В2).

1 – Численность микроорганизмов, выросших на почвенном агаре (ПА); 2 – численность микроорганизмов, выросших на нитритном агаре (НА); 3 – численность микроорганизмов, выросших на богатой органической среде (БС).

В ЭТС всех исследованных каштановых почв различия долей групп микроорганизмов, использующих как трудно-, так и легкодоступные органические вещества, не превышали 2%; использующих элементы питания из рассеянного состояния – 4% (табл. 30). Четких различий между современной каштановой почвой и подкурганными палеопочвами не установлено как по ЭТС, так и по величинам БС/НА (5.7 и 5.8–7.8) и индексу олиготрофности (139 и 134–149 соответственно). Выявленная неоднородность в каштановых палеопочвах одного времени, вероятно, в значительной степени связана с различиями этих почв по степени солонцеватости. Существенные различия обнаружены для солон-

цов (табл. 30). При одинаковой доле микроорганизмов, использующих гумусовые вещества (6%), доля микроорганизмов, разлагающих растительные остатки на 7% больше, а довольствующих элементами питания из рассеянного состояния на 7% меньше в современной почве по сравнению с палеосолонцом I в. н.э. Большие различия зафиксированы и по величинам БС/НА и индексу олиготрофности: в современном солонце они составили 6.4 и 162, в палеосолонце – 5.1 и 228 соответственно.

Наибольшая биомасса грибного мицелия обнаружена в профиле современной каштановой почвы: 73 мкг/г почвы, из них 83% приходились на темноокрашенные гифы (рис. 30а). В современном солонце биомасса грибного мицелия была в 2.6 раза меньше, причем доля темноокрашенного мицелия возросла до 96%. В каштановых палеопочвах I в. н.э. биомасса грибных гиф составила 20–32 мкг/г почвы, при этом 100% – темноокрашенные гифы. В этот же интервал укладывается и палеосолонец I в. н.э., его грибная биомасса составила 20 мкг/г почвы при 100%-ном содержании темноокрашенных гиф. Наибольшая биомасса гиф обнаружена в каштановой солонцеватой почве (в 1.5–1.6 раза) по сравнению с другими палеопочвами, достоверные различия между которыми не выявлены (рис. 30б).

Проведенные исследования микробных сообществ современных и погребенных под курганной насыпью в I в. н.э. каштановых почв разной степени солонцеватости и солонцов показали, что закономерности изменения численности микроорганизмов различных трофических групп (довольствующихся элементами питания из рассеянного состояния, потребляющих гумус, использующих легкодоступное органическое вещество) и биомассы грибного мицелия по профилю этих почв во многом сходны и не имеют существенных отличий. На основе дисперсионного анализа дана количественная оценка влияния солонцового процесса на пространственные изменения микробиологических параметров исследованных почв. Сравнение каштановой почвы и солонца по горизонтам выявило достоверные различия как в современных почвах, так и в подкурганных палеопочвах I в. н.э. Как правило, в каштановых почвах величины микробиологических параметров были в 1.2–2.8 раза больше, чем в солонцах. Проведенная оценка влияния степени солонцеватости на изменения величин микробиологических параметров в различных горизонтах подкурганных

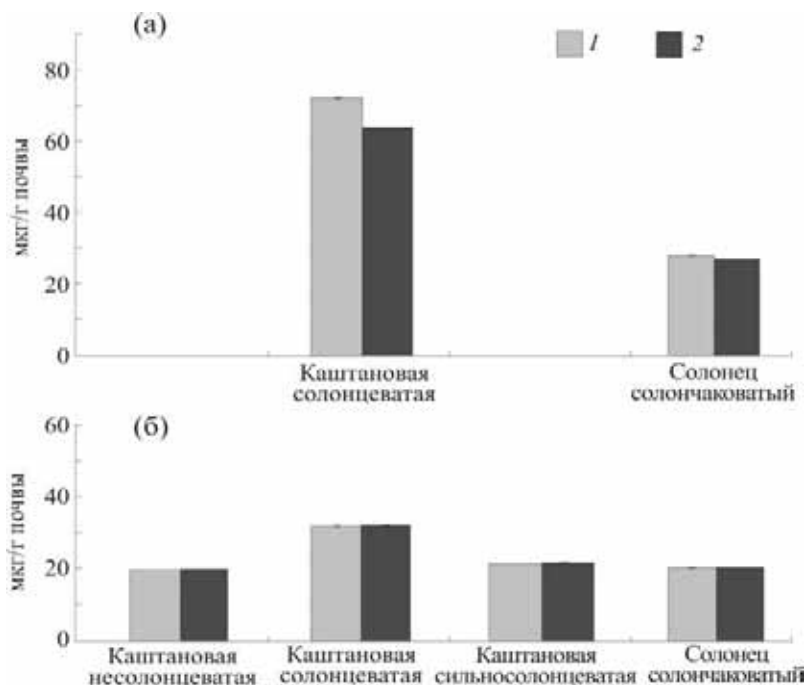


Рис. 30. Биомасса и структура грибного мицелия в современных (а) и погребенных (б) почвах солонцовых комплексов объекта «Аксай-3» (средневзвешенные значения величин в гор. А1+В1+В2).
 1 – Суммарная биомасса грибного мицелия (СБМ); 2 – биомасса темноокрашенного мицелия (БТМ).

почв показала, что это влияние проявилось во всем исследованном почвенном профиле, но в каждом горизонте достоверно отразилось только на численности какой-то одной трофической группы: в гор. А1 на численности микроорганизмов, минерализующих гумус, в гор. В1 на численности микроорганизмов, использующих легкодоступные растительные остатки, в гор. В2 на численности микроорганизмов, довольствующих низкими концентрациями элементов питания из рассеянного состояния. В гор. А1 и В1 наименьшая численность этих микроорганизмов зафиксирована также в солонце. При сравнении изученных почв в целом по средневзвешенным в профиле величинам микробиологических параметров прослеживается обратная зависимость между

численностью микроорганизмов, использующих легкодоступное органическое вещество (растительные остатки) и степенью солонцеватости подкурганных палеопочв I в. н.э. В численности других трофических групп микроорганизмов закономерности, связанные со степенью солонцеватости почв, не выявлены. Наибольшая биомасса грибного мицелия обнаружена в каштановой солонцеватой палеопочве (в 1.5–1.6 раза) по сравнению с другими палеопочвами, которые между собой достоверно не различались.

Таким образом, пространственное варьирование микробиологических параметров, связанное с комплексностью почвенного покрова сухостепной зоны, находится в пределах кратности различий 1.2–2.8, что, несомненно, следует учитывать при исследовании их временной динамики.

4.2. Эколого-трофическая и метаболическая структура микробных сообществ палеопочв

Микробиологические исследования хроноряда подкурганных палеопочв, погребенных в первые века н.э. на территории Приволжской и Ергенинской возвышенностей в сухо- и пустынно-степной зонах показали, что максимальная численность микроорганизмов сосредоточена в гор. A1 (рис. 31) и именно характеристики микробных сообществ этого горизонта отражают вековые изменения увлажненности климата поскольку их C^{14} возраст совпадает с временем сооружения кургана (Demkina et al., 2008).

В каштановых палеопочвах в I в. н.э. биомасса активных микроорганизмов (С-СИД) была в 7–32 раза, а доля С-СИД/С_{орг} в 12–23 раза выше, чем во II–III вв. н.э. (табл. 31). При этом в эколого-трофической структуре микробных сообществ рассматриваемых палеопочв зафиксированы незначительные отличия, что указывает на незначительные изменения климата в сторону аридизации. В светло-каштановых палеопочвах (табл. 31) к концу III–IV вв. н.э. по сравнению со II–III вв. н.э. отмечено возрастание в 1.5 раза С-СИД и в 1.4 раза С-СИД/С_{орг}. За это время в эколого-трофической структуре на 10% увеличилась доля микроорганизмов, использующих растительные остатки, и на 23% уменьшилась доля микроорганизмов, довольствующихся низкими концентрациями элементов питания из рассеянного состояния. Индекс олиготрофности, напротив, снизился в два раза. Известно, что чем

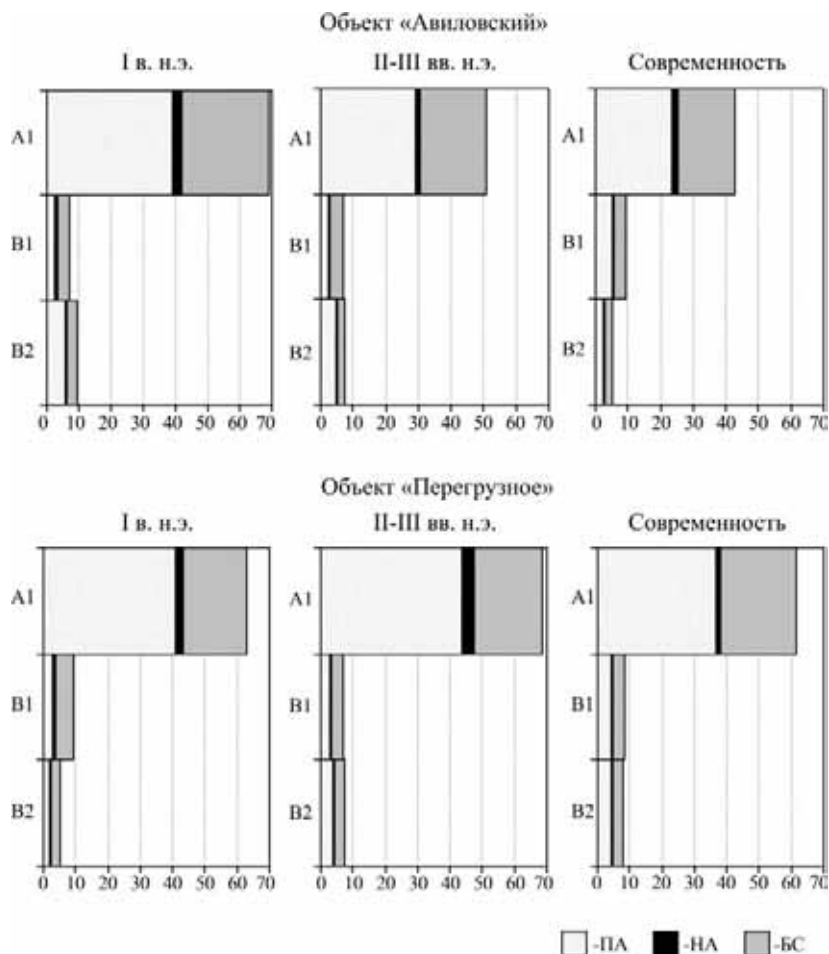


Рис. 31. Суммарная численность микроорганизмов различных трофических групп (млн. КОЕ/г почвы) в профиле подкурганных и современных каштановых почв сухостепной зоны.

ниже его значение, тем в более богатых условиях по легкодоступному органическому субстрату обитают микроорганизмы, и наоборот, чем выше эта величина, тем к более бедным условиям приспособлены микробные сообщества. Следовательно, в конце III – начале IV вв. н.э. произошла заметная гумидизация климата. В подкурганных палеопочвах, которые пребывают в состоянии дли-

Таблица 31. Характеристика микробных сообществ гор. А1 подкурганных и современных почв Нижнего Поволжья

Время	С-СИД, мкг С/ г почвы	СЧ микроор- ганизмов, млн КОЕ/ г почвы	ЭТС, % ПА:НА:БС	БС/НА	Индекс олиго- троф- ности	С-СИД/ С _{орг} , %
Каштановые почвы, курганный могильник «Авиловский»						
I в. н.э.	45.9	68.96	56 : 4 : 40	11	143	0.6
I–III вв. н.э.	6.5	50.58	58 : 3 : 39	11	146	0.05
Совре- менность	657.9	42.80	55 : 4 : 41	9	135	4.2
Каштановые почвы, курганный могильник «Перегрузное»						
I в. н.э.	63.2	62.87	65 : 4 : 31	7	208	0.7
II–III вв. н.э.	2.0	68.40	64 : 5 : 31	6	206	0.03
Современ- ность	497.2	61.76	59 : 2 : 39	21	155	3.2
Светло-каштановые почвы, курганный могильник «Абганерово»						
II–III вв. н.э.	21.4	16.30	58 : 6 : 36	6	157	0.5
III–IV вв. н.э.	32.6	8.91	35 : 19 : 46	2	75	0.7
Современ- ность	1310.8	159.76	42 : 14 : 44	3	95	9.0

тельной изоляции от воздействия внешних факторов (сотни и тысячи лет), значительная часть микробного сообщества находится в покоем состоянии. Поэтому при исследовании состояния микробных сообществ погребенных палеопочв определение суммарной микробной биомассы (С-МБ), включающей как реактивируемые глюкозой, так и глубоко покоящиеся микробные клетки, дает нам общее представление о величине микробного сообщества, а биомасса клеток, дающих отклик на внесение глюкозы (С-СИД), характеризует физиологическое состояние микроорганизмов. Соотношение этих двух показателей может в определенной степени служить характеристикой метаболической активности микробного сообщества.

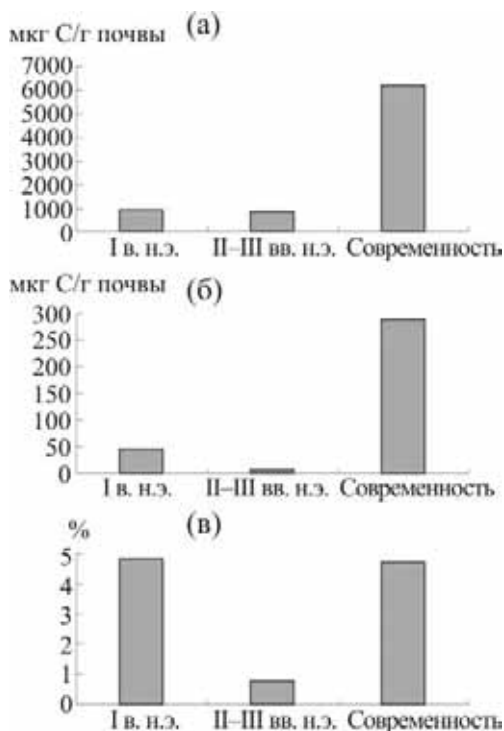


Рис. 32. Биомасса (а - суммарная, б - активная) микроорганизмов и доля активных микроорганизмов в суммарной микробной биомассе (в) в гор. А1 подкурганных и современной каштановых почв (курганный могильник «Авиловский»).

Установлено, что в палеопочвах могильника «Авиловский» (Приволжская возвышенность) суммарная микробная биомасса, активная биомасса и ее доля существенно ниже, чем в современном аналоге (рис. 32). При сравнении же двух палеопочв, погребенных в I и во II–III вв. н.э., выявилось следующее. Суммарная микробная биомасса достоверно не различалась. Активная биомасса и ее доля в суммарной биомассе в этих палеопочвах существенно отличаются, что указывает на различные физиологическое состояние микроорганизмов и структуру микробных сообществ. Заметно более высокие значения этих показателей в среднесарматской палеопочве свидетельствуют о большей увлажненности климата в I в. н.э.

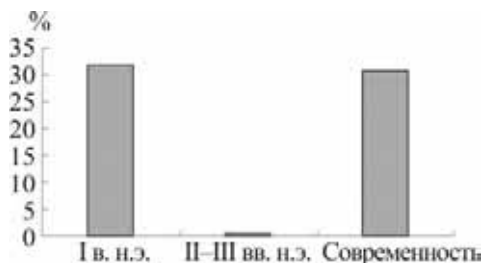


Рис. 33. Доля активных микроорганизмов (С-СИД) в суммарной микробной биомассе (С-МБ) в гор. А1 подкурганных и современной каштановых почв (курганный могильник «Перегрузное»).

Выявленная закономерность прослеживается и в палеопочвах курганного могильника «Перегрузное» (Северные Ергени) (рис. 33). Доля активной биомассы в микробном сообществе гор. А1 каштановой палеопочвы I в. н.э. сопоставима с таковой в современной почве и существенно превышает этот показатель в почве, погребенной во II–III вв. Выявленные различия в состоянии микробных сообществ подкурганных почв были обусловлены сменной относительно гумидных условий почвообразования более аридными, которая приходилась скорее всего на середину II в. н.э.

Таким образом, проведенный сравнительный анализ состояния микробных сообществ подкурганных палеопочв дает основания считать, что первые века новой эры в сухих и пустынных степях Нижнего Поволжья характеризовались сменой сравнительно влажных климатических условий засушливыми, а затем вновь влажными.

Необходимо отметить, что особенности изменчивости микробиологических параметров в исследованных палеопочвах оказались синхронными и однонаправленными, хотя они были приурочены к различным почвенно-географическим зонам (сухо- и пустынно-степная), природным районам (Приволжская и Ергенинская возвышенности), элементам рельефа (водоразделы, речные террасы). Крайне важной представляется согласованность палеоэкологических выводов, полученных на основе микробиологических данных, с природными реконструкциями, проведенными путем традиционного морфолого-химического анализа палеопочв. Более того, микробиологические данные заметно детализировали и уточнили эти реконструкции.

На территории Северных Ергеней в составе могильника «Перегрузное» нами исследована серия курганов ранне- (2-я половина II – I вв. до н.э.) и среднесарматского (I в. н.э.) времени. Данные о морфологических, химических, магнитных свойствах подкурганных палеопочв свидетельствуют о повышенной увлажненности климата в регионе в I в. до н.э. – I в. н.э., которая превышала современные показатели атмосферных осадков не менее чем на 30–50 мм/год. Вместе с тем, зафиксированное повышенное содержание хлоридов в верхних горизонтах среднесарматских палеопочв изученных курганов (№№ 42, 44) является свидетельством начальной стадии аридизации климата. Более того, содержание солей в профиле этих палеопочв одинаково и в несколько раз выше, по сравнению с раннесарматскими палеопочвами. Учитывая изложенные данные, мы имеем основания полагать, что сооружение среднесарматских курганов №№ 42, 44 скорее всего имело место в конце I – начале II вв. н.э., то есть палеопочвенные данные позволили сузить хроноинтервал датировки этих памятников. Весьма интересными оказались результаты микробиологических исследований палеопочв среднесарматских курганов. Определение численности микроорганизмов различных трофической групп в профиле палеопочв позволили установить относительный возраст рассматриваемых памятников. Как видно на рис. 34, эти величины закономерно снижаются в палеопочвах двух исследованных курганов среднесарматского времени, причем вначале в верхнем гор. A1, а затем уже и в нижележащих гор. B1 и B2. Это было обусловлено постепенным нарастанием аридизации климата во 2-й половине I в. н.э. Таким образом, палеопочвенно-микробиологические данные дают основания считать, что курганы №№ 42, 44 могильника «Перегрузное» сооружались в указанной последовательности, вероятно, на протяжении не более 20 лет в конце I – начале II вв. н.э.

4.3. Суммарная и живая микробная биомасса в палеопочвах

Одной из важных характеристик микробных сообществ является их биомасса – суммарная, охватывающая микроорганизмы на разных стадиях жизненного цикла, а также погибшие и мумифицированные клетки, и живая – включающая только активные и покоящиеся клетки. Суммарную биомассу определяли методом

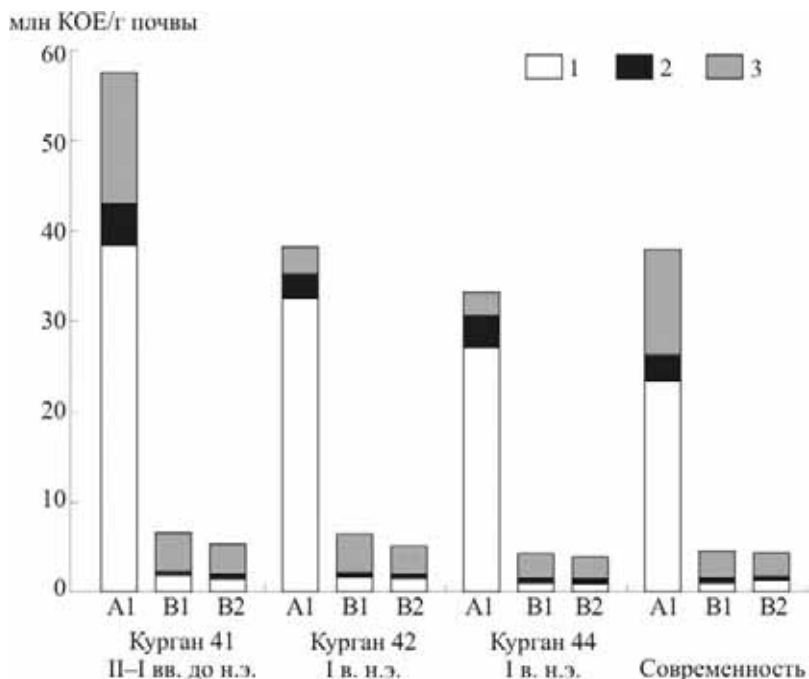


Рис. 34. Численность микроорганизмов различных трофических групп в подкурганных и современных степных солончаках: микроорганизмы, выросшие на: 1 – почвенном агаре и использующие элементы питания из рассеянного состояния; 2 – нитритном агаре и разлагающие труднодоступные органические вещества (гумус); 3 – богатой среде и потребляющие легкодоступное органическое вещество (растительные остатки).

экстракции и осаждения микробной фракции с оценкой полноты выделения и измерением содержания выделенного микробного углерода (Хомутова и др., 2004; Каширская и др., 2009). Живую микробную биомассу оценивали по содержанию почвенных фосфолипидов (Хомутова и др., 2011). Фосфолипиды являются необходимыми компонентами всех живых клеток. Они входят в состав клеточных мембран бактерий, актиномицетов, грибов, низших растений и пр. и не встречаются в клеточных продуктах запасаения, а после гибели клеток быстро разрушаются (Frostegard et al., 1991). Поэтому биомасса, оцененная на основании содержания фосфолипидов, характеризует живую часть микробных со-

обществ, включающую клетки на разных стадиях жизненного цикла, в том числе покоящиеся и некультивируемые формы. Поскольку в засушливых регионах, к которому относятся исследованные почвы, клетки микробных сообществ находятся в основном в покоящемся состоянии, соотношение содержания фосфолипидов и органического углерода в них квазипостоянно. Было установлено, что 1 г углерода клеток соответствует 521 мкмоль фосфатов фосфолипидов (Findlay et al., 1989). Используя это соотношение, мы рассчитали живую биомассу микробных сообществ в единицах углерода, а также долю живой микробной биомассы в суммарной биомассе.

Исследованы палеопочвы, погребенные под курганами ~2000 лет назад в сухих степях Северных Ергеней (могильники «Аксай-3» и «Перегрузное-2009»). На объекте «Аксай-3» (курган №3) исследован солонцовый комплекс I в. н.э.. Современные фоновые почвы (каштановая почва и солонец) были изучены в разрезах на целинном участке. На объекте «Перегрузное-2009» исследованы палеосолонцы, погребенные в I в. н.э. (курганы №42 и №44) и современный фоновый солонец на целинном участке.

Величину углерода, связанного с суммарной микробной биомассой, определяли по разработанной нами методике (Каширская и др., 2009). Основные этапы определения состояли в следующем. Почвенные навески (6 г) размешивали в 0.5% растворе пиродифосфата натрия, обрабатывали ультразвуком, почвенную суспензию доводили до 250 мл. Экстракт, содержащий микробные клетки, отделяли от почвенного осадка центрифугированием при 2000 g. К почвенному осадку прибавляли 60 мл раствора пиродифосфата натрия и повторяли вышеописанные процедуры. Экстракцию проводили троекратно. Объединенные экстракты от трех обработок центрифугировали при 7000 g в течение 2 ч. Надосадочную жидкость отбрасывали, а осажденную фракцию промывали раствором пиродифосфата натрия и переносили количественно в малые центрифужные стаканы с известным весом. Осаждали микробную фракцию центрифугированием при 7000 g в течение 30 мин. Осажденную фракцию высушивали при 105°C и определяли ее массу. Содержание органического углерода в высушенных фракциях определяли методом бихроматного окисления с последующей спектрофотометрией. Полноту экстракции

микробной фракции оценивали по численности микроорганизмов в экстракте и почвенном осадке, используя краситель DAPI.

Величину углерода живой микробной биомассы определяли на основании содержания почвенных фосфолипидов (Хомутова и др., 2011). Для этого почвенный образец растирали до состояния пудры, навески массой 0.5 г помещали во флаконы и суспендировали в 18.3 мл однофазной смеси, состоящей из хлороформа, метанола и фосфатного буферного раствора (50 мМ, pH 7.4) в соотношении 1:2:0.8 (объемные доли). Липидный материал экстрагировали в течение 2 часов при комнатной температуре. Почвенный осадок осаждали центрифугированием при 2000 об/мин в течение 15 мин. Супернатанты отбирали, к почвенному осадку прибавляли 5 мл однофазной смеси, перемешивали и снова центрифугировали. Супернатанты от обоих центрифугирований объединяли, добавляли к ним по 6.2 мл хлороформа и фосфатного буферного раствора и оставляли в холодильнике на ночь для расслоения органической и водной фаз. Верхний водный слой, содержащий буферный раствор, удаляли, а нижний органический слой, содержащий липиды, в том числе и фосфолипиды, анализировали. Измеряли объем слоя и отбирали из него аликвоты по 0.5 мл в двух повторностях для количественного анализа фосфолипидов. Аликвоты органической фазы упаривали под азотом, прибавляли 0.9 мл насыщенного раствора персульфата аммония и ставили на окисление при 95°C в течение 4 суток. Затем к ним прибавляли 0.2 мл 2.5% раствора кислого молибдата аммония и окрашивали малахитовым зеленым. Спустя 30 мин. раствор фотометрировали при длине волны 610 нм. В качестве калибровочного использовали 0.1 мМ раствор глицерофосфата натрия. Каждый почвенный образец анализировали в трех повторностях. Статистическую обработку данных проводили стандартными методами.

