

УДК 631.487:470.55

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ И МИНЕРАЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТЕПНЫХ ПАЛЕОПОЧВ ЗАУРАЛЬЯ*

В.Е. Приходько, И.В. Иванов, Д.В. Манахов, Т.А. Соколова, С.С. Чернянский

Проведены палеопочвенные исследования разновозрастных курганов и уникального города-крепости Аркаим степной зоны Южного Зауралья (Челябинская обл.), располагающихся на останцах в долине р. Б. Караганка. Время сооружения археологических памятников относится к эпохам раннего железа (сарматская культура 2200—2300 лет назад) и средней бронзы (синташтинская культура 3800—4100 лет назад). Почвы имеют средне- и легкосуглинистый гранулометрический состав. Морфологические, химические и минералогические исследования палеопочв и фоновых почв свидетельствуют о том, что в сарматское время климатические условия региона были более засушливыми, чем в настоящее время; в период развития синташтинской культуры климат региона был близок современному.

Ключевые слова: палеопочвы, свойства, гумус, глинистые минералы.

Введение

В Южном Зауралье найдено 22 укрепленных поселения и множество археологических памятников, объединенных в комплекс, получивший название «Страна Городов» [10]. Многие из них (74% из 73) датируются археологами эпохой средней бронзы и принадлежат синташтинской археологической культуре (3700—4100 лет назад), восходящей к древнейшей исторической общности [10, 16, 17, 24]. Это название дано по археологическому комплексу, располагающемуся на берегу р. Синташта Челябинской обл. Охарактеризованы палеопочвы большого Синташтинского кургана [23, 25]. Первое хорошо сохранившееся укрепленное городище найдено в 1987 г. и получило название Аркаим от одноименной горы — наивысшей точки местности (398 м над ур. моря). Для сохранения этого уникального объекта в 1991 г. был создан заповедник с таким же названием. С помощью дешифрирования аэрофотоснимков подсчитано, что археологические памятники занимают около 1% территории Аркаимской долины [10].

Исследованы почвы разных археологических памятников «Страны Городов» [12, 18 и др.]. Охарактеризована эволюция черноземов Зауралья за последние 4 тыс. лет, показаны сходство и различие их развития по сравнению с таковыми Восточной Европы и Северного Казахстана. Выявлена возможность использования различных характеристик гуминовых кислот, выделенных из палеопочв, для реконструкции природной среды естественных и агроландшафтов прошлого [8]. В данной работе впервые дается характеристика палеопочв городища Аркаим и проводится их сравнение с подкурганскими почвами его некрополя. Проведен анализ особенностей изменения почв бронзовой и раннежелезной эпох разных регионов РФ, что важно для установления скорости и направленности их развития при изменении клима-

тических параметров, выявления изменчивости климата и причин заселения Уральского региона.

Объекты и методы исследования

Объекты исследования — палеопочвы, погребенные под стенами-валами укрепленного поселения Аркаим, построенного на рубеже III и II тысячелетий до н.э., и курганами его некрополя. Курганы сооружены 3900 и 2300 лет назад в долине р. Б. Караганка около пос. Александровский, находящегося в 1,5 км от заповедника «Аркаим». Подробная характеристика палеопочв этого некрополя дана в [12]. Памятники находятся в Брединском р-не Челябинской обл. (52° с.ш., 58—60° в.д.) и исследовались археологами под руководством проф. Г.Б. Здановича. Основу фортификационных сооружений городища Аркаим составляли ров, внутренняя и внешняя стены, сложенные из грунта и дерева. По подсчетам археологов, высота земляных стен-валов городища была 0,7 и 1,4 м, в настоящее время она уменьшилась приблизительно в два раза. Археологический памятник расположен на останце пролювиально-аллювиальной поверхности у слияния рек Утяганка и Б. Караганка (притока р. Урал) на абсолютной высоте 314,5 м над ур. моря и охватывает ее почти полностью. Размеры останца составляют 200 × 300 м². Он имеет обособленное местоположение, так как окружен с разных сторон поймами рек и понижением — бывшей протокой. Современные фоновые почвы вне останца занимают небольшие площади.