Данные по содержанию суммарной микробной биомассы в современных и подкурганных палеопочвах солонцового комплекса I в. н.э. объекта «Аксай-3» представлены на рис. 35. Средневзвешенные величины (гор. A1+B1+B2) суммарной микробной биомассы (рис. 35a) были максимальны в фоновом солонце (1980 мкг С / г почвы) и ниже на 53% (940 мкг С / г почвы) в фоновой каштановой почве. В погребенном палеосолонце суммарная микробная биомасса составляла 86%, а в погребенных каштановых поч-

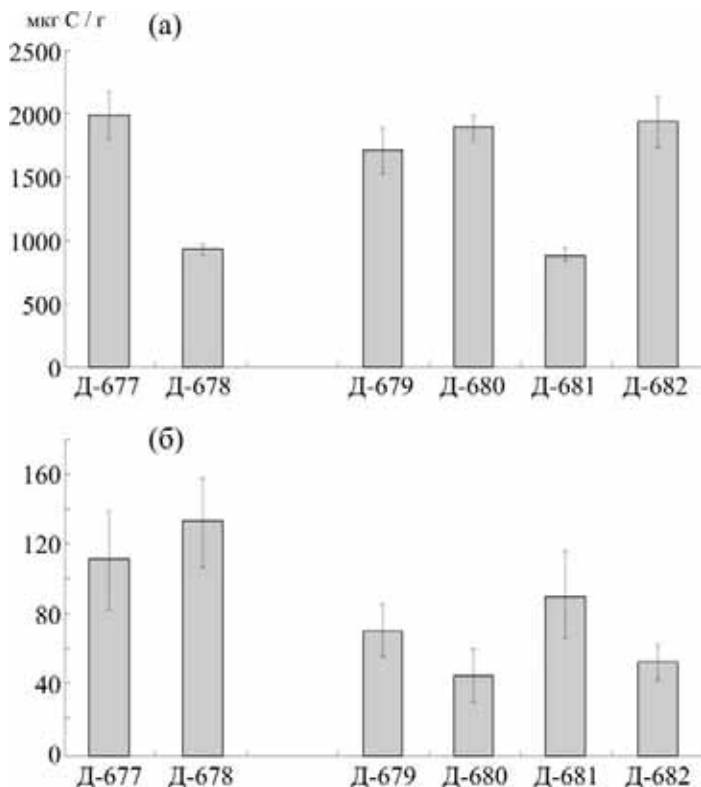


Рис. 35. Средневзвешенные величины (гор. A1+B1+B2) суммарной микробной биомассы (а) и живой микробной биомассы (б) современных фоновых почв объекта «Аксай-3».

Разрезы фоновых почв: Д-677 – солонец, Д-678 – каштановая почва; разрезы подкурганых палеопочв I в. н.э.: Д-679 – палеосолонец, Д-680 – сильносолонцеватая, Д-681 – среднесолонцеватая, Д-682 – несолонцеватая каштановые палеопочвы.

вах – 94% от фона (среднесолонцеватая каштановая палеопочва) и превышала фон в два раза (сильносолонцеватая и несолонцеватая каштановые палеопочвы). Доля суммарной микробной биомассы в общем органическом углероде современных почв составляла 20–26%, а в палеопочвах достигала 40–58%. Средневзвешенные величины живой микробной биомассы (рис. 35б)

были максимальны в фоновой каштановой почве (131 мкг С/г почвы) и ниже на 16% (110 мкг С/г почвы) в фоновом солонце. В погребенных палеопочвах средневзвешенные величины живой микробной биомассы составляли 34–40% (каштановая сильносолонцеватая и несолонцеватая палеопочвы) и 64–68% от фона (каштановая среднесолонцеватая палеопочва и палеосолонец). Доля живой микробной биомассы в суммарной рассматривалась как показатель сохранности микроорганизмов в конкретных почвенных условиях. Она была максимальна в фоновой каштановой почве (14%) и ниже в фоновом солонце (5.6%). В погребенных палеопочвах доля живой микробной биомассы составляла 2.4–2.7% (сильносолонцеватая и несолонцеватая каштановые палеопочвы), увеличивалась до 4.2% (палеосолонец) и достигала 10.2% в среднесолонцеватой каштановой палеопочве. Живая микробная биомасса в фоновых почвах составляла 2.8% от общего органического углерода и 1.5–4.1% – в погребенных палеопочвах.

На объекте «Перегрузное-2009» исследована динамика живой микробной биомассы (рис. 36) в палеосолонцах (курганы №42 и №44) и в современном солонце на целинном участке, а также в солонцовом комплексе, погребенном в I в. н.э., и современных фоновых аналогах. Средневзвешенное содержание живой микробной биомассы (гор. A1+B1+B2) в современном солонце равнялось 40 мкг С/г почвы, а в палеосолонцах составляло 21% (курган №44) и 46% (курган №42) от фона (рис. 36б). Абсолютные величины живой микробной биомассы в глубь профиля в фоновом солонце последовательно уменьшались от 167 до 16 мкг С/г почвы (рис. 36а). В палеосолонцах они колебались на уровне 7–19 мкг С/г почвы, а в сравнении с содержанием живой биомассы в фоновой современной почве по горизонтам они последовательно увеличивались и составляли около 7% от содержания в гор. A1, 19% (курган №44) и 50% (курган №42) от содержания в гор. B1 и 51% (курган №44) и 122% (курган №42) от содержания в гор. B2. Таким образом, полученные результаты указывают на то, что в палеосолонцах сохраняется живая микробная биомасса, причем в большей степени – в нижележащих горизонтах. В палеопочве кургана №42 живая биомасса была больше, чем в таковой кургана №44 в 2.7 (гор. B1) и 2.3 (гор. B2) раз, что может свидетельствовать о более высоком уровне увлажненности климата во время сооружения кургана №42.

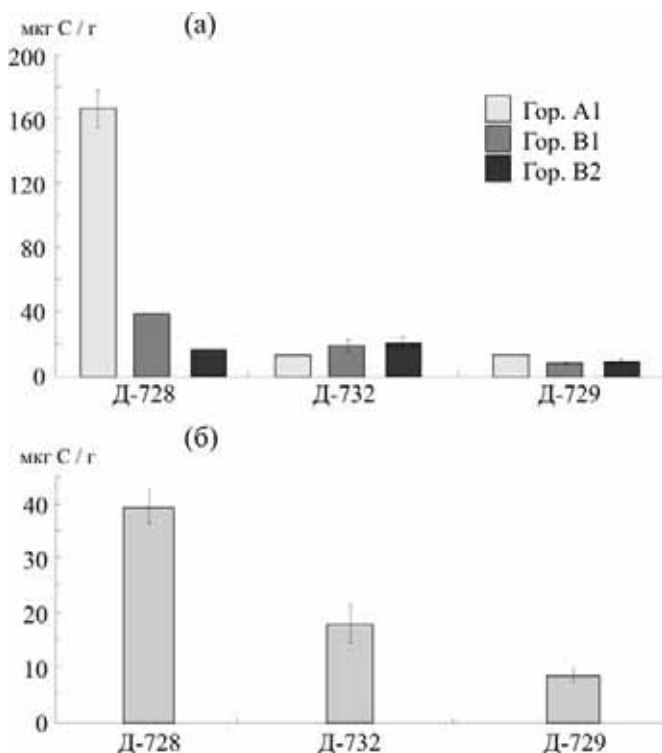


Рис. 36. Содержание живой микробной биомассы в гор. А1, В1, В2 (а) и средневзвешенное по профилю (б) в подкурганных (I в.н.э.; разрезы Д-729, курган №44 и Д-732, курган №42) и современном (разрез Д-728) солонцах объекта «Перегрузное-2009».

Таким образом, в исследованных подкурганных палеопочвах суммарная микробная биомасса сопоставима, а в некоторых случаях превышает таковую в современных фоновых аналогах. Сохранилась также и живая микробная биомасса. Доля живых клеток в суммарной микробной биомассе в палеопочвах солонцового комплекса в некоторых случаях была близка таковой фоновых почв. Сопоставление относительных величин живой микробной биомассы в гор. В1 и В2 двух палеосолонцов свидетельствует о том, что на протяжении I в. н.э. происходило постепенное увеличение засушливости климата. Это дает основания полагать, что показатели состояния микробных сообществ в подкурганных

палеопочвах могут служить индикаторами внутривековой (краткопериодной) изменчивости увлажненности климата. Соотношение углерода, связанного с суммарной микробной биомассой, и общего органического углерода в палеопочвах оказалась выше, чем в современных аналогах, что очевидно, связано с минерализацией органического вещества и исчерпанием запасов доступного органического углерода в процессе длительного погребения (около 2000 лет).

Глава 5. ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ ПОДКУРГАННЫХ ПАЛЕОПОЧВ

Ферментативная активность в палеопочвах грунтовых археологических (курганы) и исторических памятников представляет интерес как неотъемлемая часть их биологической активности. Биологическая активность почв может определяться как активностью почвенной микробиоты, так и активностью внеклеточных ферментов, поступающих в почву преимущественно из микроорганизмов и растений (Михайловская, Миканова, 2008). Внеклеточные ферменты, поступая в почву, адсорбируются глинистыми минералами и почвенным органическим веществом, образуют связи с минеральными и органическими компонентами почвы и приобретают устойчивость к инаktivации и протеолизу (Щербакова, 1983). В стабилизированном состоянии они длительное время могут сохранять свою активность, в том числе и в неблагоприятных условиях. Наибольшее значение имеют два класса почвенных ферментов – гидролазы и оксидоредуктазы (Щербакова, 1983). С гидролитическим разложением органического вещества почвы связана динамика и мобилизация тех форм элементов питания, которые могут быть усвоены почвенной биотой (Михайловская, Миканова, 2008). Оксидоредуктазы являются основными агентами гумификации лигнинов (Александрова, 1980; Кононова, 1963).

Исследования проводились в сухостепной зоне Северных Ергеней (курганный могильник «Перегрузное-2012»). Объектами изучения послужили подкурганная каштановая солонцеватая палеопочва, палеосолонцы корковый и средний, а также луговато-каштановая палеопочва среднесарматского времени (I в. н.э., курган №52). В качестве контроля были взяты аналогичные современные почвы, за исключением луговато-каштановой. В погребенных и современных почвах проведены исследования полифенолоксидазной, пероксидазной и фосфатазной активности.

Ферментативную активность почв определяли методами, описанными Ф.Х.Хазиевым (Хазиев, 2005): пероксидазную и полифенолоксидазную – методом Михайловской; фосфатазную – методом Галстяна и Арутюнян. Каждый образец анализировали в трех повторностях. Статистическую обработку данных проводили стандартными методами.

Полифенолоксидазная активность почв представлена на рис. 37. В современной каштановой почве в гор. А1 полифенолоксидазная активность составляла 238 мг бензохинона / г почвы час. В гор. В1 и В2 она не различалась достоверно и была на 16–18% больше, чем в гор. А1. В современном среднем солонце в гор. А1 полифенолоксидазная активность составляла 123 мг бензохинона / г почвы час, в гор. В1 была в 1.7 раза больше, а в гор. В2 – в 2.4 раза больше, чем в гор. А1. В солонце корковом в гор. А1 полифенолоксидазная активность составляла 164 мг бензохинона/г почвы час, в гор. В1 она была в 2.2, а в гор. В2 – в 1.7 раза больше по сравнению с гор. А1. Таким образом, в современных почвах полифенолоксидазная активность увеличивалась в глубь профиля либо была максимальной в гор. В1.

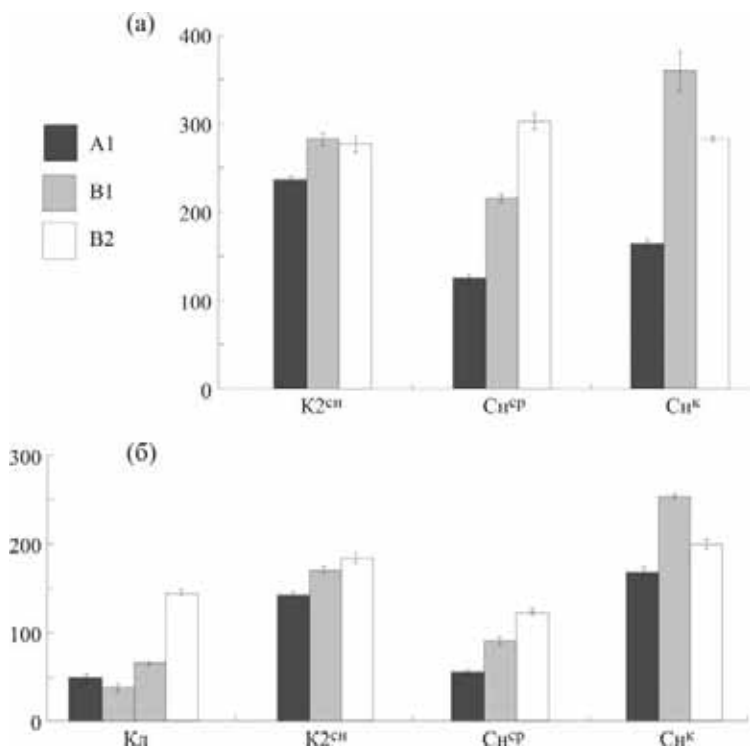


Рис. 37. Полифенолоксидазная активность в профиле каштановых почв и солонцов. (а) – Современные почвы; (б) – палеопочвы, погребенные в I в. н.э.

В луговато-каштановой палеопочве в гор. А1 полифенолоксидазная активность составляла 50 мг бензохинона / г почвы час. В верхней половине гор. В1 она уменьшалась до 38, а в нижней увеличивалась до 65.5 и в гор. В2 достигала 146 мг бензохинона / г почвы час. В каштановой палеопочве в гор. А1 полифенолоксидазная активность составляла 144 мг бензохинона / г почвы час, в гор. В1 была на 8% больше, а в гор. В2 – на 28% больше, чем в гор. А1. В среднем палеосолонце в гор. А1 полифенолоксидазная активность составляла 57 мг бензохинона / г почвы час, в гор. В1 она была на 37% больше, а в гор. В2 – в 2.2 раза больше, чем в верхнем горизонте. В корковом палеосолонце в гор. А1 полифенолоксидазная активность составляла 170 мг бензохинона / г почвы час, в гор. В1 и В2 она была соответственно на 50 и 20% больше, чем в гор. А1. Максимум активности отмечен в гор. В1.

Таким образом, изменчивость полифенолоксидазной активности в профиле подкурганных палеопочв была такая же, как в профиле их современных аналогов.

Пероксидазная активность в профиле современной каштановой почвы достоверно не различалась и составляла 241–261 мг бензохинона / г почвы в час (рис. 38). В среднем солонце в гор. А1 она составляла 119 мг бензохинона / г почвы в час. В гор. В1 и В2 ее величины достоверно не различались и были в 1.8 раза больше, чем в гор. А1. В корковом солонце в гор. А1 пероксидазная активность составляла 145 мг бензохинона / г почвы в час, в гор. В1 увеличивалась в 2 раза, а в гор. В2 – в 1.3 раза по сравнению с гор. А1.

В луговато-каштановой палеопочве в гор. А1 пероксидазная активность составляла 134 мг бензохинона / г почвы в час, в гор. В1 она увеличивалась на 14–17% (в двух слоях гор. В1 не было достоверных различий), а в гор. В2 пероксидазная активность была на 10% меньше, чем в гор. А1. В каштановой палеопочве в гор. А1 пероксидазная активность составляла 151 мг бензохинона / г почвы час, в гор. В1 была в 2.8 раз больше, а в гор. В2 – в 1.4 раза меньше, чем в гор. А1. В среднем палеосолонце пероксидазная активность составляла 70 мг бензохинона / г почвы в час, в гор. В1 и В2 она увеличивалась на 70 и 40% соответственно по сравнению с верхним горизонтом. В корковом палеосолонце в гор. А1 и гор. В2 величины пероксидазной активности были близки (150–

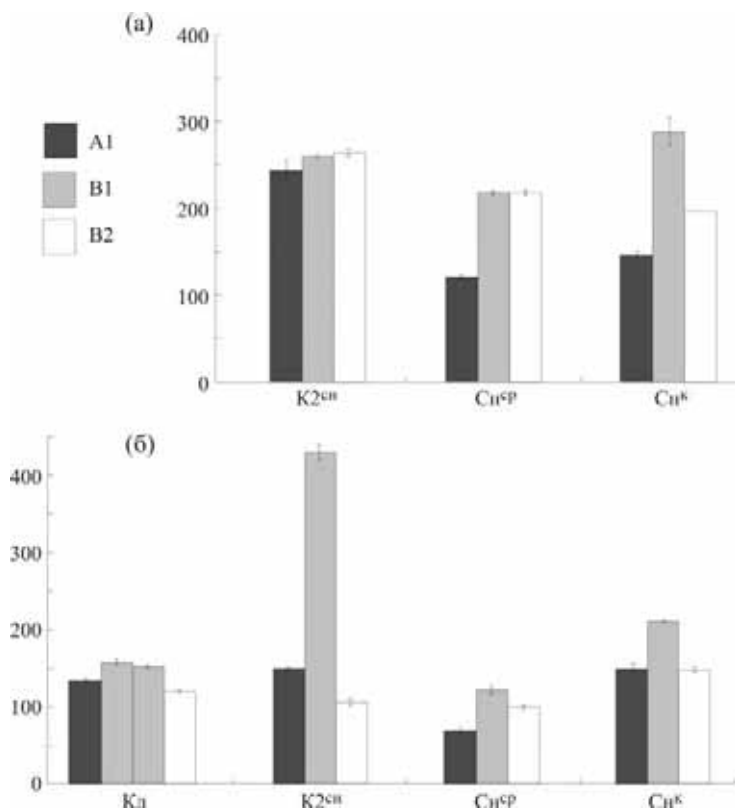


Рис. 38. Peroксидазная активность в профиле каштановых почв и солонцов. (а) – Современные почвы; (б) – палеопочвы, погребенные в I в. н.э.

151 мг бензохинона / г почвы в час), а в гор. B1 она оказалась на 40% больше.

Таким образом, изменчивость пероксидазной активности в профилях подкурганых и современных солонцов была близка. В профилях каштановых почв она различалась, что обусловлено высоким (в 1.6 раза больше, чем в современной почве) значением пероксидазной активности в гор. B1 подкурганной каштановой палеопочвы I в. н.э.

Фосфатазная активность современных и подкурганых каштановых почв и солонцов представлена на рис. 39. В современной каштановой почве в гор. A1 фосфатазная активность со-

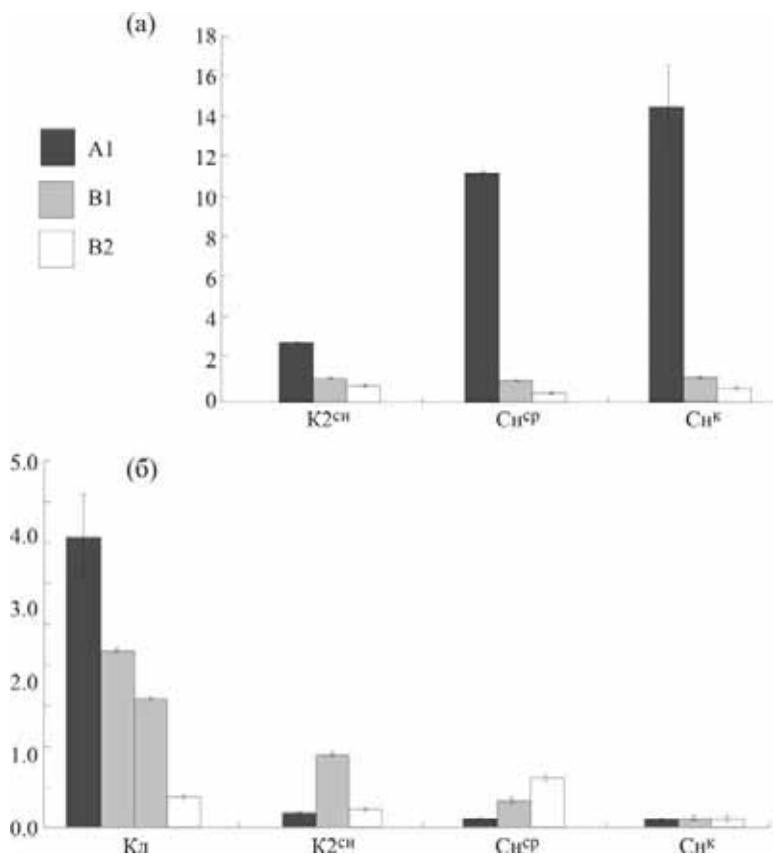


Рис. 39. Фосфатазная активность в профиле каштановых почв и солонцов. (а) – Современные почвы; (б) – палеопочвы, погребенные в I в. н.э.

ставляла $2.87 \text{ мг } \text{P}_2\text{O}_5 / 100 \text{ г почвы в час}$, в гор. B1 она была в 2.5 раза, а в гор. B2 – в 3.5 раза меньше, чем в гор. A1. В солонце среднем в гор. A1 фосфатазная активность составляла $11.2 \text{ мг } \text{P}_2\text{O}_5 / 100 \text{ г почвы в час}$, а в гор. B1 и B2 она уменьшалась в 10 и 25 раз соответственно по сравнению с гор. A1. В солонце корковом в гор. A1 фосфатазная активность составляла $14.5 \text{ мг } \text{P}_2\text{O}_5 / 100 \text{ г почвы в час}$, в гор. B1 и B2 уменьшалась в 11 и 20 раз. Таким образом, в гумусовом горизонте A1 современной каштановой почвы фосфатазная активность была в 4–5 раз меньше, чем в солонцах. В гор. B1 величины фосфатазной активности во всех со-

временных почвах практически не различались, а в гор. В2 ее минимальное значение было отмечено в солонце среднем. В целом, значения фосфатазной активности уменьшались в глубь профиля в каштановой почве в 3.5 раза, в солонцах – в 20 и 25 раз.

В луговато-каштановой палеопочве в гор. А1 фосфатазная активность составляла 3.95 мг P_2O_5 / 100 г почвы в час. В гор. В1 в верхней части она уменьшалась в 1.5 раза по сравнению с гор. А1, в нижней – в 2.3 раза, а в гор. В2 – в 10 раз. В каштановой палеопочве, погребенной в I в. н.э., в гор. А1 фосфатазная активность составляла 0.17 мг P_2O_5 / 100 г почвы в час, в гор. В1 она была максимальна (в 6 раз больше, чем в гор. А1), а в гор. В2 – в 4 раза меньше, чем в гор. В1. В палеосолонце среднем фосфатазная активность в профиле увеличивалась с 0.08 до 0.65 мг P_2O_5 / 100 г почвы час. В гор. В1 и В2 она была соответственно в 4 и 8 раз больше, чем в гор. А1. В горизонтах коркового палеосолонца величины фосфатазной активности различались недостоверно: 0.08–0.09 мг P_2O_5 / 100 г почвы в час.

Таким образом, распределение (изменчивость) фосфатазной активности в профиле подкурганных палеопочв отличалось от их современных аналогов. Это связано с тем, что в различных горизонтах погребенных почв фосфатазная активность сохранилась не одинаково. Если в гор. А1 она составляла 0.6–6% от современного уровня, то в гор. В1 и В2 она, как правило, сохранялась на уровне 7–88% от современного, а в гор. В2 погребенного среднего солонца была в 1.5 раза больше, чем в гор. В2 аналогичного современного солонца.

Средневзвешенные величины ферментативной активности в гор. А1, В1 и В2 современных и подкурганных каштановых почв и солонцов представлены на рис. 40.

Полифенолоксидазная активность в современной каштановой почве составляла 267 мг бензохинона / г почвы в час, в среднем солонце она была на 30% меньше, а в корковом солонце на 10% больше, чем в каштановой почве. В луговато-каштановой палеопочве средневзвешенное значение полифенолоксидазной активности составляло 87 мг бензохинона / г почвы в час, в каштановой палеопочве оно было в 2 раза больше, чем в луговато-каштановой палеопочве. В палеосолонцах полифенолоксидазная активность различалась в 2.5 раза: в среднем солонце она составляла 91, а в корковом солонце – 223 мг бензохинона / г почвы в час. Зна-

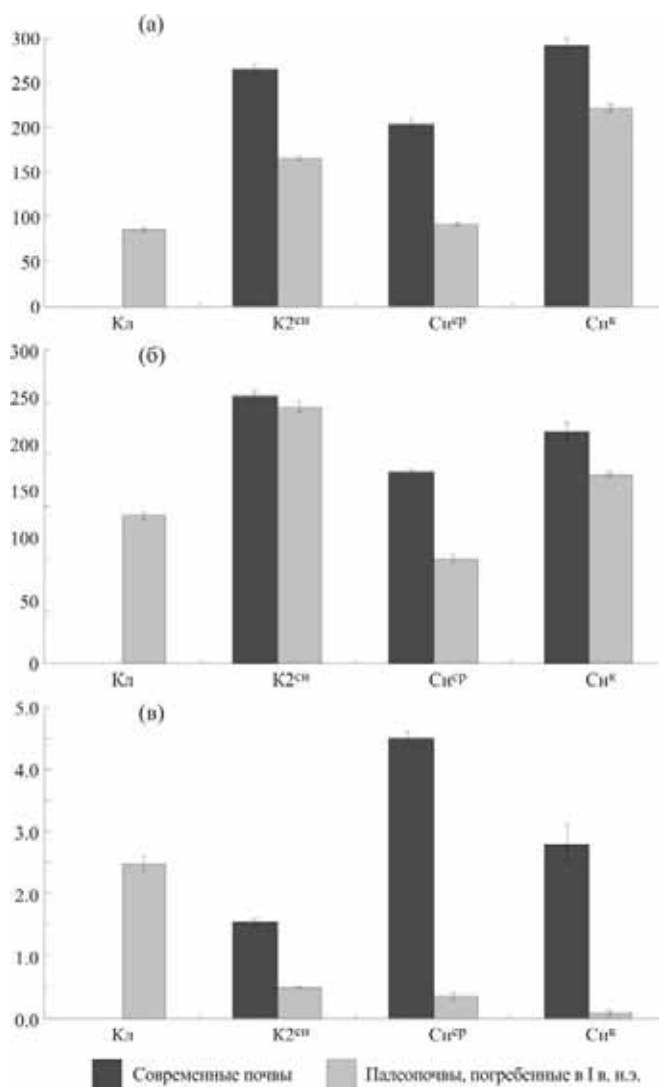


Рис. 40. Средневзвешенные (гор. А1, В1, В2) величины ферментативной активности в каштановых почвах и солонцах: (а) – полифенолоксидазная, (б) – пероксидазная, (в) – фосфатазная активности.

чения полифенолоксидазной активности в каштановой палеопочве, среднем и корковом палеосолонцах соответственно составляли 63, 44 и 75% от их современных аналогов.

Средневзвешенное значение пероксидазной активности в современной каштановой почве составляло 254 мг бензохинона / г почвы в час, в среднем солонце оно было на 40% меньше, а в корковом солонце на 10% меньше, чем в каштановой почве. В каштановой палеопочве было отмечено максимальное значение пероксидазной активности – 244 мг бензохинона / г почвы в час. В луговато-каштановой палеопочве пероксидазная активность была в 1.7 раз меньше, чем в каштановой, в среднем палеосолонце – в 2.5 раза меньше, а в корковом палеосолонце – на 35% меньше. Величины пероксидазной активности в каштановой палеопочве, среднем и корковом палеосолонцах соответственно составляли 96, 55 и 81% от их современных аналогов.

Средневзвешенная величина фосфатазной активности в современной каштановой почве составляла 1.6 мг P_2O_5 / 100 г почвы в час. В среднем солонце она была в 3 раза больше, а в корковом солонце – в 2 раза больше, чем в каштановой почве. В луговато-каштановой палеопочве средневзвешенная фосфатазная активность составляла 2.49 мг P_2O_5 / 100 г почвы в час, в каштановой палеопочве она была в 5 раз меньше, а в палеосолонцах среднем и корковом – соответственно в 7 и 28 раз меньше, чем в луговато-каштановой палеопочве. Значения фосфатазной активности в каштановой палеопочве, среднем и корковом палеосолонцах соответственно составляли 32, 8 и 3% от их современных аналогов.

Таким образом, впервые проведенная оценка ферментативной активности в профиле каштановых почв и солонцов, погребенных в I в. н.э., показала, что во всех исследованных палеопочвах активность сохранялась на определенном уровне от современного.

Полифенолоксидазная активность в горизонтах палеопочв, оцененная по средневзвешенным величинам, сохранялась на уровне 44–75% от современных показателей, а пероксидазная – на уровне 55–96%. Изменчивость полифенолоксидазной активности в профиле погребенных почв была такая же, как и в профиле современных почв, что свидетельствует о сравнительно равномерном ее снижении во всех горизонтах палеопочв после их погребения. Изменчивость пероксидазной активности в профилях подкурганных и современных солонцов была близка, а в профилях разновозрастных каштановых почв существенно различалась.

Уровень сохранения фосфатазной активности, оцененный по ее средневзвешенным величинам, уменьшался в ряду кашта-

новая палеопочва – палеосолонец средний – палеосолонец корковый от 32 до 8 и 3% от современных показателей. При этом в гор. А1 во всех палеопочвах уровень фосфатазной активности был на 94–99% меньше современного, что, очевидно, связано с уменьшением содержания органического вещества в верхнем горизонте почв после погребения. В гор. В1 и В2 палеопочв уровень фосфатазной активности был на 28–93% меньше современного, а в среднем палеосолонце в гор. В2 фосфатазная активность в 1.5 раза превышала современный уровень. С неодинаковой сохранностью фосфатазной активности в различных горизонтах палеопочв связаны существенные отличия ее профильной изменчивости по сравнению с современными почвами. Исключение составляла луговато-каштановая палеопочва, где фосфатазная активность уменьшалась в глубь профиля, а ее средневзвешенная величина была сравнима с таковой в современных каштановой почве и солонцах. Для луговато-каштановой палеопочвы не было обнаружено аналогичной фоновой почвы, однако мы можем, учитывая снижение фосфатазной активности в других почвах на 68–97% от современного уровня, предположить здесь исходную активность от 7.8 до 83 мг P_2O_5 / 100 г почвы. Таким образом, предполагаемый исходный уровень фосфатазной активности в луговато-каштановой палеопочве на момент ее погребения мог быть как минимум в 1.7–5 раз, а максимальный – в 18–55 раз больше, чем в современных каштановой почве и солонцах.

Глава 6. ЭМИССИЯ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА ИЗ ПОДКУРГАННЫХ ПАЛЕОПОЧВ И ДЕПОНИРОВАНИЕ В НИХ НИТРАТНОГО АЗОТА

Почва одновременно является природным источником, стоком и резервуаром диоксида углерода (Заварзин, Кудеяров, 2006; Кудеяров и др., 2007; Орлов, Бирюкова, 1998; Смагин, 2000; Conrad, 1996; Mosier, 1998). Обмен CO_2 в системе «почва–атмосфера» включает в себя разнообразные биотические и абиотические процессы его образования, внутрипочвенного перемещения и трансформации, улетучивания в атмосферу и поглощения из атмосферного воздуха. В палеопочвах, погребенных под культурными слоями, курганными насыпями, оборонительными валами и пр., до настоящего времени сохранились многие признаки и свойства, отражающие геохимические, климатические, биологические и другие условия их формирования и развития (Александровский, Александровская, 2005; Борисов и др., 2006; Демкин и др., 2007, 2010). Концентрация диоксида углерода в почвенном воздухе и скорость его обмена в системе «почва–атмосфера» служат индикатором аэробных и анаэробных условий в почвенной среде, численности и активности микробного сообщества, характеризуют запасы легкоразлагаемых органических соединений, их минерализационную способность, соотношение окислительных и восстановительных процессов трансформации углерода в почве (Заварзин, Кудеяров, 2006; Кудеяров и др., 2007; Орлов, Бирюкова, 1998; Смагин, 2000; Conrad, 1996).

На объектах могильника «Перегрузное» (курганы № 45 и № 51) методом закрытых камер впервые *in situ* в летний период было оценено выделение диоксида углерода из подкурганных палеопочв и из современных фоновых почв. Перед установкой камер (по три камеры на каждом участке отбора) поверхность современной почвы освобождали от растительности (рис. 41), а для установки камер-изоляторов на палеопочве (гор. А1) подготавливали площадку со снятием насыпной толщи, для чего непосредственно перед началом измерений на стенке разреза делали выемку (рис. 42). Отбор газовых проб проводился в одно и то же время суток (между 9.00 и 10.00 час утра), время экспозиции составляло 45 мин. Чтобы избежать перегрева камер-изоляторов на открытом



Рис. 41. Применение метода закрытых камер. Камеры-изоляторы установлены на участке фоновой почвы.

солнце, их накрывали светлыми тканевыми чехлами. Газовые пробы отбирали в вакуумированные пробирки. При отборе проб контролировали температуру и влажность воздуха и почвы. Вблизи от камер-изоляторов отбирали почвенные образцы для последующего химического анализа. Концентрацию CO_2 в пробах измеряли на газовом хроматографе «Кристаллюкс-4000М» (Россия). Величину потоков диоксида углерода рассчитывали по изменению его концентрации в изоляторе за период экспозиции. В почвенных образцах определяли $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, $\text{C}_{\text{орг}}$ и $\text{N}_{\text{общ}}$ на автоматическом CN-анализаторе Elementar Vario ELIII (Германия), содержание обменного аммония ($\text{N-NH}_4^+_{\text{обм}}$) (Кудеяров, 1965), нитратного азота (N-NO_3^-) (Бочкарев, Кудеяров, 1982).

Основные исходные характеристики исследуемых почв для гор. А1 приведены в табл. 32. Величина $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ в современных почвах была в пределах 7.2–7.9, в подкурганных палеопочвах – 7.1–7.6. Изучаемые почвы, как современные, так и погребенные, значительно различались по содержанию $\text{C}_{\text{орг}}$ и $\text{N}_{\text{общ}}$.



Рис. 42. Применение метода закрытых камер. Камеры-изоляторы установлены на свежевскрытом участке горизонта A1 погребенной почвы.

Подвижный минеральный азот и в современных и в погребенных почвах был представлен преимущественно нитратной формой (табл. 33), при этом в большинстве изученных палеопочв курганов № 45 и № 51 было обнаружено более высокое содержание нитратного азота (5.05–11.07 мг N-NO_3^- /100 г), по сравнению с таковым в современных почвах. Доля нитратной формы азота от содержания N общ в современных почвах составляла 0.05–0.7%, а в палеопочвах – 0.6–17.0%.

Известно, что в почве содержание доступного азота контролируется протекающими в ней противоположно направленными процессами минерализации и иммобилизации, которые напрямую зависят от жизнедеятельности почвенных микроорганизмов (Кудеяров, 1989, 1999; Кузнецова и др., 2003, 2006; Deng et al., 2000). Накопление подвижных минеральных форм азота в поч-

Таблица 32. Исходные характеристики современных и погребенных почв (гор. А1)

Почва, обозначение	pH (H ₂ O)	C орг, %	N общ, мг/100 г
«Перегрузное-2010»			
Современная фоновая почва			
Каштановая солонцеватая солончаковатая, K2 ^{сн,ск}	7.9	0.73	108
Солонец мелкий солончаковатый, Cн ^{м,ск}	7.6	0.97	135
Погребенная палеопочва, курган № 45			
Солонец средний солончаковатый, Cн ^{ср,ск}	7.4	0.25	51
Каштановая глубоко солончаковатая, K2 ^{гск}	7.6	0.65	78
Луговато-каштановая глубоко засоленная, Кл ^{гз}	7.1	0.80	133
Солонец мелкий солончаковатый, Cн ^{м,ск}	7.6	0.23	51
«Перегрузное-2011»			
Современная фоновая почва			
Солонец средний солончаковатый, Cн ^{ср,ск}	7.8	1.11	129
Каштановая солонцеватая, K2 ^{сн}	7.2	1.82	203
Погребенная палеопочва, курган № 51			
Солонец глубоко солончаковатый, Cн ^{гск}	7.6	0.22	44
Каштановая глубокосолончаковатая, K2 ^{гск}	7.4	0.54	62
Луговато-каштановая глубоко засоленная, Кл ^{гз}	7.0	0.56	65

ве происходит в том случае, если в ней преобладает процесс минерализации. В связи с этим можно предположить, что сооружение курганный насыпи производилось в весенне-осенний период, когда в почве имелись оптимальные условия увлажнения и присутствовал в достаточном количестве легкоразлагаемый органический субстрат с высоким содержанием азота, в частности зеленая травянистая растительность с узким соотношением C:N. Такая растительная биомасса в условиях, оптимальных для жизне-

Таблица 33. Влажность и содержание минерального азота в погребенных и современных почвах (гор. А1)

Почва	Влажность, вес. %	N-NH ⁴⁺ _{обм}	N-NO ₃ ⁻	N-NO ₃ ⁻ , % от N _{общ}
		мг/100 г		
«Перегрузное-2010»				
Современная фоновая почва				
K2 ^{сн,ск}	2.7	0.26	0.05	0.05
Сн ^{м,ск}	5.2	0.33	0.27	0.2
Погребенная палеопочва, курган № 45				
Сн ^{ср,ск}	8.7	0.42	0.48	0.9
K2 ^{гск}	11.7	0.51	10.23	13.2
Кл ^{гз}	16.1	0.18	7.86	5.9
Сн ^{м,ск}	9.5	0.12	0.29	0.6
Перегрузное-2011				
Современная фоновая почва				
Сн ^{ср,ск}	16.4	0.25	0.76	0.6
K2 ^{сн}	12.4	0.29	1.34	0.7
Погребенная палеопочва, курган № 51				
Сн ^{гск}	9.1	0.07	5.05	11.5
K2 ^{гск}	11.2	0.09	6.91	11.1
Кл ^{гз}	12.1	0.06	11.07	17.0

Примечание. Обозначения почв как в табл. 1

деятельности микроорганизмов, могла быстро минерализоваться, при этом в почве накапливался в достаточно больших количествах нитратный азот (Кузнецова и др., 2003, 2006; Deng et al., 2000; Jensen et al., 1997), а легкодоступный углеродный субстрат быстро исчерпывался, и в почве не происходила дальнейшая иммобилизация накопленного минерального азота. После сооружения насыпи накопленный нитратный азот, по-видимому, не мог подвергаться дальнейшей трансформации, а депонировался в погребенных горизонтах. Для более детального объяснения феномена накопления нитратной формы азота в подкурганных палеопочвах необходимы дополнительные исследования по оценке содержания фракций легко- и умеренноминерализуемого углерода активного органического вещества, углерода и азота микробной биомассы и скорости оборачиваемости этих компонентов активного органического вещества.

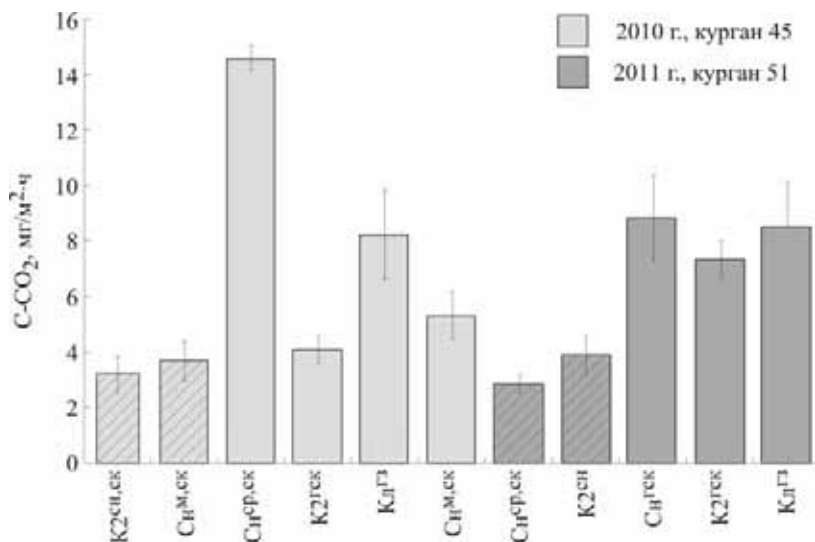


Рис. 43. Эмиссия диоксида углерода из подкурганных палеопочв и из их современных аналогов (заштрихованные столбики).

Исследуемые почвы значительно различались по скорости выделения из них диоксида углерода (рис. 43). Скорость эмиссии диоксида углерода из современных почв была сопоставима и составляла для каштановой почвы 3.2 и 3.9 мг $C-CO_2/m^2$ в час (измерения 2010 г. и 2011 г. соответственно), для солонцов – 3.7 (2010 г.) и 2.9 (2011 г.) мг $C-CO_2/m^2$ в час.

Из палеосолонцов кургана № 45 (измерения 2010 г.) выделялось от 5.3 до 14.6 мг $C-CO_2/m^2$ в час, а кургана № 51 (измерения 2011 г.) – 8.8 мг $C-CO_2/m^2$ в час. Скорость эмиссии диоксида углерода из лугово-каштановых погребенных почв курганов № 45 (измерения 2010 г.) и № 51 (измерения 2011 г.) практически не отличались. Погребенная каштановая почва кургана № 51 (2011 г.) выделяла в 1.8 раза больше диоксида углерода, чем каштановая палеопочва кургана № 45 (2010 г.). Скорость выделения $C-CO_2$ почвами зависела от типа почвы, но в большей степени была обусловлена более высокой влажностью погребенных палеопочв (см. табл. 33), по сравнению с таковой для их современных аналогов.

Таким образом, впервые установлено, что в палеопочвах (гор. А1) на протяжении 2000 лет сохраняется высокое содержание нитратной формы азота (5–11 мг N-NO_3^- /100 г), которое существенно превышает таковое в современных аналогах (преимущественно менее 1 мг N-NO_3^- /100 г). Это свидетельствует о сохранности исходных свойств погребенных почв и может служить важным критерием определения сезона (весна, лето, осень) сооружения археологических памятников.

Различия в скорости выделения C-CO_2 подкурганными палеопочвами и их современными аналогами *in situ* в летний период зависели от типа почвы и в значительной степени были обусловлены более высокой влажностью почв, погребенных под курганами.

Глава 7. РЕКОНСТРУКЦИЯ ДИНАМИКИ УВЛАЖНЕННОСТИ КЛИМАТА В САВРОМАТО-САРМАТСКУЮ ЭПОХУ

Выявленные закономерности изменчивости морфологических, химических, магнитных свойств, биологической активности и эволюции палеопочв в савромато-сарматскую эпоху (VI в. до н.э. – IV в. н.э.) дают основания считать, что в волго-уральских степях на протяжении исторического времени ведущим фактором почвообразования являлся климат. Вековая динамика степени его увлажнения определяла направленность, скорость и масштабы преобразований почвенных свойств, оказывала существенное влияние на интенсивность и направленность элементарных почвенных процессов, на пространственно-временную организацию почвенного покрова. Поэтому одной из важнейших задач почвенно-археологических исследований является реконструкция изменчивости климатических условий за историческое время. Как известно, достоверность и детальность природных реконструкций, в том числе климатических, определяется прежде всего палеобъектами ретроспективных исследований, которые должны отвечать определенным требованиям. Таковыми, на наш взгляд, являются: положение *in situ*; интегральное отражение природных условий; достаточно точная, экспрессная и малозатратная датировка; хорошая сохранность исходных характеристик; пространственно-временная репрезентативность; тесная хронологическая последовательность; приуроченность к различным ландшафтно-геоморфологическим районам; кратковременный (дни, недели) переход в состояние консервации (погребения); легкость обнаружения и вскрытия; возможность комплексных междисциплинарных исследований с использованием различных полевых и лабораторных методов. Очевидно, что перечисленным требованиям в полном объеме отвечают палеопочвы разновозрастных археологических памятников – курганов. Их сооружение происходило непрерывно носителями последовательно сменявшихся друг друга культур эпох энеолита, бронзы, раннего железа и средневековья с конца V тыс. до н.э. до начала XV в. н.э. Курганный погребальный обряд на большей части территории степей осуществлялся в период от оттаивания до промерзания почвенно-грунтовой толщи, то есть с ранней весны до поздней осени. Время сооружения

памятников в зависимости от их размеров и численности занятых в этом процессе людей занимало от нескольких дней до одного-двух месяцев. Точность определения возраста курганов, а следовательно, и времени погребения палеопочв, по археологическим материалам раскопок, как правило, не превышает одного-двух столетий (например, рубеж III–II тыс. до н.э., 1-я четв. II тыс. до н.э., I в. н.э., 2-я пол. II – начало III вв. н.э. и т.п.), причем датировка курганного захоронения может быть проведена в ходе полевых исследований. В евразийских степях курганы распространены в огромном количестве, в частности, только в южных регионах России их число достигает нескольких сотен тысяч. Они приурочены к различным природным районам и элементам рельефа (водоразделы, склоны, останцовые поверхности, речные долины, равнинные и предгорные участки и др.), где зачастую встречаются группами, формируя курганные могильники. Как правило, в составе могильников встречаются памятники различных культур, что дает возможность исследования подкурганных педохронорядов, приуроченных к определенному ландшафту с одинаковыми климатическими, геоморфологическими, литологическими, геохимическими, почвенно-растительными условиями. Достаточно надежная сохранность исходных свойств подкурганных палеопочв обеспечивается спецификой биоклиматических условий степной зоны и довольно мощной (от 50–100 см до 2–3 м и более) перекрывающей их насыпной толщей полусферической формы. Это особенно важно, учитывая, что почвы относятся к числу объектов, интегрально отражающих природные условия их функционирования и развития за историческое время. В исследованиях подкурганных палеопочв с целью реконструкции динамики увлажнения климата возможно использование комплекса разнообразных методов почвоведения, ботаники, почвенной микробиологии, биохимии, молекулярной биологии, минералогии, изотопной геохимии, аналитической химии, геофизики, агрохимии, радиоуглеродного датирования, электронной микроскопии и др.

Изучение многочисленных подкурганных педохронорядов в сухих и пустынных степях юга России позволило нам определить комплекс характерных признаков и свойств палеопочв, отражающих состояние и вековую динамику степени увлажнения климата за историческое время (Демкин и др., 2010). К их числу относятся глубина залегания в почвенном профиле аккумуля-

муляций карбонатов (CaCO_3), гипса (CaSO_4) и легкорастворимых солей (NaCl , Na_2SO_4 , CaCl_2 , MgSO_4 и др.), их средневзвешенное содержание в слоях 0-50, 0-100(200) и 0-200 см соответственно; формы новообразований карбонатов; морфологические и физико-химические признаки степени выраженности солонцового процесса; наличие/отсутствие в иллювиальном гор. В1 новообразований оксидов марганца; окраска и мощность гумусового слоя (гор. А1+В1); содержание и состав гумуса, структура гумусовых веществ; величина магнитной восприимчивости в гор. А1; состав и структура почвенного покрова. Установлено, что в аридные климатические эпохи в почвенном профиле возрастали запасы легкорастворимых солей, гипса, карбонатов, зоны их аккумуляции перемещались ближе к поверхности; трансформировались формы новообразований карбонатов; уменьшались мощность гумусового слоя и содержание гумуса, изменялись его структура и состав; интенсифицировались процессы ветровой эрозии и импультверизации солей с солончаков и акватории Каспийского моря; происходила конвергенция почвенного покрова. Напротив, при гумидизации климата происходило рассоление почвенно-грунтовой толщи; увеличивались содержание гумуса и величина магнитной восприимчивости в гор. А1, актуальные признаки солонцеватости трансформировались в остаточные с сохранением текстурной дифференции, в гор. В1 формировались обильные новообразования оксидов марганца, в развитии почвенного покрова доминировал процесс дивергенции.

Кроме того, нами установлены почвенно-микробиологические параметры, позволяющие судить об аридизации или гумидизации климата в разные исторические эпохи (Демкина и др., 2010). К их числу относятся: 1) активная биомасса микроорганизмов (С-СИД); 2) ее доля от суммарной микробной биомассы (С-МБ), и 3) ее доля от $C_{\text{орг}}$ почвы; 4) эколого-трофическая структура микробного сообщества (ПА:НА:БС), характеризующаяся соотношением микроорганизмов (в %), растущих на почвенном агаре и использующих элементы питания из рассеянного состояния (ПА), на нитритном агаре и потребляющие гумус (НА), на богатой органической среде и разлагающие растительные остатки (БС); 5) соотношение численности микроорганизмов, использующих легкодоступное органическое вещество – растительные остатки (БС) и труднодоступное – гумус (НА): БС/НА; 6) индекс

олиготрофности (ПА/БС·100), который характеризует способность микробного сообщества ассимилировать из рассеянного состояния зольные элементы питания, то есть, чем выше его значение, тем к более бедным условиям питания приспособлены почвенные микроорганизмы и, наоборот, чем ниже, тем к более богатым условиям, связанным с большим поступлением в почву растительных остатков. Количественные характеристики состояния микробных сообществ, такие как значительная биомасса активных микроорганизмов и их высокая доля от С-МБ и С_{орг} почвы, преобладание в эколого-трофической структуре микроорганизмов, использующих легкодоступные органические вещества, высокие значения отношения численности микробов, использующих растительные остатки и гумус, низкие величины индекса олиготрофности дают основания говорить о возрастающем поступлении в почву растительной массы. Известно, что в засушливых областях, к каковым относится и исследованная территория Нижнего Поволжья, увеличение растительной массы прежде всего обусловлено повышением атмосферных осадков в тот или иной исторический период. Усиление же аридизации климата в масштабе исторического времени, напротив, приводит к снижению пяти первых показателей и увеличению шестого.

Сравнительный анализ количественных и качественных показателей морфологических, химических, магнитных, микробиологических свойств палеопочв разновозрастных археологических памятников между собой и с их современными фоновыми аналогами позволяет оценить на качественном уровне степень увлажненности климата в течение того или иного хроноинтервала. Другими словами, мы имеем возможность сделать заключение, что данный исторический период в климатическом отношении был, например, влажнее (или засушливее) предыдущего, последующего или современного. Именно такой подход использован нами для качественной оценки увлажненности климата Волго-уральских степей в различные культурно-исторические этапы развития савромато-сарматской общности на протяжении VI в. до н.э. – IV в. н.э.