При исследовании почв применяли полевой морфологический метод с описанием и фотографированием. Реконструкцию экологических условий прошлых эпох проводили на основе сравнения свойств погребенных палеопочв и дневных фоновых (современных) почв. Для характеристики фоновых почв выбирали участки, близкие по абсолютной высоте

* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 09-05-92106-ЯФ-а и заповедника «Аркаим».

над уровнем моря с культурно-историческим комплексом. Так как почвообразующие породы и почвы территории имеют разный гранулометрический состав, при выборе фоновых почв для сравнения с палеопочвами выкапывали 10 прикопок глубиной 50 см и после их морфологического изучения выбирали места основных разрезов. Химические свойства почв определяли общепринятыми методами [4, 5].

Илистую фракцию выделяли методом отмучивания по Айдиняну [1] после удаления карбонатов. Минералогический состав ила определяли методом рентген-дифрактометрии, количественное содержание отдельных групп глинистых минералов оценивали по модифицированной методике Э.А. Корнблума [20]. Содержание иллитов определяли по валовому содержанию K_2O в илистой фракции исходя из предположения, что в них содержится 7,5% оксида калия. Анализ валового содержания элементов илистой фракции почв проведен П.И. Калининым на спектрометре Спектроскан МАКС-GV в Центре коллективного пользования научным оборудованием ИФХиБПП РАН.

Датировку памятников выполняли археологическим методом согласно периодизации и хронологии археологических культур и по радиоуглеродному возрасту гумуса палеопочв [10, 16, 25].

Кратко охарактеризуем современную природную обстановку изученной территории. Климат района континентальный. Средняя годовая температура — $+1^\circ \dots +3^\circ$, января $-17^\circ \dots -18^\circ$, июля $+19^\circ \dots +20^\circ$. Сумма температур больше 10° равна $1950-2300^\circ$, продолжительность безморозного периода — 111—125 дней. В районе выпадает 300—360 мм осадков в год, из них 45% — летом, в основном в виде ливней, и 10—12% — зимой. Мощность снежного покрова не превышает

0,25 м. Почвы промерзают на глубину 0,8—2,0 м. Снеготаяние происходит по замерзшей почве, и вода не впитывается в нее. Годовая испаряемость составляет 450—650 мм. Коэффициент увлажнения равен 0,4—0,8. Значительный ущерб почвам и посевам могут наносить суховеи и дефляция. До введения заповедного режима территорию вокруг останца использовали как пастбище. Растительный покров представлен разнотравно-типчково-ковыльной ассоциацией и кустарниками (спирея и карагана).

Результаты исследования и их обсуждение

Фоновые (современные) почвы Аркаима изучены в десяти разрезах. Литологический профиль: верхняя толща до глубины 80—100 см представлена легкими суглинками и супесями с большим количеством частиц крупного и мелкого песка (57—68%), а также гравия и гальки (6—17%). Нижележащая подстилающая толща мощностью 100—220 см состоит из слоистого песка с чередованием прослоев различной крупности зерен, поэтому разрезы глубже 1,8—2,2 м не копали. Гранулометрический состав верхних горизонтов современных и древних почв принципиальных различий не имеет. Во втором полуметре фоновых почв наблюдается его небольшое утяжеление, в слое 50—100 см палеопочв — уменьшение содержания фракции физической глины. Общие свойства почв приведены в табл. 1.

Фоновые почвы имеют гумусовый профиль (гор. А + АВ) небольшой мощности — 37 ± 4 см (размах ее колебаний достигает 26—45 см); собственно гумусовый гор. А1 — 22 ± 6 см (18—27 см). В поверхностном слое сконцентрировано $3,04 \pm 0,38\%$ органического вещества, которое резко убывает по про-

Таблица 1

Свойства фоновых современных почв и палеопочв, погребенных под стенами поселения Аркаим