Основой для реконструкции климатических условий послужили материалы палеопочвенных исследований около 200 курганов в составе почти 40 могильников, приуроченных, как правило, к автоморфным ландшафтам речных и балочных водо-

Таблица 34. Приуроченность исследованных курганных могильников к ландшафтно-геоморфологическим районам волго-уральских степей

Ландшафтно-геоморфологические районы	Курганные могильники
НИЖНЕЕ ПОВОЛЖЬЕ	
Сухостепная зона	
<i>Приволжская возвышенность</i>	
Водораздел рр. Дон и Арчеда	Ветютнев
Водораздел рр. Иловля и Ольховка	Ольховка, Гусевка
Водораздел рр. Иловля и Б.Казанка	Саломатино
Водораздел в междуречье рр. Иловля и Волга	Зензеватка
Водораздел рр. М. и Б.Казанка	Племхоз
Первая надпойменная терраса р. Иловля	Костарево, Лебяжье
Вторая надпойменная терраса р. Иловля	Петрунино-2, Авиловский, Тары
Первая надпойменная терраса р. Бердия (приток р. Иловля)	М.Воробцовка
Первая надпойменная терраса р. Бурлук (приток р. Медведица)	Недоступов
Останцовые поверхности («столовые» горы) в Волго-Медведицком междуречье	Барановка, Петрунино-4
<i>Северные Ергени</i>	
Балочно-речные водоразделы	Аксеновский, Перегрузное, Аксай-3
Первая надпойменная терраса р. Есауловский Аксай	Аксай-1,2
<i>Прикаспийская низменность</i>	
Еруслано-Торгунская равнина	Торгунское
Приволжская гряда	Бережновка
Джаныбекский останец	Кайрат
Пустынно-степная зона	
<i>Северные Ергени</i>	
Балочно-речные и межбалочные водоразделы	Абганерово-2,3,4, Шунгаровы курганы

<i>Прикаспийская низменность</i>	
Бессточная раннехвалынская равнина	Вишневка, Маляевка
Сарпинская равнина	Джангар
Вторая надпойменная терраса Волго-Ахтубы	Бахтияровка, Колобовка
ЮЖНЫЙ УРАЛ	
Степная зона	
<i>Зауральское плато</i>	
Денудированный останец на водоразделе рр. Суундук и Урал	Солончанка
Сухостепная зона	
<i>Подуральское плато</i>	
Первая и вторая надпойменные террасы рр. Илек и Хобда	Покровка-2,8,10
Водораздел рр. Илек и Утва	Илекшар
Равнинный участок плато	Кырык-оба

разделов, надпойменным террасам рек, останцовым «столовым» поверхностям, равнинным участкам Приволжской и Ергенинской возвышенностей, Прикаспийской низменности, Подуральского и Зауральского плато в пределах степной, сухо- и пустынно-степной почвенно-географических зон (табл. 34). В итоге качественная оценка увлаженности климата в разные культурно-исторические периоды раннежелезного века получена для 23 ландшафтно-геоморфологических районов степей Нижнего Поволжья и Южного Урала.

Остановимся на анализе закономерностей пространственно-временной изменчивости увлаженности климата в исследуемом регионе (табл. 35). По репрезентативности полученные нами данные не имеют аналогов в практике почвенно-археологических исследований. В целом для волго-уральского степного региона хроноинтервал, к которому приурочены изученные объекты (2500–1600 лет назад), представляет сплошную временную шкалу с шагом 100–150 лет. Вместе с тем, в отдельных природно-геоморфологических областях имеют место временные лакуны, по тем или иным причинам не обеспеченные фактическим палеопочвенным материалом. К числу таковых можно отнести региональные и местные ландшафтно-геоморфологические условия, влияющие на миграции и расселение древнего кочевого населения,

Таблица 35. Качественная оценка изменения увлажненности климата в различных природных районах Волго-Уральских степей в савромато-сарматскую эпоху

Объекты (ургацкие могильники)	Время, века						н.э.			
	VI	V	IV	III	II	I	I	II	III	IV
НИЖНЕЕ ПОВОЛЖЬЕ										
<i>Сухопастбищная зона</i>										
<i>Примокская возвышенность</i>										
Вепольев								Г		
Петруляно - 2		Г							А	А
Петруляно - 4		Г							А	А
Барановка										
Костарезо									А	А
Лебяжье									А	А
Авиловский									А	А
Тарал									А	А
М.Воробьевка										
Ольховка, Гусева										
Недоступов		Г					Г	Г→А	А	А
Плехов								Г→А	А	А
Саломатия									А	А
Зеленатка		Г	Г→А						А	А
<i>Северные Буги</i>										
Актюбинский									А	
Асай - 1,2,3		Г					Г	Г→А	А	А
Перетрунов							А→Г	Г	Г→А	А
<i>Прикаспийская низменность</i>										
Торунское								Г		
Березновка								А→Г		
Кайрат		Г								

Пустыню-степная зона					
<i>Северная Европа</i>					
Абганерово - 2,3,4			Г	А	Г
Шугаровы курганы				А	
<i>Иржак-Ливская низменность</i>					
Вышневка	Г				
Малевка					А→Г
Бахтияровка		А→Г	Г	Г→А	А
Колобовка			Г	Г→А	А
Джангар		А→Г		А	
ЮЖНЫЙ УРАЛ					
Степная зона					
<i>Заравальское плато</i>					
Солончанка					Г
Сухостепная зона					
<i>Подуральское плато</i>					
Покровка		А			
Илекшар	Г				А→Г
Кырк-Оба	Г		Г→А		Г
ИЗМЕНЕНИЕ УВЛАЖНЕННОСТИ КЛИМАТА В ВОЛГО-УРАЛЬСКИХ СТЕПЯХ В VI в. до н.э. - IV в. н.э. В ЦЕЛОМ					
	Г	Г→А	А	А→Г	Г
			Г	Г→А	А
				А→Г	Г

Примечание. Индексы увлажненности климата: Г – гумидные условия; А – аридные условия; Г → А – смена гумидных условий аридными; А → Г – смена аридных условий гумидными

особенности ритуально-погребального обряда с наличием или отсутствием основных курганных захоронений в том или ином районе; объективные и субъективные факторы в определении районов и участков археологических исследований; невозможность нашего участия в раскопках памятников и др. Скорее всего комплексом перечисленных причин обусловлено отсутствие в нашем распоряжении данных на территории Приволжской возвышенности для IV-I вв. до н.э. и IV в. н.э., на Северных Ергенях и в Прикаспийской низменности для IV-III вв. до н.э., на Южном Урале для II в. до н.э. – сер. III в. н.э. В определенной степени эти пробелы возможно восполнить литературными материалами, анализ которых будет приведен ниже.

Теперь остановимся на анализе имеющихся данных о палеоклиматической ситуации в волго-уральских степях в савромато-сарматскую эпоху. Как видно (табл. 35), во всех исследованных девяти природных районах сухо- и пустынно-степной зон в конце VI–V вв. до н.э. климатические условия были сравнительно влажными. В конце V – 1-й пол. IV вв. до н.э. началась аридизация климата, достигшая апогея во 2-й пол. IV–III вв. до н.э., о чем свидетельствуют материалы по южноуральскому региону. 2-я пол. II – I вв. до н.э. характеризовались сменой засушливых климатических условий влажными, причем имеются основания считать (данные по объекту «Перегрузное») 2-ю пол. I в. до н.э. как достаточно гумидную эпоху, имевшую продолжение и в I в. н.э. Последнее подтверждается материалами исследований на всех 13 объектах, включающих 56 курганов среднесарматского времени и расположенных в различных природных районах Нижнего Поволжья. Полученные данные о морфолого-химических и микробиологических свойствах среднесарматских подкурганных палеопочв сухих степей Северных Ергеней (объекты «Акса́й», «Пере́грузное») дают возможность судить о внутривековой изменчивости увлажнения климата в I – 1-й пол. II вв. н.э. В палеопочвах нескольких курганов этого хроноинтервала обнаружено повышенное содержание хлоридов в верхних горизонтах, несколько иная эколого-трофическая структура микробных сообществ, меньшая численность и биомасса микроорганизмов по сравнению с другими исследованными подкурганными палеопочвами (Демкин и др., 2012б). Полученные данные дают основания полагать, что эти памятники сооружались в более поздний период, скорее

всего в конце I – начале II вв. н.э. Он уже характеризовался начальной стадией аридизации климата, которая в Прикаспийском регионе прежде всего проявляется в интенсификации золотого переноса легкорастворимых солей, главным образом хлоридов натрия, с акватории Каспийского моря и с поверхности многочисленных солончаков с последующей их аккумуляцией в верхних горизонтах почв. Наряду с этим процессом накопление хлоридов в верхней метровой толще почвенного профиля, как наиболее подвижных минеральных соединений, происходило и за счет их восходящей миграции из зоны аккумуляции, приуроченной к гор. Cs,г, которая, как известно, резко усиливается в засушливые климатические периоды. Следовательно, на финальный период среднесарматского времени (конец I – 1-я пол. II вв. н.э.) приходилась смена сравнительно гумидных условий почвообразования засушливыми. Этот вывод подтверждается и материалами палеопочвенно-микробиологических исследований среднесарматских курганов сухостепной зоны Приволжской возвышенности (объекты «Ольховка», «Гусевка», «Племхоз») и пустынно-степной зоны Заволжья (объекты «Колобовка», «Бахтияровка»). Теперь остановимся на развитии климатической ситуации в Волго-уральских степях в позднесарматское время во 2-й пол. II – 1-й пол. III вв. н.э. Многочисленный фактический материал (18 объектов, около 80 курганов) однозначно свидетельствует об аридизации климата в эту эпоху в сухих и пустынных степях Нижнего Поволжья (табл. 35). Можно полагать, что и в южноуральских степях наступил засушливый климатический период. Последующий этап развития позднесарматской культуры (2-я пол. III – IV вв. н.э.) представлен сравнительно небольшим числом объектов (4) и курганов (10). Однако морфолого-химические и микробиологические характеристики подкурганных палеопочв достаточно выразительно свидетельствуют о начале очередной гумидизации климата во 2-й пол. III в. н.э., которая весьма ярко проявилась в IV в. н.э. как в Нижнем Поволжье, так и на Южном Урале.

Таким образом, полученные данные дают основания считать, что вековая динамика увлажненности климата в савромато-сарматское время в нижневолжских и южноуральских степях была однотипной и синхронной. Она характеризовалась закономерным чередованием гумидных и аридных периодов. С учетом равного разделения и отнесения переходных климатических этапов к

предшествующему и последующему времени, их продолжительность составляла (табл. 35): савроматский гумидный – не менее 150 лет; раннесарматский аридный – 300 лет; ранне-среднесарматский гумидный – 200 лет; позднесарматский аридный – 150 лет; позднесарматский гумидный – более 100 лет.

Итак, нами рассмотрена концепция развития климата в Волго-уральских степях с качественной оценкой степени его увлаженности (сухо – влажно) в различные культурно-исторические периоды савромато-сарматской эпохи (VI в. до н.э. – IV в. н.э.). В связи с возможностью дальнейшей ее разработки возникает вопрос: имеются ли какие-либо теоретические и методические принципы и подходы, палеопочвенные критерии, позволяющие реконструировать динамику *количества* атмосферных осадков за историческое время? На наш взгляд, одним из таковых подходов может быть принцип актуализма. Его суть состоит в том, что при сравнительном анализе подкурганых палеопочв и их современных фоновых аналогов по таксономической и классификационной принадлежности, качественным и количественным показателям степени засоленности, карбонатности, гумусированности, солонцеватости, микробиологической активности и др. возможна оценка среднегодовой нормы атмосферных осадков в прошлые исторические эпохи по сравнению с современной. Проведем такого рода климатические реконструкции на основе данных, полученных при изучении подкурганых палеопочв сухих и пустынных степей Нижнего Поволжья. Как известно (Атлас Волгоградской обл..., 1993), в этом природном регионе количество атмосферных осадков закономерно уменьшается с северо-запада на юго-восток и в среднем составляет в подзоне темно-каштановых почв 400–450 мм/год; в подзоне каштановых почв 350–370 мм/год; в подзоне светло-каштановых почв 280–330 мм/год; в подзоне бурых полупустынных почв 200–250 мм/год. Смена почвенных подтипов происходит в этом же направлении при последовательном снижении количества осадков в целом в подзонах на 60–70 мм/год. Следовательно, можно полагать, что эволюционные преобразования почв региона на типовом/подтиповом уровнях могли происходить в историческом прошлом лишь при уменьшении/увеличении среднегодовой нормы осадков на 60–70 мм и более. Кстати, факты эволюции каштановых почв в бурые полупустынные и обратно, каштановых в темно-каштановые, каштановых

в светло-каштановые и др. выявлены нами при исследовании подкурганных палеопочв бронзового века (конец IV – II тыс. до н.э.) в различных природных районах Среднерусской, Ергенинской, Приволжской возвышенностей и Прикаспийской низменности (Борисов, Демкина, Демкин, 2006; Демкин и др., 2002, 2004б, 2010; Демкин, Ельцов и др., 2004а; Демкин, Борисов, Удальцов, 2010; Демкина и др., 2003). Столь масштабные эволюционные преобразования палеопочв были обусловлены периодической сменой аридных и гумидных условий почвообразования, причем колебания среднегодового количества осадков в ту или иную сторону достигали 100 мм и более. Значительное увлажнение климата в золотоордынское время привело, в частности, на Северных Ергенях к экспансии сухостепных ландшафтов в пределы пустынно-степных с эволюцией светло-каштановых палеопочв в каштановые (Демкин, Якимов и др., 2006; Якимов и др., 2007). В связи со сказанным обращает на себя внимание, что на всех исследованных объектах савромато-сарматского времени изменения свойств палеопочв не приводили к их эволюции на уровне типа или подтипа (за исключением весьма небольших ареалов палеопочв нанопонижений рельефа на территории Северных Ергеней). Поэтому мы имеем основания полагать, что динамика среднегодового количества атмосферных осадков в нижневолжских степях в хроноинтервале 2600–1600 лет назад не превышала $\pm(40-50)$ мм. С учетом масштабов изменений качественных и количественных характеристик упомянутых выше почвенных свойств и признаков нами проведена реконструкция динамики количества осадков в савромато-сарматскую эпоху в сухих степях Волго-Донского междуречья (подзона каштановых почв) (рис. 44) и в пустынно-степной зоне Заволжья (подзона светло-каштановых почв) (рис. 45). При этом сделано допущение, что как в настоящее время, так и в прошлом норма осадков в Заволжье была на 60–70 мм/год меньше, чем в междуречье. Мы полагаем, что в савроматский период среднегодовое количество осадков в рассматриваемых природных районах достигало 400 и 330–350 мм соответственно. В течение раннесарматского времени оно заметно снизилось как минимум на 40–50 мм. Влажными климатическими условиями как в Волго-Донском междуречье, так и в Заволжье характеризовались I в. до н.э., I и IV вв. н.э. (380–400 и 300–350 мм/год соответственно), а наиболее засушливыми – 2-я

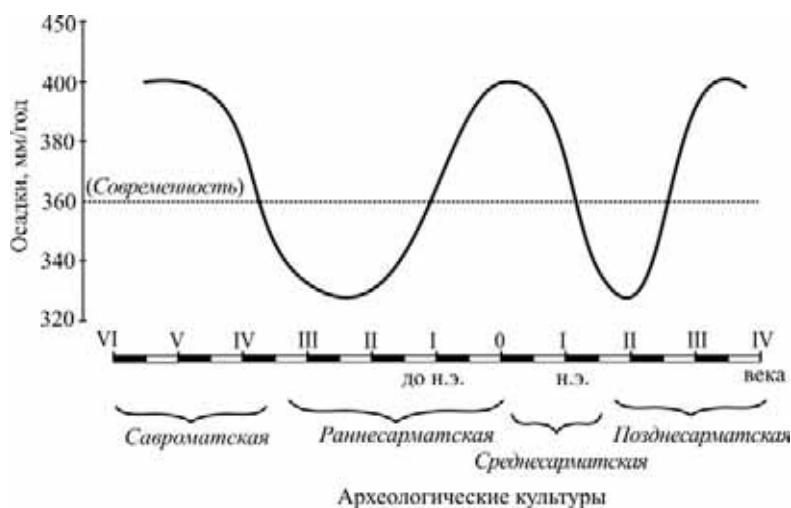


Рис. 44. Реконструкция динамики количества атмосферных осадков в сухостепной зоне Волго-Донского междуречья в савромато-сарматскую эпоху (VI в. до н.э. – IV в. н.э.).

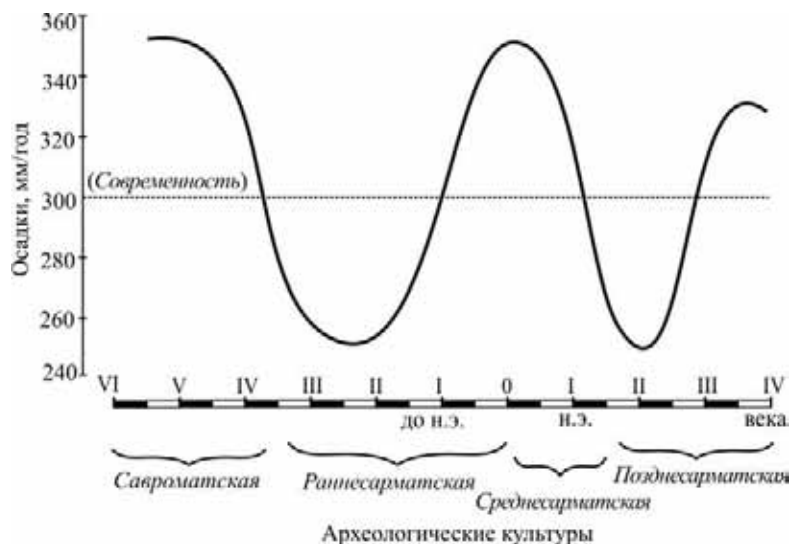


Рис. 45. Реконструкция динамики количества атмосферных осадков в пустынно-степной зоне Заволжья в савромато-сарматскую эпоху (VI в. до н.э. – IV в. н.э.).

пол. II – 1-я пол. III вв. н.э. (330–350 и 250–280 мм/год). Промежуточная и близкая ситуация по степени увлажненности имела место во 2-й пол. II – начале I вв. до н.э., в 1-й пол. II в. н.э. и во 2-й пол. III в. н.э. (350–380 и ~300 мм/год).

Для реконструкции динамики увлажненности климата волго-уральских степей в савромато-сарматскую эпоху нами и другими авторами использовались новые нетрадиционные методические подходы в изучении подкурганных палеопочв как индикаторов развития природной среды в голоцене. В частности, проведены исследования стабильных изотопов углерода органического вещества (гумуса) палеопочв разновозрастных археологических памятников в сухостепной зоне Южного Приуралья (объекты «Покровка») (Рысков, Демкин, 1997) и в пустынно-степной зоне Нижнего Поволжья (объекты «Абганерово») (Борисов, 2002). Как известно, изотопный состав углерода гумуса отражает таковой растительности и соотношение растительных группировок с C3 и C4 типами фотосинтеза, что дает возможность судить о степени увлажненности климата в прошлые эпохи на качественном уровне. Установлено (Рысков, Демкин, 1997), что в исследованных подкурганных темно-каштановых палеопочвах савроматского, раннесарматского и позднесарматского времени Южного Приуралья изотопный состав углерода гумуса $\delta^{13}\text{C}$ колебался от -22.6 до -24.6‰. Полученные данные свидетельствуют о влажных климатических условиях в конце VI – V вв. до н.э., засушливых – во 2-й пол. IV – III вв. до н.э. и вновь влажных – во 2-й пол. III – начале IV вв. н.э. В подзоне светло-каштановых почв Северных Ергеней во 2-й пол. II – 1-й пол. III вв. н.э. имели место засушливые климатические условия (Борисов, 2002).

На основе минералогических и геохимических исследований разновозрастных подкурганных палеопочв сухих и пустынных степей Нижнего Поволжья (объекты «Авиловский», «Перегрузное», «Малаяевка») П.И.Калининым (Калинин, 2009; Калинин и др., 2009) выявлена связь соотношения концентрации рубидия в погребенных и современных фоновых почвах с качественной оценкой увлажненности климата в прошлые исторические эпохи. Данные автора подтверждают наши выводы о климатических условиях в средне- (I в. н.э.) и позднесарматское (II–III вв. н.э.) время, которые были влажными и засушливыми соответственно.

Другой методический путь касается решения проблемы количественной реконструкции увлаженности климата. Он предложен и апробирован А.О.Алексеевым и базируется на изучении магнитной минералогии подкурганных палеопочв (Алексеев и др., 2004; Демкин, Ельцов, Алексеев и др., 2004а; Алексеев, 2010; Alekseeva, Alekseev, Maher, Demkin, 2007). Автором был проведен анализ взаимосвязи магнитных и минералогических свойств современных степных почв с существующими климатическими условиями. Объектами исследований послужили темно-каштановые, каштановые, светло-каштановые и бурые полупустынные почвы Нижнего Поволжья. Данные, полученные при магнитных измерениях, свидетельствуют о формировании в этих почвах ферритмагнетиков (магнетита и маггемита), содержание которых в первую очередь определяет профильное изменение величины магнитной восприимчивости (Алексеев, 2010). Выявлена связь содержания магнитных минералов в почвах с биоклиматическими условиями. На примере нижеволжских степей статистическими расчетами установлена прямая корреляция между величинами магнитных характеристик современных почв и среднегодовым количеством атмосферных осадков (Maher, Alekseev, Alekseeva, 2002). На основании установленной зависимости по данным магнитных измерений подкурганных палеопочв, приуроченных к различным природным районам Нижнего Поволжья и Южного Приуралья (объекты «Авиловский», «Перегрузное», «Абганерово», «Илекшар»), определено количество атмосферных осадков в прошлые исторические эпохи (Демкин и др., 2003, 2004а). Как видно на рис. 46, из числа исследованных хроноинтервалов савромато-сарматской эпохи к влажным климатическим периодам относились V в. до н.э., I и IV вв. н.э. Во II-III вв. н.э. наблюдалось заметное снижение количества атмосферных осадков. Не вызывает сомнений, что предложенный подход количественных климатических реконструкций нуждается в дальнейшей методической доработке, в расширении базы данных и др. Тем не менее, необходимо подчеркнуть следующее. Характер динамики количества атмосферных осадков, установленный по результатам магнитных измерений, в целом отвечает изложенной выше схеме изменения увлажненности климата, построенной на основе морфолого-химических и микробиологических характеристик разновозрастных подкурганных палеопочв. Однако определенные воз-

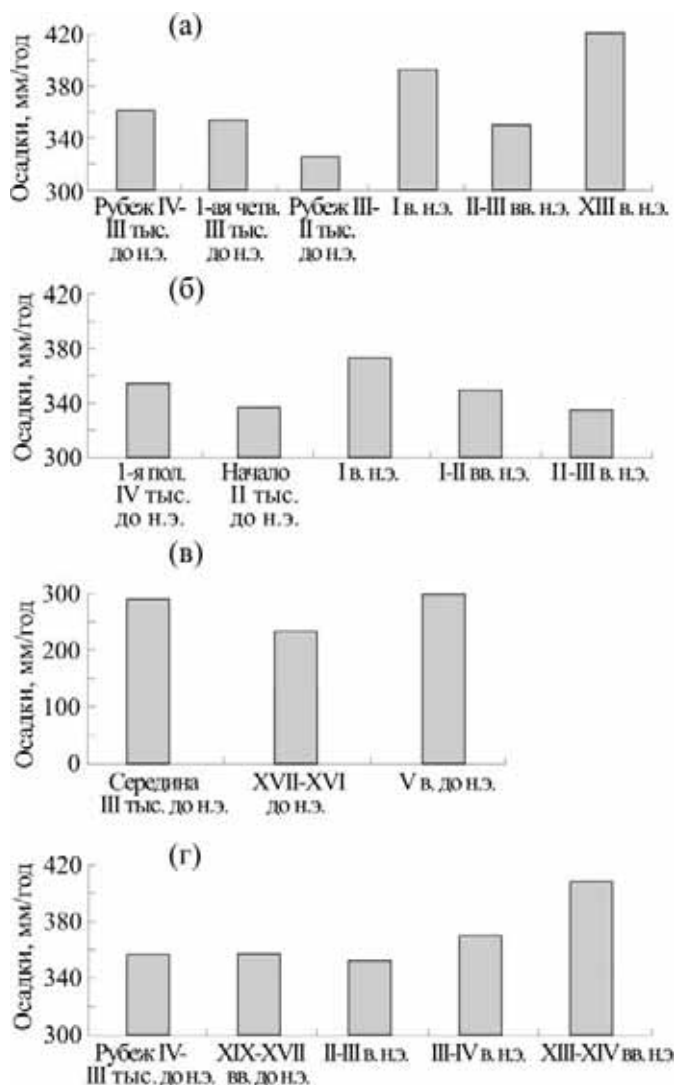


Рис. 46. Реконструкция динамики среднегодового количества атмосферных осадков по данным магнитных измерений подкурганых палеопочв: (а) – Приволжская возвышенность (объект «Авиловский»); (б) – Северные Ергени (объект «Перегрузное»); (в) – Подуральское плато (объект «Илекшар»); (г) – Северные Ергени (объект «Абганерово» (Демкин и др., 2003, 2004а).

ражения вызывают реконструированные абсолютные значения среднегодового количества осадков, особенно для эпохи бронзы.

Таким образом, четыре независимых методических подхода, использованных для реконструкции динамики климата в Волго-уральских степях в савромато-сарматскую эпоху, позволили сделать идентичные выводы. На наш взгляд, это свидетельствует о достаточно высокой степени достоверности проведенных природно-климатических реконструкций. Поэтому представляет особый интерес анализ литературных материалов о закономерностях динамики климата в сопредельных степных и пустынных регионах Евразии в раннежелезном веке.

Начало савроматской истории следует, вероятно, связывать с последствиями климатических изменений в Восточной Европе в начале I тыс. до н.э., когда на фоне аридизации и уменьшения нормы осадков (Зданович и др., 1984; Александровский, 1983; Медведев, 1999), в первую очередь в зимний период, стало возможным круглогодичное содержание скота на подножном корме. Именно аридизация климата послужило предпосылкой и условием возникновения номадизма как новой высокоэффективной формы ведения хозяйства в неблагоприятных палеоэкологических условиях. Достаточно суровым испытанием для ранних кочевников стало похолодание и увлажнение климата в середине I тыс. до н.э., затронувшее весь савроматский мир. Хроноинтервал 2800–2500 лет назад соответствует известному похолоданию в Северной Европе (рубеж суббореал – субатлантик), вызванному снижением солнечной активности по аналогии с маундеровским минимумом (Van Geel et al., 2000). В этот период отмечается наиболее сильное похолодание в Восточной Европе (Климанов, 1996, 2002; Клименко, 1997, 1998; Борзенкова, 1990), наступление ледников практически во всех горных странах Европы (Соломина, 2010; Grove, 2004; Holzhauser et al., 2005). На Северном Кавказе установлено понижение температуры и увеличение осадков в последней трети суббореального периода (Александровский, 2002; Александровский, Бирин, 1987), активизация аллювиальных процессов в интервале 2700–2400 лет назад (Александровский, Александровская, 2005). В конце суббореального – начале субатлантического периодов голоцена произошло наступление леса на степь на территории Украины (Герасименко, 1997), увеличение увлажненности в степной зоне Восточной Европы (Кременецкий,

1997; Герасименко, 2004). По данным А.М.Слепцова и В.В.Клименко (Слепцов, Клименко, 2005), в центре Русской равнины в хроноинтервале 2600–1500 лет назад имели место ритмичные изменения количества атмосферных осадков продолжительностью 100–200 лет. В частности, наиболее заметное увлажнение климата наблюдалось 2600–2500, 2000 и 1600 лет назад, а усиление засушливости – 2200 и 1800–1700 лет назад.

Очередное потепление и уменьшение количества атмосферных осадков в Восточной Европе отмечается в III в. до н.э. (Климанов, 1996, 2002; Александровский, Александровская, 2005). Для Южного Зауралья хронологические рамки этого периода смещаются до начала IV в. до н. э. (Иванов, 1992; Иванов, Чернянский, 1996). В этих условиях началась масштабная миграция ранних кочевников Южного Зауралья на юго-запад в степи Южного Приуралья и лесостепные районы (Таиров, 2003), где климатические условия оставались благоприятными до рубежа эр (Иванов, 1992). При этом происходило постепенное увеличение теплообеспеченности (Климанов, 1996). Относительно гумидным был, вероятно, II в. до н.э., в частности, для этого времени имеются письменные данные о неурожаях, вызванных избыточным увлажнением (Бараш, 1989).

Рубеж эр многие исследователи связывают с потеплением климата, причиной которого послужило кратковременное увеличение солнечной активности (Perry, Hsu, 2000; Клименко, 1998; Климанов, 1996). На протяжении раннежелезного века отмечались значительные колебания уровня Мертвого моря с амплитудой до 10–15 м, обусловленные изменчивостью увлажненности климата (Enzel et al., 2003). Максимум его гумидизации приходился на I в. до н.э. – I в. н.э., затем наступила аридизация (II–III вв. н.э.), вновь сменившаяся влажным периодом (IV–V вв. н.э.). По мнению ряда авторов, для этого периода характерно резкое сокращение осадков после достаточно гумидного предшествовавшего эпизода (Александровский, Александровская, 2005). Однако имеются данные, что начиная с I в. н.э., на территории Русской равнины устанавливается теплый и, вероятно, довольно влажный климат (Берлизов, 2004). На территории Приазовья в I в. н.э. отмечается гумидизация климата (Песочина, 2004). На юге Украины во II–III вв. н.э. по палинологическим данным фиксируются засушливые климатические условия (Герасименко, 2004). В бассейне Аральского моря также

во II–III вв. н.э. заметно усилилась засушливость климата (Виноградов, Мамедов, 1991; Маев и др., 1991).

В климатическом отношении III–IV вв. н.э. известны как «позднесарматский микроплювиал» с предполагаемым максимум увлаженности в IV в. н.э. (Таиров, 2003; Демкин и др., 2004а; Плеханова, Демкин, 2008). Для этого периода характерна минимальная солнечная активность, причем в конце IV в. н.э. начинается ее рост (Perry, Hsu, 2000). Гумидизация климата в IV в. н.э. отмечена в Предкавказье (Александровский, Александровская, 2005), в степной зоне Украины (Герасименко, 1997, 2004), что согласуется с общеевропейскими трендами развития климатической ситуации (Bradley, 1999). Однако уже V в. н.э. в причерноморских степях характеризуется как засушливый (Герасименко, 2004).

Таким образом, литературные данные о динамике увлажненности климата в семиаридных и аридных областях Евразии в раннежелезном веке в целом согласуются с результатами наших исследований. Вместе с тем, следует отметить, что предложенную нами концепцию изменчивости климата отличают хронологическая цельность, природно-территориальное разнообразие и широта, она базируется на обширном фактическом материале и оригинальном междисциплинарном почвенно-археологическом методическом подходе.

В заключение рассмотрим особенности расселения и миграции кочевников раннежелезного века волго-уральских степей в свете сопряженного анализа топографии погребальных памятников (курганов), региональных и местных особенностей состояния и вековой изменчивости природно-климатических условий. Необходимо отметить, что в исследуемом регионе аридизация климата, как правило, сопровождалась ростом степени его континентальности, выражавшейся прежде всего в снижении зимних температур и усилении суровости зим (Демкин, 1997; Рысков, Демкин, 1997). Кроме того, в засушливые эпохи ухудшалось качество почвенно-растительного покрова (увеличение засоленности почв, развитие солонцового процесса, снижение активности почвенных микробных сообществ, уменьшение продуктивности травяной растительности и др.), изменялся гидрологический режим малых рек, ручьев, водоемов. Напротив, в гумидные климатические периоды интенсифицировались процессы выщелачивания и рассолонцевания почв, повышалась их биологическая ак-

тивность, зимы становились сравнительно мягкими с частыми оттепелями, понижались летние температуры, повышалась обводненность гидрографической сети. Периодическая смена рассмотренных ландшафтных и метеорологических условий несомненно сказывалась на жизни савромато-сарматских племен, регулируя маршруты и сроки их сезонных перекочевок, влияла на особенности расселения, региональные и глобальные миграции.

Благоприятная палеоэкологическая обстановка в VI–V вв. до н.э. обеспечивала комфортные условия жизнедеятельности савроматских племен во всем исследованном регионе, включая глубинные ныне полупустынные районы Волго-Уральского междуречья. Это подтверждается наличием памятников данной культуры на территории Бессточной равнины, Джаныбекского останца и др., причем представленных не только впускными, но и основными погребениями. Как уже отмечалось, сложение раннесарматской (прохоровской) культуры происходило в южноуральских степях, где сосредоточен основной массив курганных захоронений населения данной эпохи. Аридизация климата на фоне усиления его континентальности в IV–III вв. до н.э. явилась одной из причин миграции раннесарматских племен в Нижнее Поволжье, где, как считает В.М.Клепиков, мигранты из Приуралья уже в начале IV в. до н.э. заняли все основные палеоэкологические ниши на левобережье Волги, «постоянно «подпитываясь» с востока на протяжении всего IV и III вв. до н.э.» (Клепиков, 2007, с. 42). Одним из палеоэкологических «оазисов» являлась территория шириной 10–20 км, окружающая оз. Эльтон (Эльтонская равнина) (Демкин, 1997). Как в настоящее время, так и прошлом, в частности, в раннесарматскую эпоху, Эльтонская равнина представляла собой островной ареал сухостепных ландшафтов с каштановыми почвами в пустынно-степной (или полупустынной) зоне со светло-каштановыми почвами. Рассоленность почвенно-грунтовой толщи обусловлена высокой расчлененностью территории долинами мелких рек, впадающих в озеро, оврагами, балками. В лиманных понижениях и сухих ложбинах с 2–3 м залегают пресные грунтовые воды. В крупных лиманах талые воды могут сохраняться до середины лета. Кроме того, в оз. Эльтон сосредоточены большие запасы галита (NaCl), правда, с примесью сульфата магния. Поэтому ландшафты Эльтонской равнины всегда были привлекательны для древнего населения. И не случайно

именно здесь сосредоточено большое число погребальных археологических памятников, начиная с эпохи ранней бронзы и заканчивая золотоордынским временем. В 1983–1985 гг. на территории равнины нами проведены комплексные почвенно-археологические исследования 39 курганов (Демкин, Лукашов и др., 1988; Лукашов, Демкин, 1989; Демкин, Лукашов, Ковалевская, 1992; Демкин, 1997), время сооружения которых относится к эпохам ранней и средней бронзы (32%), поздней бронзы (24%) и золотоордынскому времени (44%). Обращает на себя внимание факт отсутствия раннесарматских курганов. Вместе с тем, в общем числе всех обнаруженных в курганах погребений (114) на долю раннесарматских, причем исключительно впускных, приходится 36%, а общее количество основных и впускных захоронений бронзового века и средневековья составляет 44 и 20% соответственно (Демкин, 1997). Раннесарматские погребения совершались преимущественно в курганы полтавкинского времени и, как правило, полностью разрушали захоронения эпохи бронзы, а без учета данных палеопочвенных исследований были бы ошибочно отнесены к основным (Демкин, Лукашов и др., 1988). По материалам археологических раскопок известно, что у раннесарматских племен Нижнего Поволжья доминируют именно впускные курганные захоронения, хотя и те, которые отнесены к основным, в действительности могут таковыми не являться. В какой-то мере данное предположение подтверждает отсутствие в практике наших более чем 30-летних почвенно-археологических исследований в нижеволжских степях курганов, время сооружения которых датировалось бы IV–III вв. до н.э. Финальный же этап развития раннесарматской культуры (середина II – I вв. до н.э.) представлен несколькими памятниками, причем как в Заволжье, так и в Волго-Донском междуречье и Западном Прикаспии. Как уже отмечалось выше, в эту эпоху произошла смена аридных климатических условий влажными, имевшими продолжение и в последующее столетие (I в. н.э.). Появление среднесарматской культуры в волго-уральских степях пришлось на благоприятную в экологическом отношении эпоху. Пока не представляется возможным с естественнонаучных позиций установить причины достаточно высокой численности среднесарматского населения в Нижнего Поволжья и практически отсутствие памятников этого времени в южноуральских степях. Вероятно, в

данном случае природный фактор занимал далеко не ведущее место. Тем более, уже при аридизации климата во II–III вв. н.э. вся территория волго-уральских степей активно осваивается носителями позднесарматской культуры. Но далее происходит еще одно удивительное событие с позиций взаимоотношения кочевого населения и природной среды. В условиях гумидизации климата и заметного улучшения палеоэкологической ситуации в течение IV в. н.э. позднесарматская культура в волго-уральских степях практически прекращает свое существование. В евразийских степях начинается новый культурно-исторический период – эпоха Великого переселения народов. Изложенные рассуждения приводят нас к мысли, что связь природных и этнокультурных процессов в развитии степных кочевых обществ далеко не всегда могла быть прямой. Вероятно, в определенные исторические периоды сложившееся соотношение природных и социальных факторов, влияющих на материальную и духовную культуру, миграции и расселение древнего населения, приводило к различным последствиям, определяющим формирование, развитие и исчезновение степных этносов раннежелезного века.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования подкурганных педохронорядов в сухо- и пустынно-степной зонах Нижнего Поволжья, в степной и сухостепной зонах Южного Урала позволили получить новую информацию об истории развития почв и природной среды региона в савромато-сарматскую эпоху. На протяжении VI в. до н.э. – IV в. н.э. морфолого-стратиграфические, химические, магнитные характеристики черноземных, каштановых и бурых полупустынных палеопочв и палеосолонцов претерпевали ритмичные преобразования, направленность и масштабы которых были обусловлены периодической сменой влажных и засушливых климатических эпох различной продолжительности и выраженности. В наиболее значительной степени климатогенным изменениям были подвержены параметры карбонатного, солевого и гипсового профилей палеопочв (глубина залегания аккумуляций, содержание, запасы, формы новообразований и др.), а также морфологические и физико-химические признаки выраженности солонцового процесса. Показано, что изменения исследованных свойств палеопочв в хроноинтервале 2600–1600 лет назад в нижневолжских и южноуральских степях были односторонними и синхронными.

Динамика увлажненности климата в савромато-сарматскую эпоху характеризовалась закономерным чередованием гумидных и аридных периодов с изменением количества атмосферных осадков в ту или иную сторону не более чем на 40–50 мм/год. Продолжительность климатических периодов составляла: савроматский гумидный – не менее 150 лет; раннесарматский аридный – 300 лет; ранне-среднесарматский гумидный – 200 лет; позднесарматский аридный – 150 лет; позднесарматский гумидный – более 100 лет. Наиболее влажными климатическими условиями характеризовались VI–V и I вв. до н.э., I и IV вв. н.э., а самыми засушливыми – IV–III вв. до н.э. и II–III вв. н.э.

Сравнительный анализ морфологических, физико-химических и микробиологических свойств палеопочв подкурганых хронорядов впервые позволил установить, что структура почвенного покрова сухих степей Нижнего Поволжья в первые века н.э. характеризовалась большей контрастностью и разнообра-

разием почв по сравнению с современностью. Она включала основные виды палеосолонцов (корковые, мелкие, средние, глубокие), каштановые палеопочвы различной степени солонцеватости и засоленности и луговато-каштановые палеопочвы-эфемеры. Впервые установлено, что смена кратковременных (не более 300 лет) гумидных и аридных климатических эпох была главной причиной динамичного и обратимого состояния структуры почвенного покрова с адаптацией почвенных свойств и процессов к изменяющимся условиям природной среды всего лишь за несколько десятков лет, что приводило к эволюционным преобразованиям палеопочв солонцовых комплексов за это время на уровне типа, рода или вида. В развитии почвенного покрова волго-уральских степей на протяжении исторического времени наблюдалась периодическая смена процессов дивергенции и конвергенции, обусловленных гумидизацией и аридизацией климата соответственно.

Выявлены масштабы диагенетических изменений гумусного состояния подкурганных палеопочв и с их учетом дана оценка возможности использования данных о содержании и составе гумуса, структуре гумусовых веществ для реконструкции динамики увлажнения климата. Более фульватный состав гумуса подкурганных каштановых почв по сравнению с современными и преимущественная минерализация ГМ дает основания предполагать, что в течение I в. н.э. в сухостепной зоне Северных Ергеней сравнительно влажные условия почвообразования сменились засушливыми. Ритмичность почвообразования и обратимые эволюционные преобразования почв солонцового комплекса, связанные с климатическими флуктуациями, обусловили конвергенцию их основных гумусовых характеристик.

Данные о состоянии микробных сообществ разновозрастных подкурганных палеопочв дают основания считать, что первые века новой эры в сухих и пустынных степях Нижнего Поволжья характеризовались сменой сравнительно влажных климатических условий засушливыми, а затем вновь влажными. Необходимо отметить, что особенности изменчивости микробиологических параметров в исследованных палеопочвах оказались синхронными и однонаправленными, хотя они были приурочены к различным почвенно-географическим зонам (сухо- и пустынно-

степная), природным районам (Приволжская и Ергенинская возвышенности), элементам рельефа (водоразделы, речные террасы). Крайне важной представляется согласованность палеоэкологических выводов, полученных на основе микробиологических данных, с природными реконструкциями, проведенными путем традиционного морфолого-химического анализа палеопочв. Более того, микробиологические данные заметно детализировали и уточнили эти реконструкции.

Проведено сравнительное изучение микробных сообществ современных и подкурганных (I в. н.э.) почв солонцовых комплексов сухих степей Нижнего Поволжья. На основе дисперсионного анализа дана количественная оценка влияния солонцового процесса на пространственные изменения микробиологических параметров почв. Как правило, в верхних горизонтах современной и подкурганных каштановых почв их в 1.2–2.8 раза больше, чем в солонцах. Влияние степени солонцеватости палеопочв на величины микробиологических параметров проявилось во всем профиле, но в каждом горизонте достоверно только на численность какой-то одной трофической группы. Наибольшая биомасса грибного мицелия обнаружена в каштановой солонцеватой палеопочве. В структуре мицелия палеопочв доля темноокрашенных гиф составляет 100%, что является одним из механизмов адаптации микроскопических грибов к выживанию в условиях недостатка влаги и элементов питания.

Впервые определена суммарная и живая микробная биомасса в подкурганных (I в. н.э.) палеосолонцах и каштановых палеопочвах разной степени солонцеватости сухостепной зоны Северных Ергеней. Установлено, что средневзвешенные величины (гор. A1+B1+B2) суммарной микробной биомассы составляли в них 86–205% по сравнению с современными фоновыми аналогами. Доля суммарной микробной биомассы в органическом углероде палеопочв достигала 58%. Это дает основания считать, что значительная часть органического углерода в палеопочвах имеет микробную природу и происхождение. Живая микробная биомасса, оцененная по содержанию фосфолипидов, в палеопочвах составляла 35–70% от содержания в фоновых аналогах. Доля живой микробной биомассы в суммарной, которая включает живые, погибшие, мумифицированные клетки и клеточные метаболиты, варьировала от 2.4 до 10%. Живая микробная биомасса в палеопочвах составляла 1.5–

4% от общего органического углерода и несколько превышала современные показатели (2.8%). Полученные данные свидетельствуют о сохранности микробных сообществ и их адаптации к условиям длительного погребения в условиях недостатка влаги и питательных веществ, а показатели микробной биомассы подтверждают данные о том, что в I в. н.э. увлажненность климата была выше по сравнению с современностью.

Впервые проведены исследования ферментативной активности в профиле подкурганных палеопочв солонцового комплекса сухостепной зоны, погребенных во влажную климатическую эпоху в I в. н.э. Установлено, что среднепрофильные величины (гор. A1+B1+B2) полифенолоксидазной, пероксидазной и фосфатазной активности в палеопочвах составляют соответственно 44–75, 55–96 и 3–32% от показателей в их современных аналогах. Это свидетельствует о том, что на протяжении длительного времени погребения (2000 лет) в палеопочвах сохраняется достаточно высокий уровень биологической активности.

Методом закрытых камер впервые оценена скорость эмиссии диоксида углерода *in situ* в летний период из современных и подкурганных (I в. н.э.) каштановых почв и солонцов сухих степей Нижнего Поволжья (Северные Ергени). Различия в скорости выделения C-CO₂ подкурганными палеопочвами и их современными аналогами зависели от их типовой принадлежности и в значительной степени были обусловлены более низкой влажностью последних. Впервые установлено, что в палеопочвах (гор. A1) на протяжении 2000 лет сохраняется высокое содержание нитратной формы азота (4–11 мг N-NO₃⁻/100 г), которое существенно превышает таковое в современных аналогах (преимущественно менее 1 мг N-NO₃⁻/100 г). Эти данные, с одной стороны, свидетельствуют о достаточно надежной консервации подкурганных палеопочв, с другой - являются важным критерием определения сезона (весна, лето, осень) сооружения археологических памятников.

Итак, нами проведено обобщение материалов многолетних (1976–2012 гг.) почвенно-археологических исследований около 200 курганов савроматского, ранне-, средне- и поздне-сарматского времени (VI в. до н.э. – IV в. н.э.) в составе почти 40 могильников, приуроченных к 23 ландшафтно-геоморфологическим районам степей Нижнего Поволжья и Южного

Урала. Это позволило впервые получить столь детальную информацию о закономерностях пространственно-временной изменчивости морфологических, химических, микробиологических, магнитных свойствах и биологической активности палеопочв южнорусских степей, о направленности и скорости преобразования параметров гумусового, карбонатного, солевого профилей, о развитии процессов гумусо- и солонцеобразования, засоления/рассоления, об изменчивости структуры почвенного покрова и эволюции почв, о вековой динамике увлажненности климата за историческое время.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Александрова Л.Н.* (1980) Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. Л.: Наука. С. 122-133..
- Александровский А.Л.* (1983) Эволюция почв Восточно-Европейской равнины в голоцене. – М., 1983, с. 133
- Александровский А.Л.* (2002) Изменение почв и природной среды на юге России в голоцене // OPUS: Междисциплинарные исследования в археологии: Сб. ст. М.: ИА РАН, 2002. Вып. 1-2. С. 109–119.
- Александровский А.Л., Александровская Е.И.* (2005) Эволюция почв и географическая среда. М.: Наука, 2005. 223 с.
- Александровский А.Л., Бирина А.Г.* (1987) Эволюция серых лесных почв предгорий Северного Кавказа // Почвоведение. № 8. С. 28–39.
- Алексеев А.О.* (2010) Оксидогенез железа в почвах степной зоны. Автореф. дисс. ... д.б.н. Москва. 48 с.
- Алексеев А.О., Алексеева Т.В., Демкин В.А., Сергацков И.В.* (2004) Магнитные свойства погребенных почв археологических памятников – запись климатических условий степей Приволжской возвышенности в голоцене // Материалы по археологии Волго-Донских степей. Вып. 2. Волгоград: ВолГУ. С. 96–106.
- Алексеев А.О., Борисов А.В., Сдыков М.Н., Алексеева В.А., Ельцов М.В., Демкин В.А.* (2003) Палеопочвенные и магнитные исследования археологического комплекса «Кырык-Оба» в Западно-Казахстанской области // Вопросы истории и археологии Западного Казахстана. Вып. 2. Уральск,. С. 219–232.
- Ананьева Н.Д., Васильева Г.К.* (1985) Роль микробиологического фактора в разложении 3,4-дихлоранилина в почвах // Почвоведение. № 5. С. 57–64.
- Аринушкина Е.В.* (1970) Руководство по химическому анализу почв. М.: МГУ., 487 с.
- Археологическая энциклопедия Волгоградской области. Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2009. 336 с.
- Атлас Волгоградской обл. Киев: ГУГКК Украины, 1993.
- Балабанова М.А.* (2004) Позднесарматская культура по антропологическим данным // Палеоантропология, этническая антропология, этногенез. СПб. С.21–32.
- Балабанова М.А.* (2010) Проблема происхождения населения позднесарматского времени Нижнего Поволжья и сопредельных территорий по данным антропологии (Проверка археологических гипотез) // Становление и развитие позднесарматской культуры (по археологическим и естественнонаучным данным). Материалы семинара Центра

- изучения истории и культуры сарматов. Вып. III. Волгоград, 2010. С. 184–231.
- Бараш С.В.* (1989) История неурожаев и погоды в Европе (по XVI в. н.э.). Л., 1989. С. 11–26.
- Безуглов С.И.* (2008) Курганные катакомбные погребения позднеэнеолитической эпохи в нижнедонских степях // Проблемы современной археологии: (сб. памяти Владимира Александровича Башилова). М.: «Тасус», 2008. С. 284–301.
- Безуглов С.И., Копылов В.П.* (1989) Катакомбные погребения III–IV вв. на Нижнем Дону // Советская археология. № 3. С. 171–183.
- Берлизов Н.Е.* (2004) О влиянии климатических изменений в Южно-русских степях на расселение савромато-сарматских племен // Интеграция науки и высшего образования в социально-культурной сфере. Вып. 2. Краснодар, 2004. С. 325–335.
- Бернар П., Абдуллаев К.* (1997) Номады на границе Бактрии (к вопросу этнической и культурной идентификации) // Российская археология. № 1, С. 68–84.
- Борзенкова И.И.* (1990) Увлажнение аридных районов Северного полушария в позднеледниковье-голоцене. Известия АН СССР. Серия географическая. № 2. С. 28–38.
- Борисов А.В.* (2002) Развитие почв пустынно-степной зоны Волго-Донского междуречья за последние 5000 лет. Автореф. дисс. ... к.б.н. М., 2002. 23 с.
- Борисов А.В., Демкина Т.С., Демкин В.А.* (2006) Палеопочвы и климат Ергеней в эпоху бронзы (IV–II тыс. до н.э.). М.: Наука, 2006. 210 с.
- Борисов А.В., Ельцов М.В., Демкина Т.С., Демкин В.А., Клепиков В.М.* (2002) Палеопочвы и природные условия Северных Ергеней в сарматскую эпоху // Нижневолжский археологический вестник. Волгоград: Изд-во ВолГУ. Вып. 5. С. 117–125.
- Бочкарев А.Н., Кудяров В.Н.* (1982) Определение нитратов в почве, воде и растениях // Химия в сельском хозяйстве. № 4. С. 49–51.
- Бухонов А.В., Демкин В.А., Золотарева Б.Н., Демкина Т.С., Пампура Т.В., Пробст А., Хомутова Т.Э., Ельцов М.В., Алексеев А.О., Каширская Н.Н.* (2011) Палеопочвенные исследования курганного могильника Саломатино в Волгоградской области (Приволжская возвышенность) // Нижневолжский археологический вестник. Вып. 12. С. 9–68.
- Виноградов А.В., Мамедов Э.Д.* (1991) Изменения климата и ландшафтов междуречья Аму-Дарьи и Сыр-Дарьи (по археологическим и палеогеографическим данным) // Аральский кризис. М., 1991. С. 66–75.
- Всезолодова-Перель Т.С., Колесников А.В.* Количественная характеристика мезофауны почв солонцового комплекса полупустыни Северного Прикаспия // Почвоведение. 2010. № 11. С. 1381–1386.