Горизонт глубина, см		pH _{вод}	C _{орг} , %	C _{орг} (реконст- рукция*)	ЕКО, мг-экв/100 г	Обменный Na, % ЕКО	< 0,01 мм	CaCO ₃	Гипс	Сумма солей	Подвижные P ₂ O ₅ и K ₂ O	
							%				мг/100 г	
Фон, чернозем обыкновенный (разр. 6)												
А1	3—25	7,2	3,3	н/о	22,2	5	25	0	0	0,08	1,5	33
ABsl	25—40	8,3	1,6	то же	25,5	18	28	2,3	0	0,40	1,6	31
B/Aca, sl	40—50	9,2	1,2	— —	23,0	16	31	5,0	0	0,70		
Bca, sl	50—70	9,3	0,7	— —	20,4	17	26	8,8	0,5	0,58		
BCca	70—100	9,3	0,2	— —			12	10,1	0,5	0,32		
Cca	100—150		0,1	— —			5	4,4	0,4	0,06		
	150—200						14		0,4	0,08		
Палеопочва (4000 лет назад) (разр. 5)												
Адер. + А1	0—20	9,4	1,2	3,0	23,9	10	29	2,0	0	0,19	1,1	28
AB	20—35	9,5	0,6	1,5	20,2	8	25	2,1	0	0,29	1,7	21
B/Aca	35—45	9,3	0,6	1,5	19,0	9	22	4,6	0	0,20		
BCca	45—80	9,3	0,2	0,5	17,8	6	18	7,5	0,5	0,22		
Cca	80—103		0,2	0,4			7	6,8	0,4	0,15		
	103—130		0,03	0,1			8	4,5	0,4			

* Реконструированное содержание $C_{орг}$; н/о — не определено.

филю: в гор. АВ — до $1,43 \pm 0,18$, гор. Вса — до $0,51 \pm 0,14\%$. Здесь отмечается чередование темных языков с желто-коричневыми заклинками. Языки образуются в результате сочетаний зимнего промерзания и летнего иссушения. Вскипание от 10% НСl в материале между гумусовыми языками начинается на глубине 25—35 см, сплошное вскипание наблюдается в слое 38—220 см. На глубине 37—53 см содержание карбонатов составляет $4,9 \pm 3,7\%$. Максимум их (9,3—10,5%) — на глубине 70—150 см, ниже, в подстилающей толще, карбонатов немного. Средневзвешенное содержание CaCO_3 в слое 0—100 см равно 7%. Карбонаты представлены редкими пятнами, точками и тонкодисперсной формой. Гипс наблюдается с глубины 50 см. Начиная с 20—25 см появляются легкорастворимые соли, содержание которых в почвенном профиле колеблется от 0,4 до 0,7%. В составе анионов легкорастворимых солей в верхней части профиля преобладают HCO_3^- , в нижней наряду с ними довольно часто встречаются SO_4^{2-} и Cl^- ; среди катионов во всей толще преобладают ионы натрия. Солонцеватость фоновых почв выявляется с гор. АВ; степень засоления почв — средняя, солонцеватости — сильная.

Содержание илистой фракции, определенное методом отмучивания (табл. 2), составляет 15—17% и

слабо дифференцировано в пределах толщи. При применении общепринятых методик с предварительной обработкой пирофосфатом натрия получился меньший ее выход, особенно из гор. А1. Эти данные позволяют заключить, что значительная часть илистой фракции в исследованной почве находится в составе прочных агрегатов, которые не диспергируются при обработке пирофосфатом натрия.

В составе илистой фракции преобладают минералы с жесткими структурами: каолинит, который по методике Э.А. Корнблюма определяется в сумме с хлоритом (51—55%), и диоктаэдрический иллит (35—40%) (рис. 1). При этом в сумме каолинита и хлорита последний составляет значительную долю — об этом свидетельствует отчетливый максимум в области $14,2 \text{ \AA}$ на рентгенограмме образцов, прокаленных при 550° . На долю лабильных минералов приходится 9—10% от суммы трех компонентов, и они представлены преимущественно неупорядоченными смешанослойными иллит-сметитовыми структурами с преобладанием сметитовых пакетов, которые диагностируются по появлению диффузного рассеяния в области $> 14 \text{ \AA}$. Точная диагностика этих минералов затруднена из-за их низкого содержания и разупорядоченности чередования слоев.