- Гаврилов Д.А., Дергачева М.И., Хабдулина М.К. Палеопочвы и природные условия функционирования средневекового городища Бозок в VIII-XIV вв. // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2011. № 3. С. 7–15.
- Геннадиев А.Н. Почвы и время: модели развития. М.: МГУ. 1990. 232 с.
- Герасименко Н.П. Природная среда обитания человека на юго-востоке Украины в позднеледниковье и голоцене (по материалам палеогеографического изучения археологических памятников) // Археологический альманах. Донецк, 1997. № 6. С. 3–64.
- Герасименко Н.П. Развитие зональных ландшафтов четвертичного периода на территории Украины. Автореф. дисс. ... д.г.н. Киев. 2004. 39 с.
- Граков Б.Н. Пережитки матриархата у сарматов // ВДИ. 1947. № 3. С. 100–121.
- Губин С.В., Демкин В.А. Возможности и перспективы совместных почвенно-археологических исследований // Почвоведение и агрохимия. Пушино. 1977. С.34-36
- Гуцалов С.Ю. Роль миграций в этнических процессах на территории Южного Приуралья в скифскую эпоху // Вопросы истории Западного Казахстана. Вып. 3. Уральск, 2004. С. 212–219.
- Демкин В.А. Палеопочвоведение и археология: интеграция в изучении истории природы и общества. Пушино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1997. 213 с.
- Демкин В.А. Погребенные почвы засечных черт Русского государства и вопросы древней и современной истории почвообразования // Почвоведение. 1999. № 10. С. 1224–1234.
- 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 (по материалам почвенно-археологических исследований). Пушино: SYNCHROBOOK, 2010. 120 с.
- Демкин В.А., Борисов А.В., Удальцов С.Н. Палеопочвы и климат юго-востока Среднерусской возвышенности в эпохи средней и поздней бронзы (XXV-XV вв. до н.э.) // Почвоведение. 2010. № 1. С. 7–17.
- Демкин В.А., Гугалинская Л.А., Алексеев А.О., Алифанов В.М., Демкина Т.С., Алексеева Т.В., Борисов А.В., Хомутова Т.Э., Иванникова Л.А., Кабанов П.Б., Алексеева В.А., Каширская Н.Н., Демкина Е.В., Дуда В.И., Дмитриев В.В., Сузина Н.Е., Ельцов М.В., Калинин П.И. Палеопочвы как индикаторы эволюции биосферы. М.: НИА Природа, 2007, 282 с.
- Демкин В.А., Демкина Т.С., Алексеев А.О. и др. Палеопочвы и климат степей Нижнего Поволжья в I–IV вв. н.э. Пушино: ОНТИ ПНЦ РАН, 2009. 96 с.
- Демкин В.А., Демкина Т.С., Борисов А.В., Якимов А.С., Сергацков И.В. Изменение почв и природных условий полупустынного Заволжья за последние 4000 лет // Почвоведение. 2004. № 3. С. 271–283.

- Демкин В.А., Демкина Т.С., Борисова М.А., Шишлина Н.И. Палеопочвы и природная среда Южных Ергеней в конце IV–III тыс. до н.э. // Почвоведение. 2002. № 6. С. 645–653.
- Демкин В.А., Дергачева М.И., Борисов А.В., Рысков Я.Г., Олейник С.А. Эволюция почв и изменение климата восточноевропейской полупустыни в позднем голоцене // Почвоведение. 1998. № 2. С. 148–157.
- Демкин В.А., Ельцов М.В., Алексеев А.О., Алексеева Т.В., Демкина Т.С., Борисов А.В. Развитие почв Нижнего Поволжья за историческое время // Почвоведение. 2004. №12. С. 1486–1497.
- Демкин В.А., Золотарева Б.Н., Демкина Т.С., Хомутова Т.Э., Каширская Н.Н., Ельцов М.В., Удальцов С.Н. Динамика свойств степных палеопочв сарматского времени (II в. до н.э. – IV в. н.э.) в связи с вековой изменчивостью увлажнения климата // Почвоведение. 2012. № 2. С. 142–155.
- Демкин В.А., Ельцов М.В., Борисов А.В., Алексеев А.О., Алексеева В.А. Палеопочвы и природные условия левобережного Илека в эпохи бронзы и раннего железа // Вопросы истории и археологии Западного Казахстана. Вып. 2. Уральск. 2003. С. 212–219.
- Демкин В.А., Каширская Н.Н., Демкина Т.С., Хомутова Т.Э., Ельцов М.В. Палеопочвенные исследования курганов в долине р.Иловля (Приволжская возвышенность) // Почвоведение. 2008. № 2. С. 133–145.
- Демкин В.А., Клепиков В.М., Удальцов С.Н., Демкина Т.С., Ельцов М.В. Новые аспекты естественнонаучных исследований курганов сухих степей Нижнего Поволжья // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2012. № 1 (16). С. 121–135.
- Демкин В.А., Лукашов А.В., Ковалевская И.С. Новые аспекты проблемы палеопочвенного изучения памятников археологии // Российская археология. 1992. № 4. С. 43–49.
- Демкин В.А., Лукашов А.В., Ковалевская И.С., Скрипниченко И.И. О возможности историко-социологических реконструкций при почвенно-археологических исследованиях. Препринт. Пушкино. 1988. 20 с.
- Демкин В.А., Рысков Я.Г. О палеопочвенном обследовании курганных групп "Покровка-2" и "Покровка-8" в 1992 году // Курганы левобережного Илека. Вып. 1. М. 1993. С. 56–67.
- Демкин В.А., Сергацков И.В., Алексеев А.О., Ельцов М.В. Палеопочвы курганного могильника "Колобовка-3" в Волгоградской области // Материалы по археологии Волго-Донских степей. Вып. 1. Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2001. С. 64–71.
- Демкин В.А., Якимов А.С., Алексеев А.О., Каширская Н.Н., Ельцов М.В. Палеопочвы и природные условия степей Нижнего Поволжья в золотоордынское время // Почвоведение. 2006. № 2. С. 133–144.

- Демкина Т.С., Борисов А.В., Демкин В.А. Микробиологические исследования подкурганных палеопочв пустынно-степной зоны Волго-Донского междуречья // Почвоведение. 2004. № 7. С. 853–859.
- Демкина Т.С., Борисов А.В., Демкин В.А. Микробные сообщества палеопочв археологических памятников пустынно степной зоны // Почвоведение. 2000. № 9. С. 1117–1126.
- Демкина Т.С., Борисов А.В., Демкин В.А. Палеопочвы и природная среда Северных Ергеней в эпохи энеолита и бронзы (IV–II тыс. до н.э.) // Почвоведение. 2003. № 6. С. 655–669.
- Демкина Т.С., Борисов А.В., Ельцов М.В., Демкин В.А. Сравнительная характеристика микробных сообществ курганных насыпей, подкурганных и современных почв степной зоны Нижнего Поволжья // Почвоведение. 2007. №6. С. 738–748.
- Демкина Т.С., Мирчинк Т.Г. Определение грибной биомассы в почвах методом мембранных фильтров. // Микология и фитопатология. 1983. Т. 17. Вып. 6. С. 517–520.
- Демкина Т.С., Стретович И.В., Демкин В.А. Пространственная изменчивость микробных сообществ современных и погребенных почв в бассейне р. Сакарка (Приволжская возвышенность) // Почвоведение. 2010. № 5. С. 621–631.
- Демкина Т.С., Хомутова Т.Э., Борисов А.В., Демкин В.А. Микробиологические исследования подкурганных палеопочв в долине реки Иловли // Мат-лы по археологии Волго-Донских степей. Вып. 2. Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2004. С. 87–95.
- Демкина Т.С., Хомутова Т.Э., Каширская Н.Н. и др. Микробиологические исследования палеопочв археологических памятников степной зоны // Почвоведение. 2010. № 2. С. 213–220.
- Демкина Т.С., Хомутова Т.Э., Каширская Н.Н., Стретович И.В., Демкин В.А. Характеристика микробных сообществ степных подкурганных палеопочв сарматского времени (I–IV вв. н.э.) // Почвоведение. 2009. № 7. С. 836–846.
- Дергачева М.И. Археологическое почвоведение. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1997. 228 с.
- Дмитрук Ю.М., Матвишинина Ж.Н., Слюсарчук И.И. Методические особенности использования морфометрии профилей в сравнительном анализе зональных и погребенных почв // Изменения климата, почвы и окружающая среда. Белгород, 2009. С. 30–34.
- Докучаев В.В. Наши степи прежде и теперь. Соч., т. VI. М.-Л.: АН СССР, 1951. 480 с.
- М.В.Ельцов, А.В.Борисов, Б.Н.Золотарева, Т.С.Демкина, Т.Э.Хомутова, Н.Н.Каширская, А.Н.Журавлев, А.А.Контобойцева, В.А.Демкин Палеопочвенные исследования курганного могильника «Акса́й-3» в

- сухостепной зоне Северных Ергеней // Материалы по археологии Волго-Донских степей. 2012. Вып. 4. (В печати).
- Жданова Н.Н., Костюк М.Д., Северинова А.Е.* Дыхание некоторых темноокрашенных гифомицетов в условиях продолжительного голодания // Известия АН СССР, сер. биологич. 1982. № 6. С. 912–922.
- Жданова Н.Н., Походенко В.Д.* О возможном участии меланинового пигмента в защите грибной клетки от высыхания // Микробиология. 1973. Т. 42. Вып. 5. С. 848–853.
- Железчиков Б.Ф., Пшеничник А.Х.* Племена Южного Приуралья в VI–III вв. до н.э. // Проблемы истории и культуры сарматов. Тез. докл. междунар. конф.-ии. Волгоград, 1994, с. 3–8.
- Заварзин Г.А., Кудеяров В.Н. Почва как главный источник углекислоты и резервуар органического углерода на территории России // Вестник РАН. 2006. Т. 76. № 1. С. 14–29.
- Звягинцев Д.Г., Асеева И.В., Бабьева И.П., Мирчинк Т.Г.* Методы почвенной микробиологии и биохимии. М.: Изд-во МГУ, 1980. 224 с.
- Зданович Г.Б., Иванов И.В., Хабдулина М.К. Опыт использования в археологии палеопочвенных методов исследования (курганы Кара-Оба и Обалы в Северном Казахстане) // Советская археология. 1984. № 4. С. 42.
- Иванов И.В.* Эволюция почв степной зоны в голоцене. М.: Наука, 1992. 140 с.
- Иванов И.В., Васильев И.Б. Человек, природа и почвы Рын-песков Волго-Уральского междуречья в голоцене. М.: Интеллект, 1995. 264 с.
- Иванов И.В., Демкин В.А., Губин С.В.* Вопросы истории развития степных почв в голоцене. Препринт. Пушино, 1978. 24 с.
- Иванов И.В., Чернянский С.С. Общие закономерности развития черноземов Евразии и эволюция черноземов Зауралья // Почвоведение. 1996. № 9. С. 1045–1055.
- Казеев К.Ш., Кременица А.М., Колесников С.И. и др.* Биологические свойства почв каштаново-солонцовых комплексов // Почвоведение. 2005. № 4. С. 464–474.
- Калинин П.И. Лессово-почвенные комплексы плейстоцена и палеопочвы голоцена юго-востока Русской равнины. Автореф. дисс. ... к.г.-м.н. Воронеж. 2009. 24 с.
- Калинин П.И., Алексеев А.О., Савко А.Д. Лессы, палеопочвы и палеогеография квартала юго-востока Русской равнины. Воронеж: ВГУ, 2009. 140 с.
- Каширская Н.Н., Хомутова Т.Э., Демкина Т.С., Демкин В.А.* Микробная биомасса подкурганных и современных почв степной зоны Нижнего Поволжья // Почвоведение. 2009. № 5. С. 581–587.

- Каширская Н.Н., Хомутова Т.Э., Дмитриев В.В., Дуда В.И., Сузина Н.Е., Демкин В.А.* Морфология клеток и биомасса микроорганизмов подкурганых и современных степных почв Нижнего Поволжья // Почвоведение. 2010. № 10. С. 1229–1238.
- Клепиков В.М. Формирование раннесарматской культуры в Нижнем Поволжье // Региональные особенности раннесарматской культуры. Вып. 2. Волгоград: ВолГУ, 2007. С. 37–58.
- Климанов В.А. Климат Северной Евразии в неогляциале (около 2500 лет назад) // Докл. РАН. 2002. Т. 386. № 5. С. 676–680.
- Климанов В.А. Климат Северной Евразии в позднеледниковье и голоцене (по палинологическим данным): Автореф. дисс... д.геогр.н. М., 1996. 46 с.
- Клименко В.В. Климат и история в эпоху первых высоких культур (3500–500 гг. до н.э.) // Восток. 1998. № 4. С. 5–24.
- Клименко В.В. О главных климатических ритмах голоцена // Докл. РАН. 1998. Т. 357. № 3. С. 399–402.
- Ковалевский Д. В., Пермин А. Б., Перминова И. В., Петросян В. С.* Выбор условий регистрации количественных ^{13}C ЯМР-спектров гумусовых кислот // Вестн. МГУ. Сер. 2, химия. 2000. Т. 41. № 1. С. 39–42.
- Кононова М.М. Органическое вещество почвы. М.: АН СССР, 1963. 315 с.
- Кременецкий К.В. Природная обстановка голоцена на Нижнем Дону и в Калмыкии // Степь и Кавказ. Труды ГИМ, 1997. С. 30–47.
- Кудяров В.Н.* Азотно-углеродный баланс в почве // Почвоведение. № 1. 1999. С. 73–82.
- Кудяров В.Н. Колориметрическое определение аммонийного азота в почвах и растениях феноловым методом // Агрохимия. 1965. № 6. С. 146–151.
- Кудяров В.Н.* Цикл азота в почве и эффективность удобрений. М.: Наука. 1989. 216 с.
- Кудяров В.Н., Заварзин Г.А., Благодатский С.А., Борисов А.В., Воронин П.Ю., Демкин В.А., Демкина Т.С., Евдокимов И.В., Замолотчиков Д.Г., Карелин Д.В., Комаров А.С., Курганова И.Н., Ларионова А.А., Лопес де Гереню В.О., Уткин А.И., Чертов О.Г. Пулы и потоки углерода в наземных экосистемах России. М.: Наука, 2007. 315 с.
- Кузнецова Т.В., Семенов А.В., Ходжаева А.К., Иванникова Л.А., Семенов В.М.* Накопление азота в микробной биомассе серой лесной почвы при разложении растительных остатков // Агрохимия. 2003. № 10. С. 3–12.
- Кузнецова Т.В., Ходжаева А.К., Семенова Н.А., Иванникова Л.А., Семенов В.М.* Минерализационно-иммобилизационная оборачиваемость

- азота в почве при разной обеспеченности разлагаемым органическим веществом // *Агрохимия*. 2006. № 6. С. 5–12.
- Ларионова А.А., Золотарева Б.Н., Евдокимов И.В., Быховец С.С., Кузиков Я.В., Бюггер.Ф.* Идентификация лабильного и устойчивого пулов органического вещества в агросерой почве // *Почвоведение*. 2011. № 6. С. 685–699.
- Лукашов А.В., Демкин В.А.* Топография археологических памятников VI–I вв. до н.э. северо-западной части Волго-Уральского междуречья // *Археология восточно-европейской степи*. Саратов. 1989. С.157–161.
- Любчанский И.Э.* Хронологические аспекты комплексов курганов с «усами» евразийской степи // *Культуры евразийских степей второй половины I тыс. н.э.* Самара, 1998. С. 303–310.
- Любчанский И.Э., Таиров А.Д.* Археологическое исследование комплекса курган с «усами» «Солончанка I» // *Курган с «усами» «Солончанка I»*. Челябинск. 1999. С. 5–62.
- Маев Е.Г., Маева С.А., Карпычев Ю.А.* Аральское море в голоцене // *Аральский кризис*. М., 1991. С. 76–86.
- Малашев В.Ю.* Позднесарматская культура: верхняя хронологическая граница // *РА*. 2009. № 1. С. 41–52.
- Малашев В.Ю., Яблонский Л.Т.* Степное население Южного Приуралья в позднесарматское время. М.: Восточная литература, 2008. 364 с.
- Мачинский Д.А.* О времени первого активного выступления сарматов в Поднепровье по свидетельствам античных письменных источников // *АСГЭ*. Вып. 13. Л., 1971. С. 30–54.
- Медведев А.П.* Ранний железный век лесостепного Подонья. Археология и этнокультурная история I тыс. до н.э. – М., 1999, с.15.
- Михайловская Н.А., Миканова О.* 2008. Взаимосвязь ферментативной активности с содержанием гумуса в дерново-подзолистой супесчаной почве // *Весці нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук*. № 4. С. 49–53.
- Мошкова М.Г.* Анализ сарматских погребальных памятников II–IV вв. н.э. // *Статистическая обработка погребальных памятников Азиатской Сарматии*. Вып. IV. Позднесарматская культура. М.: Восточная литература, 2009. С. 21–168.
- Мошкова М.Г.* Происхождение раннесарматской (прохоровской) культуры. М., 1974. 51 с.
- Мошкова М.Г.* Среднесарматские и позднесарматские памятники на территории Южного Приуралья // *Сарматские культуры Евразии: проблемы региональной хронологии*. Доклады 5-й междунар. конф. «Проблемы сарматской археологии и истории». Краснодар, 2004. С. 22–44.

- Мошкова М.Г., Пути и особенности развития савромато-сарматской культурно-исторической общности // Научный доклад, представленный в качестве диссертации на соискание ученой степени доктора исторических наук. М., 1989, с. 47.
- Никитин Д.И., Никитина Э.С. Процессы самоочищения окружающей среды и паразиты бактерий (род *Bdellovibrio*). М., 1978. 205 с.
- Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М.: Изд-во МГУ, 1990. 325 с.
- Орлов Д.С. Химия почв. М.: Изд-во МГУ, 1985. 275 с.
- Орлов Д.С., Бирюкова О.Н. Устойчивость органических соединений почвы и эмиссия парниковых газов в атмосферу // Почвоведение. 1998. № 7. С. 783-793.
- Орлов Д.С., Гришина Л.А. Практикум по химии гумуса. М.: Изд-во МГУ, 1981. 272 с.
- Очир-Горяева М.А. Савроматская культура Нижнего Поволжья (VI–IV вв. до н.э.) // Автореф. дисс. ... канд. ист. наук. Л., 1988. 20 с.
- Очир-Горяева М.А. Савроматская проблема в скифо-сарматской археологии // Российская археология. 1992. № 2. С. 32–40.
- Перерва Е.В. Поздние сарматы Нижнего Поволжья и Нижнего Дона (Палеопатологический аспект, сравнительный анализ с раннесарматскими и среднесарматскими сериями) // Становление и развитие позднесарматской культуры (по археологическим и естественнонаучным данным). Мат-лы семинара Центра изучения истории и культуры сарматов. Вып. III. Волгоград, 2010. С. 231–262.
- Песочина Л.С. Развитие почв и природной среды Нижнего Дона во второй половине голоцена. Автореф. дисс. ... к.б.н., М., 2004. 24 с.
- Плеханова Л.Н., Демкин В.А. Палеопочвы курганов раннего железного века степного Зауралья // Почвоведение. №1. 2008. С. 5–16.
- Плеханова Л.Н., Демкин В.А., Зданович Г.Б. Эволюция почв речных долин степного Зауралья во второй половине голоцена. М.: Наука, 2007. 236 с.
- Полин С.В. От Скифии к Сарматии. Киев, 1992. 199 с.
- Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Гумус и почвообразование (методы и результаты изучения). М.: Наука, 1980. 222 с.
- Пиеничнюк А.Х. Культура ранних кочевников Южного Урала. М., 1983. 198 с.
- Родин Л.Е., Базилевич Н.И. Динамика органического вещества и биологический круговорот в основных типах растительности. М.-Л.: Наука, 1965. 360 с.
- Рысков Я.Г., Демкин В.А. Развитие почв и природной среды степей Южного Урала в голоцене. Пушино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1997. 165 с.

- Сдыков М.Н., Демкин В.А., Бисембаев А.А., Гуцалов С.Ю., Алексеев А.О., Алексеева В.А., Борисов А.В., Ельцов М.В., Жусупкалиев Т.Т. Скифы Западного Казахстана. Алматы: Исламнур, 2007. 208 с.
- Сергацков И.В.* Анализ сарматских погребальных памятников I-II вв. н.э. // Статистическая обработка погребальных памятников Азиатской Сарматии. Вып III. Среднесарматская культура. М., 2002. С. 89–130.
- Сибирцев Н.М.* Почвоведение. Избранные сочинения, т. I. М.: Сельхозгиз, 1951. 264 с.
- Скрипкин А.С.* Азиатская Сарматия. Проблемы хронологии и ее исторический аспект. Саратов: Изд-во СГУ, 1990. 299 с.
- Скрипкин А.С.* История Волгоградского края от каменного века до Золотой Орды. Волгоград: Издатель, 2008. 208 с.
- Скрипкин А.С.* Новые аспекты в изучении истории материальной культуры сарматов // Нижневолжский археологический вестник. Вып. 3. Волгоград, 2000. С. 17–40.
- Скрипкин А.С.* О времени появления аланов в Восточной Европе и их происхождении (историографический очерк) // Историко-археологический альманах. Вып. 7. Армавир–Москва, 2001. С. 15–40.
- Слепцов А.М., Клименко В.В. Обобщение палеоклиматических данных и реконструкция климата Восточной Европы за последние 2000 лет // История и современность. 2005. № 1. С. 118–135.
- Смагин А.В. Газовая функция почв // Почвоведение. 2000. № 10. С.1211–1223.
- Смирнов К.Ф.* Савроматская и раннесарматская культуры // Степи европейской части СССР в скифо-сарматское время. М., 1989. С. 165–177.
- Смирнов К.Ф.* Савроматы и сарматы // Проблемы археологии Евразии и Северной Америки. М., 1977. С. 129–139.
- Смирнов К.Ф.* Савроматы. Ранняя история и культура сарматов. М., 1964. 376 с.
- Смирнов К.Ф.* Сарматы и утверждение их политического господства в Скифии. М., 1984. 182 с.
- Смирнов К.Ф.* Сарматы на Илеке. М., 1975, 175 с.
- Смирнов К.Ф.* Вопросы изучения сарматских племен и их культуры в советской археологии // ВССА. М., 1954. С. 195–219.
- Сокровища сарматских вождей (Материалы раскопок Филипповских курганов). Оренбург, 2008. 142 с.
- Соломина О.Н. Климатические причины колебаний горных ледников в голоцене // Лед и снег. 2010. С. 103–110.
- Ставиский Б.Я.* Кушанская Бактрия: проблемы истории и культуры. М., 1977. 293 с.