Т а б л и ц а 2

Содержание и минералогический состав илистой фракции исследованных почв

Объект исследования	Горизонт, глубина, см	Содержание илистой фракции, %		Минералы в составе илистой фракции							
				% от суммы трех компонентов						полуколичес- венная оценка	
		отмучи- вание	пирофосфат натрия	иллит		каолинит + хлорит	лабильные минералы		хлорит	кварц	
				1	2		1	2			
Фоновая почва (Аркаим, разр. 6; чернозем обыкно- венный)	A1	3—25	15,0	5,7	40	41	51	9	8	+	++
	AB	25—40	17,3	13,2	35	37	55	10	8	++	+
Палеопочва (Аркаим, разр. 5; 3800—4000 лет назад, чернозем обыкно- венный)	[A1]	0—20	16,8	13,9	25	32	62	12	6	+	+
	[AB]	20—35	19,1	15,4	30	29	58	12	13	++	+
Палеопочва (пос. Александров- ский, разр. Д-373; 2200—2300 лет назад, чернозем обыкно- венный, переходный к южному)	[A1]	13—19	14,2	12,3	23	23	46	31	31	?	+
	[AB]	19—30	13,8	13,3	11	18	70	19	12	+	+
Палеопочва (пос. Александров- ский, разр. Д-371; 3900 лет назад, чернозем обыкно- венный)	[Адер. + A1]	0—17	11,8	7,2	26	31	48	26	21	+	+
	[AB]	17—33	14,2	16,1	24	30	50	26	20	+	+
	[B1]	33—45	15,1	15,0	24	22	54	22	24	?	+

П р и м е ч а н и е. «+» — низкое содержание, «++» — среднее содержание, «?» — присутствие минерала возможно, но однозначно не диагностируется; 1 — оценка содержания иллита и лабильных минералов по интенсивностям рефлексов; 2 — оценка количества иллита и лабильных минералов по валовому содержанию K_2O илистой фракции.