- Таиров А.Д. Изменения климата степей и лесостепей Центральной Евразии во II–I тыс. до н.э.: Материалы к историческим реконструкциям. Челябинск, 2003. 68 с.
- Таиров А.Д. Периодизация памятников ранних кочевников Южного Зауралья 7-2 вв. до н.э. // Сарматские культуры Евразии: проблемы региональной хронологии: Доклады к 5-й международной конференции «Проблемы сарматской археологии и истории». Краснодар, 2004. С. 3–21.
- Таиров А.Д. Ранние кочевники Урало-Казахстанских степей в VII–II вв. до н.э. // Автореф. дисс. ... д-ра ист. наук. М., 2005. 54 с.
- Таиров А.Д. Ранний железный век // Древняя история Южного Зауралья. Т. II. Ранний железный век и средневековье. Челябинск, 2000. С. 173–205.
- Теннер Е.З. Микроорганизмы рода *Nocardia* и разложение гумуса. М.: Наука, 1976. 199 с.
- Тюрин И.В., Тюрин Е.И. О составе гумуса в ископаемых почвах // Органическое вещество почвы и его роль в плодородии. М.: Наука, 1965. С. 227–237.
- Хазиев Ф.Х. 2005. Методы почвенной энзимологии. М.: Наука. 252 с.
- Хитров Н.Б. Связь почв солонцового комплекса Северного Прикаспия с микрорельефом // Почвоведение. 2005. № 3. С. 271–284.
- Холодов В.А., Константинов А.И., Беляева Е.Ю., Куликова Н.А., Кирюшин А.В., Перминова И.В. Строение гуминовых кислот, извлекаемых в ходе последовательной щелочной экстракции из типичного чернозема // Почвоведение. 2009. № 10. С. 1177–1183.
- Хомутова Т.Э., Демкина Т.С., Демкин В.А. Оценка суммарной и активной микробной биомассы в погребенных подкурганных палеопочвах разного возраста // Микробиология. 2004. Т. 73. № 2. С. 241–247.
- Хомутова Т.Э., Каширская Н.Н., Демкин В.А. Оценка живой и суммарной биомассы микробных сообществ современной каштановой почвы и подкурганных палеопочв // Почвоведение. 2011. № 12. С. 1496–1503.
- Чернянский С.С., Иванов И.В., Демкин В.А., Таиров А.Д. Черноземы и солонцы Зауралья во второй половине голоцена: результаты почвенно-археологических исследований // Курган с «усами» «Солончанка-1» / Тр. музея-заповедника «Аркаим». Челябинск, 1999. С. 98–138.
- Щербакова Т.А. 1983. Ферментативная активность почв и трансформация органического вещества. Минск: Наука и техника. 221 с.
- Яблонский Л.Т., Пежемский Д.В., Суворова Н.А. Палеоантропология населения Южного Приуралья позднесарматского времени (по материалам могильника «Покровка-10») // Становление и развитие позднесарматской культуры (по археологическим и естественнонаучным

- данным). Материалы семинара Центра изучения истории и культуры сарматов. Вып. III. Волгоград, 2010. С. 143–183.
- Якимов А.С., Демкин В.А., Алексеев А.О. Природные условия степей Нижнего Поволжья в эпоху средневековья (VIII–XIV вв. н.э.). М.: НИИ-Природа, 2007. 228 с.
- Alekseeva T., Alekseev A., Maher B.A., Demkin V.* (2007) Late Holocene climate reconstructions for the Russia steppe, based on mineralogical and magnetic properties of buried palaeosol // *Palaeo: palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology*. V. 249. P. 103–127
- Bloomfield B.J., Alexander M.* (1967) Melanins and resistance of fungi to lysis // *Journal of Bacteriology*. V. 93. № 4. P. 1276–1280.
- Bradley R.* (1999) *Paleoclimatology*. San Diego, London, Boston, New York, Sidney, Tokyo, Toronto, Harcourt American Press. 613 p
- COHORT Software (1986, 1990) Costat version 4.21, Berkely.CA, USA.
- Conrad R.* (1996) Soil Microorganisms as Controllers of Atmospheric Trace Gases (H₂, CO, CH₄, OCS, N₂O and NO) // *Microbiological reviews*. V. 60. N. 4. P. 609–640.
- Demkina T.S., Khomutova T.E., Kashirskaya N.N., Demkina E.V., Stretovich I.V., El-Registan G.I., Demkin V.A.* (2008) Age and active-tion of microbial communities in soils burial mounds and in recent surface soils of steppe zone // *Eurasian Soil Science*. V. 41. № 13. P. 1439–1447.
- Deng S.P., Moore J.M., Tabatabai M.A.* (2000) Characterization of active nitrogen pools in soils under different cropping systems // *Biol. and Fertil. Soils*. V. 32. P. 302–309.
- Enzel Y., Bookman R., Sharon D., Gvirtzman H., Dayan U., Ziv B., Stein M.* (2003) Late Holocene climates of the Near East deduced from Dead Sea level variations and modern winter rainfall // *Quaternary Research*. V. 60. P. 263–273.
- Findlay R.H., King G.M., Watling L.* (1989) Efficacy of phospholipid analysis in determining microbial biomass in sediments // *Applied and Environmental Microbiology*. V. 55. № 11. P. 2888–2893.
- Frostegard A., Tunlid A., Baath E.* (1991) Microbial biomass measured as total lipid phosphate in soils of different organic content // *J. Microbiol. Methods*. V. 14. P. 151–163.
- Grove J.M.* (2004) *Little Ice Ages: Ancient and Modern*. New York: Routledge, 498 p.
- Holzhauser H., Magny M., Zumbuhl H.J.* (2005) Glacier and lake-level variations in west-central Europe over the last 3500 years // *The Holocene*. V. 15. P. 255–266.
- Jensen L.S., Mueller T., Magid J., Nielsen N.E.* (1997) Temporal variation of C and N mineralization, microbial biomass and extractable organic

- pools in soil after oilseed rape straw incorporation in the field // *Soil Biol. Biochem.* V. 29. N 7. P. 1043–1055.
- Khomutova T.E., Demkina T.S., Borisov A.V., et al.* (2007) An assessment of changes in properties of steppe kurgan paleosoils in relation to prevailing climates over recent millennia // *Quaternary Research.* V. 67. № 3. P. 328–336.
- Maher B.A., Alekseev A.O., Alekseeva T.V.* (2002) Climate dependence of soil magnetism across the Russian steppe: significance for use of soil magnetism as a palaeoclimatic proxy // *Quaternary Science Reviews.* V. 21. P. 1571–1576.
- Mosier A.R.* (1998) Soil processes and global change // *Biol. Fert. Soils.* V. 27. P. 221–229.
- Perry C.A., Hsu K.J.* (2000) Geophysical, archaeological, and historical evidence support a solar-output model for climate change. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* V. 97. P. 12433–12438.
- Rau P.* (1927) Die Hügelgräber römischer Zeit an der Unteren Wolga. Pokrowsk, 1927. 112 s.
- Rau P.* (1929) Die Gräber der frühen Eisenzeit im Unteren Wolgagebiet. Pokrowsk, 1929. 95 s.
- Swift R.S.* (1996) Organic matter characterization (Chap. 35) / *Methods of soil analysis.* Madison, WI: Soil Science Society of America. 1996. Part 3. P. 1018–1020.
- Van Geel B., Heusser C., Renssen H., Schuurmans C.* (2000) Climatic change in Chile at around 2700 BP and global evidence for solar forcing: a hypothesis // *The Holocene.* V. 10. № 5. P. 659–644.

SUMMARY

**V.A. Demkin, A.S. Skripkin, M.V. Yeltsov, B.N. Zolotareva,
T.S. Demkina, T.E. Khomutova, T.V. Kuznetsova,
S.N. Udaltsov, N.N. Kashirskaya, L.N. Plekhanova**

NATURAL ENVIRONMENT OF THE VOLGA-URAL STEPPES DURING SAVROMATIAN-SARMATIAN EPOCH (VI c. BC – AD IVc.)

The improvement and more detail development of methodological and theoretical basis for studying paleosoils as indicators of state and evolution of natural environment within different geological and historical epochs have become especially important problem recently. For its solution studies of Holocene paleosoils in settlements, burial (kurgans), fortification and other ground historical-archeological monuments of the Stone Age, epochs of the Bronze and Early Iron, Middle Ages and the New Time occupy one of central places. It is known that paleosoils buried beneath cultural layers, kurgan embankments, defending ramparts, etc. preserve a lot of signs and properties, which reflect climatic, lithological, geomorphologic, geochemical, biological, hydrological, and other conditions of their formation and development.

Further progress in archeological soil science puts forward the task of detail elaboration of the chronology in reconstructing the history of soil and evolution of natural environment. It needs first of all representative spatial-temporal material obtained from the studies of underground pedosequences, which cover a period of several centuries with time intervals of 100–200 years. Paleosoils of similar lithology and geomorphology from burial sites, which are located in close vicinity and include monuments of different steps of development of the same historical-cultural society with the time window of several centuries, meet such requirements. In particular such objects are the paleosoils buried beneath kurgans constructed in VI c. BC – AD IV c. during the Savromatian and Sarmatian cultures of the Early Iron ages in Eurasian steppes.

The final of the Bronze epoch in the Eurasian steppes was accompanied by radical breaking of social economy of ancient population. Nomadic tribes, which appeared here in the Early Iron age in the beginning of I mil. BC and then in the Middle Ages, are unique event for the world culture having no analogs in the history. Nomadic style

of life was a way of adaptation of people to the habitation environment. Peculiarities of this style were animal breeding as dominative economy with out-door keeping animals on grass during the whole year, periodical movement inside the pasture territories or between them with movement of whole or majority of population, and natural economy. All signs mentioned are in the direct connection with natural environment, in particular, with peculiarities of soil-vegetation cover, meteorological and climatic conditions typical for certain time-window and natural region. During the time-window considered (VI c. BC – AD IV c.) southern Russia steppes were populated by nomad tribes of Savromats and Sarmats (IV c. BC – AD IV c.). They left numerous kurgan burial monuments, which are main source of information about their history, culture, economy, migrations, etc.

In the development of nomadic societies of the Early Iron age in the region studied four cultural-chronological periods are distinguished: the Savromatian, Early, Middle, and Late Sarmatian ones. It should be mentioned that the chronology and periods of this epoch are well developed in details (Skripkin, 2008). Therefore, the time of the kurgan construction is reliably determined by artifacts of archeological excavations with the following cultural-chronological differentiation: the Savromatian culture – end of VI – first half of IV cc. BC; Sarmatian culture – Early step – second half of IV – III and II-I cc. BC; Middle step – AD I – first half of II cc.; Late step – second half of AD II – first half of II and second half of II – IV cc. In this case we have an opportunity to fix the state of paleosoil and soil cover with the time interval of 100–200 years and reveal the regularities of their centennial dynamics within the time-window of about 2600–1600 years ago.

Soil-archeological studies of kurgans of the Early Iron age were started in the Lower Volga region in the middle of 70th, on the southern Urals – in the beginning of 90th. The field studies were conducted in Volgogradskaya (9 regions), Orenburgskaya (2 regions), Zapadno-Kazakhstanskaya (3 regions) oblast's and the Republic of Kalmykia (1 region). By now we have studied 192 kurgans of the Early Iron age within 38 burial sets. The share of the monuments of various cultures is as following: the Savromatian (end VI – first half IV cc. BC) – 11%, Early Sarmatian (second half IV – I cc. BC) – 13%; Middle Sarmatian (AD I – first half II cc.) – 29%; late-Sarmatian (second half AD II – IV cc.) – 47%.

Main goals of the work were to establish the regularities of soil evolution and to reconstruct centennial variability of climate humidity

in the Volga-Ural steppes during the Savromatian-Sarmatian epoch (VI c. BC – AD IV c.) basing on examination of under-kurgan pedochronosequences. The region studied included dry- and desert-steppe zones of the Lower Volga with dark-chestnut, chestnut, light-chestnut, and brown semi-desert soils, dry-steppe zone of the southern Cis-Urals with dark-chestnut soils, and steppe zone of the Trans-Urals with ordinary chernozems. In the soil-geographical subzones mentioned we studied the paleosoils of archeological monuments (kurgans) located in various landscape–geomorphologic regions. They covered all cultural-chronological steps of the development of the Savromatian and Sarmatian cultures in the Volga-Ural steppes. For the studies of under-kurgan paleosoils and their modern analogs combination of field and laboratory methods of archeological soil science, soil microbiology, biochemistry, agrochemistry, analytical chemistry, and geophysics were applied. We have obtained representative chronological-geographical information on the state of soil cover, morphology, chemical, magnetic, and microbiological properties and biological activity of paleosoils, on the regularities of their spatial-temporal variability in connection to periodical change of conditions of soil formation. Such data were obtained for the first time and have allowed us to elaborate detail reconstruction of the dynamics of climate humidity in the Volga-Ural steppes during the Early Iron age.

The studies of under-kurgan pedochronosequences in dry- and desert-steppe zones of the Lower Volga, in steppe and dry-steppe zones of the Southern Urals allowed us to obtain new information on evolution of soils and natural environment in the Savromatian-Sarmatian epoch. During VI c. BC – AD IV c. morphological, stratigraphic, chemical, magnetic properties of chernozemic, chestnut, and brown semi-desert paleosoils and paleosolonetzes underwent rhythmic transformations with direction and the scale conditioned by periodical change of humid and arid climatic periods of various duration and expressivity. Most considerable climate-connected changes were observed in the carbonate, salt, and gypsum parameters of paleosol profiles (depths of accumulations, contents, stocks, forms of new-formations, etc.), and morphological and physico-chemical signs of the solonetz process. It was demonstrated that the changes of soil properties studied were unidirectional and synchronous in the Lower-Volga and Southern Ural steppes within time-window of 2600–1600 years ago.

The comparative analysis of morphological, physicochemical, and microbiological properties of paleosoils from under-kurgan pedo-chronosequences for the first time have demonstrated that the structure of soil cover of dry steppes in the Lower Volga region within first centuries AD was more contrast and diverse than in modern time. It included main species of the solonetz (crust, fine, moderate, and deep), chestnut paleosoils of different content of salts and solonetz features, and meadow-chestnut ephemeral paleosoils. For the first time it was established that the change of short-term (shorter than 300 years) changes of humid and arid climatic periods was the main reason of dynamic and reverse state of structure of the soil cover with adaptation of soil properties to the changeable natural conditions just in several decade years. It resulted in transformation of paleosoils within the solonetz complexes on the type, genera, or species level. In the evolution of soil cover of Volga-Ural steppes the periodical change of divergence and convergence due to humidization and aridization of climate was observed. The scale of diagenetic changes of humus state of under-kurgan paleosoils was revealed. The possibility of application of the data on humic substances content and structure for the climate dynamics reconstruction was estimated.

The data on the state of microbial communities in under-kurgan paleosoils of different ages allowed us to conclude that first centuries AD in the dry and desert steppes of the Lower Volga region were characterized by the changes of relatively humid climatic conditions by arid and then, again by humid ones. It should be mentioned that the peculiarities of variability of microbial parameters in the paleosoils studied were synchronous and unidirectional despite of different soil-geographical location (dry and desert steppes), natural regions (Privolzhskaya and Yergeninskaya uplands), relief elements (watersheds, river terraces). Especially important was the coordination of paleoecological conclusions made from microbiological data with natural reconstructions performed by traditional morphological-chemical analysis of paleosoils. The microbiological data distinctly detailed and specified these reconstructions.

The comparative study of microbial communities in under-kurgan (AD I c.) and modern soils of solonetz complexes in dry steppes of the Lower Volga region was carried out. Using the analysis of variance quantitative estimates of the influence of solonetz process on spatial changes of microbial parameters was fulfilled. As a rule, in

upper horizons of modern and under-kurgan chestnut soils the parameters were 1.2–2.8 times higher than in solonetztes. Influence of solonetz features on the values of microbial parameters was observed in the whole soils profile; however, in each horizon it was valid only for one of the microbial trophic groups. The highest biomass of the fungal mycelium was found in the chestnut solonetzic paleosol. The dark-colored mycelium reached 100% in the fungal structure that is one of mechanisms of adaptation of microscopic fungi to survival in conditions of deficit of moisture and nutrition.

For the first time total and alive microbial biomass was estimated in under-kurgan (AD I c.) paleosolonetzes and chestnut paleosols with different level of solonetz features in the dry-steppe zone of the Northern Yergeni. It was established that mean-weighted values of total microbial biomass (A1+B1+B2 horizons) reached 86–205% compared to the modern background analogs. The share of total microbial biomass reached 58% of soil organic carbon. This allowed us to consider that main part of soil organic carbon in paleosols had microbial nature and origin. The alive microbial biomass in paleosols, estimated by soil phospholipid content, reached 35–70% of that in the modern analogs. The share of alive microbial biomass in total one, which comprised alive, dead, mummified cells, and cell metabolites, varied from 2.4 to 10%. The alive microbial biomass in paleosols was 1.4–4 % of soil organic carbon. The data obtained testified the survival of microbial communities and their adaptation to long-term burial in conditions of deficit of moisture and nutrients, and the parameters of microbial biomass confirmed the data about higher humidity of climate in AD I c. compared to the modern time.

For the first time the studies of enzymatic activity in profiles of under-kurgan paleosols of solonetz complex in dry-steppe zone buried in the humid epoch AD I c. were performed. It was established that mean-profile values (A1+B1+B2 horizons) of polyphenole-oxidase, peroxidase, and phosphatase activity in paleosols reached 44–75, 55–96, and 3–32% of their values in the modern analogs. This demonstrates that during long-term burial (2000 years) in paleosols the relatively high level of biological activity was preserved.

In dry steppes of the Lower Volga region (Northern Yergeni) using the method of closed chambers for the first time the rate of emission of carbon dioxide *in situ* was measured during summer period from the modern and under-kurgan (AD I c.) chestnut and solo-

netz paleosoils. The differences in the rate of C-CO₂ emission in under-kurgan paleosoils and their modern analogs depended on their type and were conditioned by low moisture content. For the first time it was established that in paleosoils (A1 hor.) within 2000 years the high level of nitrate form of nitrogen was maintained (4–11 mg N-NO₃⁻ / 100 g) and distinctly exceeded that from the modern analogs (mainly 1 mg N-NO₃⁻ / 100 g). These data from one hand confirmed the reliable conservation of under-kurgan paleosoils, and from another one – were important criterion for estimation of season (spring, summer, autumn) of the archeological monument construction.

The regularities of variability of morphological, chemical, magnetic properties, biological activity, and evolution of paleosoils within the Savromatian epoch (VI c. BC – AD IV c.) allowed us to conclude that in the Volga-Ural steppes during the historical time the climate was key factor of soil formation. The centennial dynamics of its humidity determined the direction, the rate, and the scale of transformation of soil properties and influenced the intensity and the direction of elementary soil processes and spatial-temporal organization of the soil cover. Therefore one of important tasks of soil-archeological studies is the reconstruction of changeability of climatic conditions within the historical time. It is known that the reliability and the details of natural reconstructions are determined first of all by paleo-objects of retrospective studies. They must respond certain requirements. Such requirements to our opinion are: the location *in situ*; general reflection of natural conditions; precise, express and not expensive dating; well preservation of original parameters; spatial-temporal representativeness; connection to various landscape-geomorphologic regions; short period (days, weeks) transformation into conservation (burial state); availability to find and to excavate; possibility to provide comprehensive interdisciplinary studies using various field and laboratory methods. It is clear that paleosoils of archeological monuments, kurgans, meet all the requirements mentioned in a full. Their construction took place continuously within the cultures of the Eneolith, Bronze, Early Iron, and Middle Ages from the end of V mil. BC to the beginning of AD XV c. The kurgan burial rite on the most of territories of steppes was performed from the period of melting to freezing the soil-ground mass that is from early spring till late autumn. The time of monument construction depending on its sizes and the number of people involved in this process took from several days to one or two months. The preciseness of dating of the age of kur-

gans, and hence, the time of burial of paleosoils according to archaeological excavations materials, as a rule did not exceed one or two centuries. For example, boundary of III – II mil BC, first quarter of II mil. BC, AD I c., second half AD II – beginning III cc., etc. The dating of kurgan construction may be performed during the field studies. In the Eurasian steppes kurgans are widely spread, in particular, only in the southern regions of Russia they are of several hundred thousands. They are located in various natural regions and elements of relief (watersheds, slopes, outliers, river terraces, plain and areas close to mountains, etc.). Often they are found in groups and form burial sets. As a rule burial sites comprise monuments of various cultures. This gives possibility to study under-kurgan pedochronosequences connected to certain landscape with similar climatic, geomorphologic, lithological, geochemical, and soil-vegetation conditions. The sufficient conservation of original properties in under-kurgan paleosoils is provided by peculiarities of bioclimatic conditions in steppe zone and thick (from 50–100 cm to 2–3 m and larger) man-made semispherical embankment, which overlap paleosoils. This is especially important, taking into consideration that soils integrally reflect natural conditions of functioning and development during the historical time. In the studies of under-kurgan paleosoils aimed for reconstruction the dynamics of climate humidity various methods of soil science, botany, soil microbiology, biochemistry, molecular biology, mineralogy, isotopic geochemistry, analytical chemistry, geophysics, agrochemistry, radiocarbon dating, electron microscopy, etc. may be used.

Studies of numerous under-kurgan pedochorosequences in dry and desert steppes of the southern Russia allowed us to determine complex of typical signs and properties of paleosoils, which reflect the state and centennial dynamics of climate humidity within the historical time (Demkin et al., 2010). They are: depth of accumulations of carbonates (CaCO_3), gypsum (CaSO_4) and readily soluble salts (NaCl , Na_2SO_4 , CaCl_2 , MgSO_4 , etc.) in the profile, their mean weighed content in layers 0–50, 0–100 (200), and 0–200 cm, respectively; forms of new formations of carbonates; morphological and physicochemical signs of the solonetz process; presence/absence of new formations of manganese oxides in illuvial horizon; color and thickness of humus layer (A1+B1 horizons); content and composition of humus; structure of humus substances; values of magnetic susceptibility in A1 horizon; composition and structure of soil cover. It is established that in arid

climatic epochs in soil profile stocks of readily soluble salts, gypsum, carbonates increase, accumulation lines shifted towards the surface; new formations of carbonates transformed; thickness of humus horizon and content of humus decreased; eolic erosion and salt impulverization from solonchaks and Caspian Sea surface intensified, convergence of soil cover occurred. During humid periods alternatively desalinization of the soil depth occurred, content of humus and values of magnetic susceptibility in A1 horizon increased, actual signs of solonchets transformed into residual ones with preservation of texture differentiation, in B1 horizon abundant manganese oxides formed, in the development of soil cover the process of divergence dominated.

We also have established soil-microbiological parameters, which allowed us to consider the changes of climate towards aridization and humidization within different historical epochs (Демкина и др., 2010). They include: (1) active microbial biomass (C-SIR); (2) its share in total microbial biomass (C-TMB); (3) its share in soil organic carbon; (4) ecological-trophic structure of microbial community (SA:NA:RM), which is characterized by the ratio of microorganisms (%) growing on soil agar and utilizing from disperse state (SA), on nitrite agar and utilizing humus (NA), and growing on rich medium and utilizing plant residues (RM); (5) ratio of number of microorganisms, utilizing readily available material – plant residues (RM) and low available – humus (NA); (6) oligotrophy index ($SA/RM \cdot 100$), which characterizes the potential of microbial community to assimilate from disperse state nutrients. The higher this index is, the worse nutritive conditions microorganisms are adapted for, and reverse, the lower this index is, the more favorable conditions with more input of plant residues are. The quantitative parameters of the state of microbial communities such as high biomass of active microorganisms and high share in C-TMB and Corg of soil, domination of microorganisms utilizing readily available material in the structure of the communities, high ratio of microorganisms utilizing readily available material to those utilizing humus, low values of the oligotrophy index allowed us to concluder about high input of plant residues into paleosol. In dry regions the increase of plant residues input into the soil was connected first of all with the increase of precipitations within certain period. Aridization of climate in the scale of historical time alternatively, led to the decrease of five parameters mentioned and increase of the sixth one.

The comparative analysis of quantitative and qualitative parameters of morphological, chemical, magnetic, microbial properties

between paleosoils from archeological monuments of different ages and with modern analogs allowed us to make qualitative estimates of climate humidity within certain time-windows. Another words, we may conclude that given historical period was more arid or humid than previous one or modern one. This approach was used for qualitative estimation of climate humidity in the Volga-Ural steppes within different cultural-historical steps of the development of the Savromatian-Sarmatian society during VI c. BC – AD IV c.

The basis for climatic reconstructions were the materials of paleosoil studies of about 200 kurgans within about 40 burial sets located as a rule on automorphic landscapes of river and gullies watersheds, above-flood river terraces, outlier plain surfaces, plain areas of the Privolzhskaya and Yergeninskaya uplands, Cis-Caspian lowland, Cis-Ural and Trans-Ural plateau within steppe, dry- and desert-steppe soil-geographical zones. In result qualitative estimates of climate humidity within different cultural-historical periods of the Early Iron age was obtained for 23 landscape-geomorphologic regions of steppes of the Lower Volga and Southern Ural regions.

Let us consider the regularities of spatial-temporal variability of climate humidity in the region studied. In practice of soil-archeological investigations the representativeness of the data obtained have no analogs. In general the objects of the Volga-Ural steppe region studied covered continuous time scale (2500–1600 years ago) with 100–150 years steps. However, in separate natural-geomorphologic regions some time-lacunas not provided by paleosoil material existed. The reasons of such lacunas were regional and local landscape-geomorphologic peculiarities, which influenced migrations and settlements of ancient nomad population, peculiarities of burial rite with presence or absence of basic kurgans in certain regions, possibility of our participation in some excavations of monuments, etc. Evidently, the reasons mentioned did not allow us to obtain data on the territory of the Privolzhskaya upland for IV–I cc. BC and AD IV c., on the Yergeninskaya upland and on the Cis-Caspian lowland for IV–III cc. BC, on the Southern Urals – for II c. BC – middle of AD II c. We compensate the lack of our data by literature material further.

Analysis of our data on the paleo-climatic situation in the Volga-Ural steppes within the Savromatian-Sarmatian epoch provided the following conclusions. In the end of VI–V cc. BC in all nine natural regions of dry- and desert-steppe zones the climatic conditions were rela-

tively humid. In the end of V – first half IV cc. BC aridization of climate started, its maximum reached in the second half of IV–III cc. BC. This was confirmed by the data on the Southern Ural region. Second half of II–I cc. BC was characterized by the change of arid climatic conditions by humid ones. The second half of I c. BC may be considered as sufficiently humid period, which lasted also in AD I c.. The latter was confirmed by materials of all 13 objects, which include 56 kurgans of the Middle Sarmatian time and located in different natural regions of the Lower Volga. The data on morphological-chemical and microbiological properties of Middle Sarmatian under-kurgan paleosoils in dry steppes of the Northern Yergeni gave an opportunity to consider intra-century variability of climate humidity in AD I – first half of II cc. In paleosoils of several kurgans of this time-window an increased amount of chlorides in upper horizons, another ecological-trophic structure of microbial communities, their less number and biomass were observed compared to other under-kurgan paleosoils studied (Демкин и др., 2012). The data obtained provided the conclusion that these monuments were constructed most probably in the end of AD I – beginning of II cc. This period had already features of first step of aridization of climate. In the Cis-Caspian region it was apparent first of all by intensive eolic transfer of readily soluble salts, mainly sodium chloride from the surface of the Caspian Sea and from the surfaces of numerous solonchaks with their further accumulation in upper soil horizons. Together with this process, accumulation of chlorides in upper 1 meter depth of soil profile, as most labile compounds, occurred also due to their upward migration from the accumulation zone in Cs,g horizon, which is known to increase in arid periods. Therefore, final step of the Middle Sarmatian time (end AD I – first half II cc.) was characterized by the change of relatively humid conditions of soil formation by arid ones. This conclusion was confirmed by the materials of paleosol-microbiological studies of the Middle Sarmatian kurgans in the steppe zone of the Privolzhskaya upland and desert-steppe zone of Trans-Volga region. Let us to view the peculiarities of evolution of climate in the Volga-Ural steppes within Late Sarmatian time in second half AD II – first half III cc. Abundant material (18 objects, about 80 kurgans) undoubtedly point to aridization of climate within time-window mentioned in dry and desert steppes of the Lower Volga region. We may consider that in the Southern Ural steppes arid climatic period also started. Next step of development of Late Sarmatian culture (second half

Periodization of climate humidity in Volga-Ural steppes
during Savromatian-Sarmatian epoch

Period	Time	Duration, years
Savromatian humid	2 nd half VI – V cc. BC	150
Early Sarmatian arid	IV – II cc. BC	300
Early Sarmatian humid	I c. BC – AD I c.	200
Late Sarmatian arid	AD II – III cc.	150
Late Sarmatian humid	AD end III – IV cc.	>100

AD III – IV cc.) was presented by little number of objects (4) and kurgans (10). However, morphological-chemical and microbiological data distinctly show the beginning of another humidization step of climate in second half AD III c.. It was pronounced in AD IV c. both in the Lower Volga region and Southern Urals.