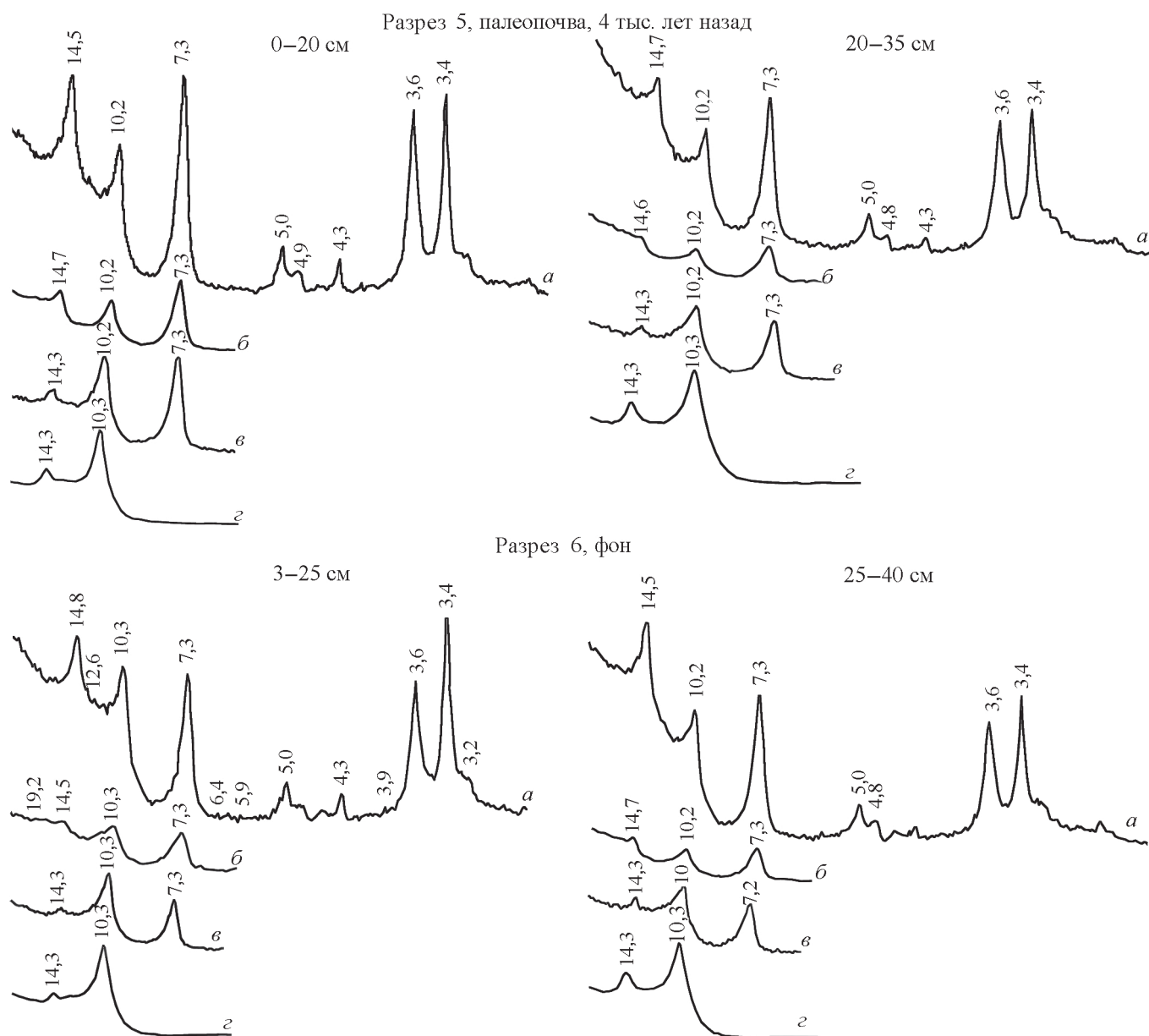


Рис. 1. Рентген-дифрактограммы фракции $< 1 \text{ мкм}$, выделенной из почв Аркаима: *а* — образец в воздушно-сухом состоянии, *б* — после сольватации этиленгликолем, *в* — после прокаливании при 350° , *г* — после прокаливании при 550° в течение 2 ч (здесь и на рис. 2)

В пределах всей толщи минералогический состав илистой фракции несколько дифференцирован: гумусовый горизонт по сравнению с нижележащим содержит больше илита и меньше каолинита в сумме с хлоритом за счет снижения количества последнего. Эта закономерность подтверждается снижением интенсивности $14 \text{ \AA}$ максимума после прокаливании при 550° и уменьшением валового содержания Fe_2O_3 в этом горизонте (табл. 3). Повышение количества иллитов в составе илистой фракции свойственно черноземам и большинству других почв степной зоны и объясняется процессами иллитизации [14, 15] и/или процессами физического дробления иллитовых минералов, заключенных в составе более крупных фракций [2], которые наиболее интенсивно протекают в верхних горизонтах. Снижение количества хлоритов

в гор. А1 по сравнению с нижележащим можно объяснить его разрушением или трансформационными изменениями как наименее устойчивого глинистого минерала [14, 15, 20].

Фоновые (современные) почвы пос. Александровский — обыкновенный чернозем маломощный слабо гумусированный средне- и слабозасоленный сильно-солонцеватый легкосуглинистый. По морфологическим и физико-химическим свойствам они близки таковым Аркаима. Различия между ними заключаются в меньшем количестве легкорастворимых солей и карбонатов в современных почвах у пос. Александровский.

Палеопочвы, погребенные под стенами-валами поселения Аркаим. Исследовано семь почв, мощность гумусового горизонта которых $(35 \pm 4 \text{ см})$ близка фо-