The data obtained allowed us to conclude that centennial dynamics of climate humidity during Savromatian-Sarmatian time in the Lower Volga and Southern Ural steppes was of same type and synchronous. It had regular alternation of humid and arid periods. Their duration was as following: Savromatian humid period – less than 150 years; Early Sarmatian arid – 300 years; Early Sarmatian humid – 200 years; Late Sarmatian arid – 150 years; Late Sarmatian humid – over 100 years (the table).

The conception of climate development in the Volga-Ural steppes with qualitative estimation of its humidity (arid-humid) within different cultural-historical periods of the Savromatian-Sarmatian epoch (VI c. BC – AD IV c.) has been advanced. Its further development puts forward a question: are there theoretical and methodical principles and approaches, paleosoil criteria, which provide reconstruction of amounts of precipitation during the historical time? We believe that one of the approaches may be as following. From the comparative analysis of under-kurgan paleosoils and their modern analogs by the taxonomy and classification, qualitative and quantitative parameters of the content of salts, carbonates, humus, signs of solonetz process, microbiological activity, etc. we may estimate annual rate of precipitations in former times in comparison with modern ones.

Let us make such reconstructions basing on the data from under-kurgan paleosoils in dry and desert steppes of the Lower Volga region.

It is known that in this natural region the rate of precipitations regularly decrease from the north-west towards the south-east, and mean rates in the subzone of dark-chestnut soils are 400–450 mm per year; in the subzone of chestnut soils – 350–370 mm per year; in the subzone of light-chestnut soil – 280–330 mm per year; in the subzone of brown semi-desert soils – 200–250 mm per year. The change of soil subtypes follows this direction with consecutive decrease of precipitation rates generally in the subzones by 60–70 mm per year. Therefore, we may suppose that evolution transformation of soils in the region on the type/subtype level in the historical time could occur only at the decrease/increase of mean annual precipitation rate over 60–70 mm. To the point, the facts of evolution of chestnut soils into brown semi-desert ones and reverse, chestnut into dark-chestnut, chestnut into light-chestnut, etc., were recorded by us at the studies of under-kurgan paleosoils of the Bronze Age (the end IV – II mil. BC) in various natural regions of the Srednerusskaya, Yergeninskaya, Privolzhskaya uplands and Prikaspijskaya lowland (Borisov et al., 2006; Demkin et al., 2002, 2003, 2004a, 2010a, 2010b; Demkina et al., 2003). Such large-scale evolutionary transformations of paleosoils were conditioned by periodical change of arid and humid conditions of soil formation. The variations of mean annual precipitation rate towards certain side reached 100 mm and more. On the Northern Yergeni the considerable humidization of climate during the Golden Orda time had led, in particular, to the spread of dry steppe landscapes into the zone of desert steppes with evolution of light-chestnut paleosoils into chestnut ones (Demkin et al., 2006; Yakimov et al., 2007). On all objects of Savromatian-Sarmatian time the changes of paleosol properties did not lead to their evolution on the level of type or subtype (excluding some small areas of paleosoils in the nano-depressions of relief in the Yergeninskaya upland). Therefore, we consider that the dynamics of mean annual precipitation rate in the Lower Volga steppes within 2600–1600 years ago did not exceed $\pm(40\text{--}50)$ mm. Taking into account quantitative and qualitative parameters of properties and signs of soils mentioned above, we developed the reconstruction of dynamics of precipitation rates in Savromatian-Sarmatian epoch in dry steppes of the Volga-Don interfluve (subzone of chestnut soils) and in desert-steppe zone of Trans-Volga region (subzone of light-chestnut soils). We made an assumption that now and in former times the precipitation rate in the Trans-Volga region was 60–700 mm per year less than in the interfluve one. We believe that in the

Savromatian time mean precipitation rate in the region reached 400 and 330–350 mm respectively. During the Early Sarmatian time it decreased at least by 40–50 mm. Humid climatic conditions both in the Volga-Don interfluvium and Trans-Volga region occurred in I c. BC, AD I and IV cc. (380–400 and 300–350 mm per year respectively), and most arid were second half AD II – first half III cc. (330–350 and 250–280 mm per year). Intermediate and similar situation was in second half II – beginning I cc. BC, first half AD II c. and second half AD III c. (350–380 and ~300 mm per year).

For reconstruction of the dynamics of climate humidity in the Volga-Ural steppes within the Savromatian-Sarmatian epoch we and other authors used new original methodical approaches for indicating the evolution of natural environment in the Holocene. In particular, studies of stable isotopes of organic matter carbon (humus) of paleosoils in archeological monuments of different ages in dry steppe zone of Southern Cis-Urals (Ryskov, Demkin, 1997) and in desert-steppe zone of the Lower Volga (Borisov, 2002). It is known that isotopic composition of humus carbon reflects that of the vegetation and the ratio of plant associations with C3 and C4 types of the photosynthesis. This gives possibility to reveal the level of climate humidity in past on qualitative level. It was established (Ryskov, Demkin, 1997) that in under-kurgan dark-chestnut paleosoils of Savromatian, Early Sarmatian, and Late Sarmatian time on the Southern Urals studied, the isotopic composition of humus carbon $\delta^{13}\text{C}$ varied from -22.6 to -24.6‰. The data obtained point to humid climatic conditions in the end of IV – V cc. BC, arid – in second half IV – III cc. BC, and again humid – in second half AD III – beginning IV c. In subzone of light-chestnut soils of Northern Yergeni in second half AD II – first half III cc. arid climatic conditions were revealed (Borisov, 2002).

From mineralogical and geochemical studies of under-kurgan paleosoils of different ages in dry and desert steppes of the Lower Volga region the relationship between the share of rubidium in buried and modern analog soils were found by Kalinin (Калинин, 2009; Калинин и др., 2009) with qualitative estimation of climate humidity in past historical epochs. The data confirmed our conclusions on climatic conditions in the Middle Sarmatian (AD I c.) and Late Sarmatian (AD II – III cc.) times, which were humid and arid respectively.

Another approach touched the problem of quantitative reconstruction of climate humidity. It was advanced and proved by Alek-

seev and was based on studies of magnetic mineralogy of under-kurgan paleosoils (Alekseev et al., 2004; Demkin et al., 2004; Alekseev, 2010; Alekseeva et al., 2007). The author analyzed the relationship between magnetic and mineralogical properties of modern steppe soils with climatic conditions. The objects of studies were dark-chestnut, chestnut, light-chestnut, and brown semi-desert soils of the Lower Volga region. The data obtained during magnetic measurements point to the formation of ferrimagnetics (magnetite, maghemite). Their content first of all conditioned the profile change of values of magnetic susceptibility (Alekseev, 2010). The relationship between the content of magnetic minerals with bioclimatic conditions was revealed. On the example of Lower Volga steppes the direct correlation between values of magnetic susceptibility of modern soils with mean annual precipitation rate was established statistically (Maher et al., 2002). Using this relationship, the data on magnetic susceptibility of under-kurgan paleosoils located in various natural regions of the Lower Volga and Southern Ural regions were used for estimating the precipitation rates in past historical epochs (Demkin et al., 2003, 2004a). Analyzing the chronointervals of the Savromatian–Sarmatian epoch, we may distinguish that humid climatic periods were V c. BC, AD I and IV cc. In AD II–III cc. distinct decrease of precipitation rate was revealed. No doubt, the approach on quantitative climatic reconstructions advanced needs further methodical development, widening the data, etc. However, the following should be mentioned. The dynamics of precipitation rate pattern established from the results of magnetic measurements in general confirms the scheme of climate humidity mentioned and based on morphological-chemical and microbiological parameters of under-kurgan paleosoils of different ages. However, absolute values of the mean annual precipitation rates reconstructed, especially for the Bronze epoch have some objections.

Hence, four independent methodical approaches used for reconstructions of the dynamics of climate in the Volga-Ural steppes in the Savromatian-Sarmatian epoch allowed us to make identical conclusions. We believe that this demonstrates high reliability of natural climatic reconstructions performed. Literature data available by now on humidity of climate in semiarid and arid regions of Eurasia during the Early Iron age agreed in general with results of our studies. However, our conception advanced is distinguished by entirety, territorial

variability and range; it is based on wide actual material and original interdisciplinary soil-archeological approach.

Finally let us consider the peculiarities of distribution and migration of nomads of the Early Iron age within Volga-Ural steppes basing on the analysis of topography of burial monuments (kurgans), local peculiarities of state, and centennial variability of natural climatic conditions. First of all in the region studied climate aridization as a rule was accompanied by the increase of more continental features expressed in the decrease of winter temperatures and strengthening of winter frosts (Demkin, 1997; Ryskov, Demkin, 1997). In arid periods the quality of soil-vegetation cover deteriorated (increase of soil salinity, development of solonetz process, decrease of activity of soil microbial communities, decrease of grass productivity, etc.), the hydrological regime of small rivers, streams, and water basins changed. Alternatively, in humid periods the processes of leaching and desalinization of soils occurred, their biological activity increased, winters became relatively mild with often melting events, summer temperatures decreased, water supply increased. Periodical change of landscape and meteorological conditions mentioned undoubtedly influenced the life of Savromatian-Sarmatian tribes and regulated their roots and times of seasonal movements, influenced distribution, regional and global migrations.

Favorable paleoecological situation in VI–V cc. BC provided comfortable conditions of economy of Savromatian tribes in the whole region studied including modern semi-desert regions of the Volga-Ural interfluvium. This was confirmed by monuments of this culture on the territory of Besstochnaya plain, Dzhanybek outlier, etc., and was presented not only by entranced, but also main (basic) burials. It was mentioned that Early Sarmatian (Prokhorovskaya) culture was developed in the Southern Ural steppes, where main massive of burials was registered. Climate aridization and the increase of its continentality in IV–III cc. BC was one of the reasons of migration of people to the Lower Volga region. Here according to the opinion of Klepikov, the migrants occupied all paleoecological niches on the left bank of Volga and continued to come from the east during the whole IV and III cc. BC (Klepikov, 2007, p. 42). One of paleoecological oases was a territory of 10–20 km, which surrounded the Elton lake (Elton plain) (Demkin, 1997). Now and in past, in particular, during the Early Sarmatian period the Elton plain is an area of dry steppe landscapes with chestnut sols in desert-steppe (or semi-desert) zone with light chestnut

soils. Desalinization of soil-ground depth is conditioned by dividing the territory by small river valleys, which run to the lake, ravines and gullies. In the estuary depressions and dry hollows the fresh ground waters lay on the depth 2–3 m. In large estuaries melted waters may preserve till the middle of summer. In the Elton late large stocks of halite (NaCl) though with admixture of MgSO_4 are concentrated. Therefore the landscapes of Elton plain always were attractive for ancient peoples. It is no coincidence just here great number of burial archeological monuments since the Early Bronze epoch till the Golden Orda time are concentrated. In 1983–1985 on territory of the plain the complex soil-archeological studies of 30 kurgans dated back to the Early and Middle Bronze (32%), Late Bronze (24%) epoch, and the Golden Orda time (44%) were conducted (Demkin, 1997; Demkin et al., 1988, 1992; Lukashov, Demkin, 1989). The Early Sarmatian kurgans were not found. However, in 114 burials the Early Sarmatian burials were exceptionally of entranced character (36%), while total number of main (basic) and entranced burials of the Bronze and Middle Ages are 44 and 20% respectively (Demkin, 1997). Early Sarmatian burials were made mainly into the kurgans of the Poltavkinskaya time and as a rule totally destroyed the burials of the Bronze epoch. Without paleosoils studies we could distinguish them as main burials, that is not true (Demkin et al., 1988). From archeological excavations it is known that the Early Sarmatian tribes of the Lower Volga just entranced kind of kurgan burials dominate and those marked as main burial may actually be entranced ones. This supposition was partly confirmed by the absence of kurgans dated back to IV–III cc. BC in over 30 year practice of our soil-archeological studies in the Lower Volga steppes. Final step of development of Early Sarmatian culture (middle of II – I cc. BC) is presented by several monuments both in the Trans-Volga region and Volga-Don interfluve and western Cis-Caspian region. We mentioned that this epoch was marked by the change of arid climatic conditions by humid ones lasted during next century (AD I c.). The appearance of Middle Sarmatian culture in the Volga–Ural steppes was timed to ecologically favorable epoch. From natural science data till now it is not possible to explain the reasons of such numerous population of Middle Sarmatian time in the Lower Volga and practically total absence of monuments of this time in the Southern Ural steppes. Seemingly ecological factor was not the leading one. All the more, during aridization of climate in AD II–III cc.

the Volga-Ural steppes were actively populated by Late Sarmatian people. Another surprising event was found regarding the relationships between nomad people and natural environment. In conditions of climate humidization and distinct improvement of paleoecological situation during AD IV c. the Late Sarmatian culture in the Volga-Ural steppes almost disappeared. In the Eurasian steppes a new cultural-historical period – the epoch of Great Peoples Migration had started. The material discussed show that the relationship between natural and ethno-cultural processes in the development of steppe nomad societies may be not quite direct. Seemingly, in certain historical periods the combination of natural and social factors influenced the material and spiritual culture, migration and distribution of population and led to various consequences, which determined the formation, evolution, and disappearance of steppe societies of the Early Iron age.

Thus, we summarized the materials of many-year (1976–2012) soil-archeological studies of about 200 kurgans of the Savromatian, Early, Middle, and Late Sarmatian time (VI c. BC – AD IV c.) within about 40 burial sets located in 23 landscape-geomorphologic regions of the Lower Volga and Southern Urals steppes. This allowed us for the first time to obtain detail information on the regularities of spatial-temporal variability of morphological, chemical, microbiological, magnetic properties and biological activity of paleosoils on the south Russia steppes, on the direction and rates of transformation of parameters of humus, carbonate, salt profiles, on the development of processes of humus and solonetz formation, accumulation and leaching of salts, on the variability of structure of soil cover and soil evolution, on the centennial dynamics of climate humidity during the historical time, on the role of natural environment in life of nomads of the Early Iron age.

LITERATURE

Alekseev A.O. (2010) Oxidogenesis of ferrum in soils of the steppe zone. Theses of Doctoral Dissertation. Moscow. 48 p. (in Russian).

Alekseev A.O., Alekseeva T.V., Demkin V.A., Sergatskov I.V. (2004) Magnetic properties of buried paleosoils of archeological monuments – the record of climatic conditions in the steppes of the Privolzhskaya upland in the Holocene // *Materialy po archeologii Volgo-Donskikh stepej*. V. 2. Volgograd: VolGU. P. 96–106. (in Russian).

Alekseeva T., Alekseev A., Maher B.A., Demkin V. (2007) Late Holocene climate reconstructions for the Russia steppe, based on mineralogical and

- magnetic properties of buried palaeosol // *Palaeo: palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology*. V. 249. P. 103–127
- Borisov A.V.* (2002) Evolution of soils of the desert-steppe zone of the Volga-Don interfluvium within past 5000 years. Theses of Candidate Dissertation. Moscow. 23 p. (in Russian).
- Borisov A.V., Demkina T.S., Demkin V.A.* (2006) Paleosoils and the climate of Yergeny within the Bronze epoch (IV–II mi. BC). Moscow: Nauka. 210 p. (in Russian).
- Demkin V.A.* (1997) Paleosoil science and archeology: integration in the study of history of nature and society. Pushchino: ONTI PNC RAN. 213 p. (in Russian).
- Demkin V.A., Borisov A.V., Demkina T.S., Khomutova T.E., Zolotareva B.N., Kashirskaya N.N., Udaltsov S.N., Eltsov M.V.* (2010a) Volga-Don steppes in ancient time and Middle Ages (by the materials of soil-archeological studies). Pushchino: SYNCHROBOOK. 120 p. (in Russian).
- Demkin V.A., Borisov A.V., Udaltsov S.N.* (2010b) 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 Science*, V. 43, № 1, p. 5–14.
- Demkin V.A., Demkina T.S., Borisova M.A., Shishlina N.I.* (2002) Paleosols and paleoenvironment of the Southern Ergeni Upland in the end of the fourth and in the third millennia BC // *Eurasian Soil Science*. V. 35. № 6. P. 571–578.
- Demkin V.A., Demkina T.S., Borisov A.V., Yakimov A.S., Sergatskov I.V.* (2004a) Transformation of Soils and Environmental Conditions in the Semidesert Low Volga Region within the Past 4000 Years. // *Eurasian Soil Science*. V. 37. № 3. C. 230–241.
- Demkin V.A., Eltsov M.V., Alekseev A.O., Alekseeva T.V., Demkina T.S., Borisov A.V.* (2004b) Soil development in the Lower Volga area during the historical period // *Eurasian Soil Science*. V. 37. №12. P. 1324–1333.
- Demkin V.A., Eltsov M.V., Borisov A.V., Alekseev A.O., Alekseeva T.V.* (2003) Paleosoils and natural conditions of the left-bank Ilek in the Bronze and Early Iron epochs // *Voprosy istorii i arkheologii Zapadnogo Kazakhstana*. V. 2. Uralsk. P. 212–219. (in Russian).
- Demkin V.A., Klepikov V.M., Udaltsov S.N., Demkina T.S., Yeltsov M.V.* (2012) New aspects of natural science studies of kurgans in dry steppes of Lower Volga // *Vestnik arkheologii, antropologii i etnografii*. N. 1 (16). P. 121–135. (in Russian).
- Demkin V.A., Lukashov A.V., Kovalevskaya I.S., Skripnichenko I.I.* (1988) On the possibility of historical-sociological reconstructions at soil-archeological studies. Pushchino. Preprint. 20 p. (in Russian).
- Demkin V.A., Lukashov A.V., Kovalevskaya I.S.* (1992) New aspects of the problem of paleosoil studies of archeological monuments // *Rossiyskaya arkheologiya*. N. 4. P. 43–49. (in Russian).

- Demkin V.A., Yakimov A.S., Alekseev A.O., Kashirskaya N.N., El'tsov M.V.* (2006) Paleosol and paleoenvironmental conditions in the Lower Volga steppes during the Golden Horde period (13th–14th centuries AD) // *Eurasian Soil Science*. V. 39. №2. P. 115–126.
- Demkina T.S., Borisov A.V., Demkin V.A.* (2003) Paleosols and paleoenvironment in the Northern Ergeni upland in the Latest Neolithic and Bronze Ages (4–2 ka BC) // *Eurasian Soil Science*. V. 6. №6. P.86–598.
- Demkina T.S., Khomutova T.E., Kashirskaya N.N., Stretovich I.V., Demkin V.A.* (2010) Microbiological investigations of paleosols of archeological monuments in the steppe zone // *Eurasian Soil Science*. V. 43. №2. P. 194–201.
- Kalinin P.I.* (2009) Loess-soil complexes of the Pleistocene and paleosols of the Holocene of the south-east of the Russian plain. Theses of the Candidate Dissertation. Voronezh. 24 p. (in Russian).
- Kalinin P.I., Alekseev A.O., Savko A.D.* (2009) Loesses, paleosols, and paleogeography of the Quarter on the south-east of the Russian plain. Voronezh:VGU. 140 p. (in Russian).
- Klepikov V.M.* (2007) The formation of the Early Sarmatian culture in the Lower Volga // *Local peculiarities of the Early Sarmatian culture*. V. 2. Volgograd:VolGU. P. 37–58. (in Russian).
- Lukashov A.V., Demkin V.A.* (1989) The topography of archeological monuments of VI–I cc. BC on the north-west of the Volga-Don interfluvium // *Archeologiya vostochno-evropejskoj stepi*. Saratov. P. 157–161. (in Russian).
- Maher B.A., Alekseev A.O., Alekseeva T.V.* (2002) Climate dependence of soil magnetism across the Russian steppe: significance for use of soil magnetism as a palaeoclimatic proxy // *Quaternary Science Reviews*. V. 21. P. 1571–1576.
- Ryskov Ya.G., Demkin V.A.* (1997) Development of soils and natural environment of steppes of the Southern Urals in the Holocene. Pushchino: ONTI PNC RAN. 165 p. (in Russian).
- Skripkin A.S.* (2008) History of Volgograd region from the Stone Age till the Golden Orda time. Volgograd:Izdatel. 208 p. (in Russian).
- Yakimov A.S., Demkin V.A., Alekseev A.O.* (2007) Natural conditions of steppes of the Lower Volga during the Middle Ages (VIII–XIV cc. AD). Moscow: NIA-Priroda. 228 p. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ



Демкин Виталий Александрович, доктор биологических наук, профессор, зам. директора ИФХиБПП РАН.



Скрипкин Анатолий Степанович, доктор исторических наук, профессор Волгоградского государственного университета



Ельцов Максим Витальевич, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник ИФХиБПП РАН.



Золотарева Берта Николаевна, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник ИФХиБПП РАН.



Демкина Татьяна Сергеевна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник ИФХиБПП РАН.



Хомутова Татьяна Эдуардовна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник ИФХиБПП РАН.



Кузнецова Татьяна Васильевна, кандидат биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник ИФХиБПП РАН.



Удальцов Сергей Николаевич, кандидат биологических наук, зав. ЦКП ИФХиБПП РАН.



Каширская Наталья Николаевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник ИФХиБПП РАН.



Плеханова Людмила Николаевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник ИФХиБПП РАН.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Глава 1. КОЧЕВНИКИ ЮЖНОРУССКИХ СТЕПЕЙ В РАННЕМ ЖЕЛЕЗНОМ ВЕКЕ	9
1.1. Савроматский период	9
1.2. Раннесарматский период	13
1.3. Среднесарматский период	19
1.4. Позднесарматский период	23
Глава 2. ВЕКОВАЯ ДИНАМИКА МОРФОЛОГИЧЕСКИХ, ХИМИЧЕСКИХ, МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ И ЭВОЛЮЦИЯ ПОЧВ В САВРОМАТО-САРМАТСКУЮ ЭПОХУ	28
2.1. Нижнее Поволжье	28
2.2. Южный Урал	79
Глава 3. СОСТАВ ГУМУСА ПОДКУРГАННЫХ ПАЛЕОПОЧВ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЕГО ВРЕМЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ	100
Глава 4. СОСТОЯНИЕ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ ПОДКУРГАННЫХ ПАЛЕОПОЧВ	109
4.1. Микробные сообщества подкурганных и современных почв солонцовых комплексов	109
4.2. Эколого-трофическая и метаболическая структура микробных сообществ палеопочв	125
4.3. Суммарная и живая микробная биомасса в палеопочвах	130
Глава 5. ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ ПОДКУРГАННЫХ ПАЛЕОПОЧВ	138
Глава 6. ЭМИССИЯ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА ИЗ ПОДКУРГАННЫХ ПАЛЕОПОЧВ И ДЕПОНИРОВАНИЕ В НИХ НИТРАТНОГО АЗОТА	147
Глава 7. РЕКОНСТРУКЦИЯ ДИНАМИКИ УВЛАЖНЕННОСТИ КЛИМАТА В САВРОМАТО-САРМАТСКУЮ ЭПОХУ	154
Заключение	176
Список литературы	181
Summary	194
Сведения об авторах	213

CONTENT

Introduction	3
Chapter 1. NOMADS OF SOUTHERN RUSSIA STEPPES IN THE EARLY IRON AGE	9
1.1. Savromatian period	9
1.2. Early Sarmatian period	13
1.3. Middle Sarmatian period	19
1.4. Late Sarmatian period	23
Chapter 2. CENTENNIAL DYNAMICS OF MORPHOLOGICAL, CHEMICAL, MAGNETIC PROPERTIES AND EVOLUTION OF SOILS IN THE SAVROMATIAN-SARMATIAN EPOCH	28
2.1. Lower Volga region	28
2.2. Southern Ural region	79
Chapter 3. HUMUS COMPOSITION OF UNDER-KURGAN PALEOSOILS AND REGULARITIES OF ITS TEMPORAL VARIABILITY	100
Chapter 4. STATE OF MICROBIAL COMMUNITIES IN THE UNDER-KURGAN PALEOSOILS	109
4.1. Microbial communities of under-kurgan and modern soils of solonetz complexes	109
4.2. Ecological-trophic and physiological structure of microbial communities of paleosoils	125
4.3. Total and alive microbial biomass in paleosoils	130
Chapter 5. ENZYMATIC ACTIVITY OF UNDER-KURGAN PALEOSOILS	138
Chapter 6. CARBON DIOXIDE EMISSION AND NITRATE DEPOSITION IN UNDER-KURGAN PALEOSOILS	147
Chapter 7. RECONSTRUCTION OF THE DYNAMICS OF CLIMATE HUMIDITY IN THE SAVROMATIAN- SARMATIAN EPOCH	154
Conclusion	176
References	181
Summary	194
Information about the authors	213
	215

Научное издание

В.А.Демкин, А.С. Скрипкин, М.В.Ельцов, Б.Н.Золотарева,
Т.С.Демкина, Т.Э.Хомутова, Т.В.Кузнецова, С.Н.Удальцов,
Н.Н.Каширская, Л.Н.Плеханова

ПОДКУРГАННЫЕ ПАЛЕОПОЧВЫ КАК ИНДИКАТОРЫ
ДИНАМИКИ УВЛАЖНЕННОСТИ КЛИМАТА НИЖНЕВОЛЖСКИХ
СТЕПЕЙ В САРМАТСКУЮ ЭПОХУ (IV в. до н.э. – IV в. н.э.)

Подписано в печать 22.11.2012.
Формат 60×88/16. Усл. печ. л. 13,5. Тираж 200 экз.

Отпечатано в цифровой типографии «Буки Веди»
на оборудовании Konica Minolta
ООО «Ваш полиграфический партнер»,
ул. Ильменский пр-д, д. 1, корп. 6
Тел. (495)926-63-96, www.bukivedi.com, info@bukivedi.com