Таблица 3

Валовой химический состав илстой фракции погребенных и фоновых почв, %

Объект исследования	Глубина, см	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂
Фоновая почва (Аркаим, разр. 6; чернозем обыкновенный)	3—25	68,6	16,8	4,95	0,21	0,71	3,16		0,76
	25—40	64,9	18,1	5,91	0,25	0,48	2,84	0,75	0,83
Палеопочва (Аркаим, разр. 5; 3800—4000 лет назад, чернозем обыкновенный)	0—20	65,6	17,0	5,54	0,31	0,62	2,50	1,14	1,10
	20—35	65,0	16,0	5,34	0,22	0,33	2,24	1,07	0,70
Палеопочва (пос. Александровский, разр. Д-373; 2200—2300 лет назад, чернозем обыкновенный переходный к южному)	0—13	70,5	16,0	4,48	0,18	0,79	2,02		0,64
	13—19	66,8	14,5	4,65	0,20	0,36	1,77	1,41	0,69
	19—30	65,3	14,9	5,04	0,23	0,49	1,35	1,54	0,60
Палеопочва (пос. Александровский, разр. Д-371; 3900 лет назад, чернозем обыкновенный)	0—17	64,4	16,9	5,49	0,31	0,63	2,39	1,11	1,04
	17—33	64,8	17,0	5,63	0,28	0,51	2,27	1,17	0,97
	33—45	66,5	14,5	4,80	0,21	0,42	1,66	1,23	0,65

новым. Гумусированность профиля палеопочв немного меньше, чем современных. В гор. А1 содержание $C_{орг}$ составляет 1,17%, реконструированное — $2,93 \pm 0,33$, фоновых почв — $3,04 \pm 0,38\%$. Реконструированное содержание $C_{орг}$ находится из расчета, что в процессе длительного погребения оно снижается на 60% в результате диагенетических процессов [11].

Морфология и расположение гумусовых языков в профиле погребенных и фоновых почв одинаковы. В древних почвах Аркаима карбонатный максимум располагается на той же глубине, что и в фоновых, но выражен слабее, концентрация $CaCO_3$ здесь достигает 6,3—7,3%. В подстилающей породе на глубине 103—130 см она снижается до 4,5%. Средневзвешенное содержание $CaCO_3$ слоя 0—100 см составляет 6%. Реакция среды по всему профилю щелочная: величина рН водной вытяжки находится в пределах 9,3—9,5. Степень солонцеватости почв слабая и средняя.

В палеопочвах легкорастворимые соли встречаются по всему профилю. В верхней части, погребенной под земляными стенами-валами, они появились в результате диагенеза, т.е. за счет частичной миграции из материала земляных стен, которые создавались из смеси горизонтов древних почв и изначально содержали некоторое количество углекислых и легкорастворимых солей. В настоящее время в нижнем слое материала стены, контактирующем с поверхностью палеопочвы, содержится 0,21% легкорастворимых солей. Концентрация их в палеопочвах меньше, чем в фоновых почвах и не превышает 0,3%. Их состав идентичен.

Содержание илстой фракции в палеопочвах несколько выше, чем в фоновой почве (17—19%), причем, по данным отмучивания, ее выход тоже получился ниже, чем количество ила, определенное пирофосфатным методом, но разница между этими величинами в гор. А1 оказалась не столь контрастной. Из этого сопоставления следует, что количество прочных агрегатов, не диспергируемых пирофосфатом, в погребенной почве значительно меньше, чем в фоновом черноземе.

бенной почве значительно меньше, чем в фоновом черноземе.

В составе илстой фракции палеопочвы присутствует тот же набор минералов, что и в фоновом черноземе, но в несколько иных пропорциях: в палеопочве меньше диоктаэдрических иллитов, что подтверждается интенсивностью рефлексов и валовым содержанием K_2O . В палеопочве несколько больше каолинита в сумме с хлоритом и лабильных минералов, также представленных неупорядоченными смешанослойными иллит-сметитами с преобладанием смектитовых пакетов. При этом на глубине 20—35 см появляются признаки супердисперсности лабильных минералов в виде некоторой асимметрии 14 Å-пика с более пологим спадом в сторону меньших углов θ .

Еще одним отличием палеопочвы является снижение содержания иллита в верхнем горизонте по сравнению с нижележащим при определении этого показателя по интенсивности рефлексов. Вместе с тем при расчете содержания иллитов по валовому содержанию K_2O в илстой фракции закономерность получается обратной, что, как уже отмечалось, свойственно большинству степных почв. Причину такого расхождения в рамках данной работы выяснить не удалось.

Указанные различия в минералогическом составе илстой фракции между фоновой и погребенной почвами скорее всего связаны с пространственной литологической неоднородностью наноса. Таким образом, можно отметить, что погребенные и фоновые почвы диагностируются как обыкновенные черноземы, различия между ними заключаются в большей засоленности и солонцеватости почв современного периода.

Почвы, погребенные под Александровскими курганами.

Палеопочва эпохи бронзы ямно-полтавской культуры, законсервированная 3900 лет назад (разр. Д-371), имеет следующее строение профиля (здесь и далее приводится глубина залегания нижней границы горизонтов): Адер. 6 см, А1 20, А1/Вса 37,

Т а б л и ц а 4

Общие свойства палеопочв и фоновой современной пос. Александровский

Горизонт, глубина, см	pH _{вод}	C _{орг} , %	C _{орг} , реконструкция, %	< 0,01 мм, %	ЕКО, мг-экв/100 г	Обменный Na, % ЕКО	CaCO ₃ , %	Сумма солей, %	Гипс, %	Подвижные P ₂ O ₅ и K ₂ O		
										мг/100 г		
Фоновая современная почва, среднее по разр. 26 и Д-369												
Адер. 0—5	6,7	3,7		21	18,4		0,2	0,14		1,4	11	
A1 5—15	6,9	3,2		24	14,4	10	0,6	0,09		1,4	25	
AB 15—30	7,0	1,3		28	16,1	10	0,7	0,05				
BAca 30—45	7,8	0,9		19	7,4	11	22	0,05	0,07			
B 45—80	7,8	0,5		20			0,3	0,06	0,37			
BC 80—120	8,2			5			0,3		0,17			
Палеопочва, погребенная 2200—2300 лет назад, курган 2, разр. Д-373												
Адер. + A1 0—13	7,3	1,9	4,8	20	17,2	10	2,1	0,06				
A1 13—19	7,7	1,7	4,2	24	15,7	11	2,2	0,06				
ABca 19—30	8,2	0,4	1,0	24	14,3	12	3,5	0,06				
BAca 30—45	8,3	0,2	0,6		9		18,7	0,05				
BCca 45—60	8,2						17,4	0,06				
C 60—140	8,3						1,0	0,06				
Палеопочва, погребенная 3900 лет назад, курган 1, разр. Д-371												
A1 0—17	7,2	1,2	3,0	18	15,0	6	1,9	0,04		1,4	16	
ABca 17—33	7,6	0,3	0,6	27	9,0	5	2,7	0,05		1,6	11	
BA 33—45	8,0	0,2	0,5	22	4,1	5	0,7	0,08	0,24	1,6	9	
BC + C 45—140	8,2			5			2,2	0,03	0,15			

В/Аса 60, ВСса 70, Сса 100, Д более 160 см. Вскипание от HCl наблюдается в интервале 20—100 см. В гор. A1/В языки закругленные, слабоконтрастные; в гор. В/А — более контрастные, острые, глубина их проникновения — до 60 см, расстояние между ними — 30 см.

Средневзвешенное содержание C_{орг} составляет в гор. Адер + A1 3,0% (реконструкция), оно резко убывает с глубиной и в слое 17—33 см не превышает 0,64% (табл. 4). Реакция среды по профилю (pH_{вод}): в гор. Адер. и A1 — нейтральная, АВ — слабощелочная, глубже — щелочная. Величина емкости поглощения — 14,3—15,6 мг-экв/100 г почвы. В целом аккумуляция углекислых солей в профиле этой почвы невелика. Наибольшая концентрация карбонатов отмечена в гор. А/Са, где их новообразования встречаются в виде пятен, сменяющихся потеками. В почвообразующей породе верхняя сторона щебня отмыта от карбонатов, нижняя покрыта карбонатной корочкой. Профиль выщелочен от легкорастворимых солей.

Палеопочва содержит примерно столько же илистой фракции (14—15%), что и фоновая почва, но отличается пониженным содержанием ила в верхнем горизонте (11%). Так же как и в фоновом черноземе, количество ила, определенное пирофосфатным методом, дает более низкие результаты, чем выход по ре-

зультатам отмучивания, за счет присутствия очень прочных агрегатов, не диспергируемых пирофосфатом.

В составе илистой фракции найдены те же минералы, что и в фоновой почве, но в иных пропорциях: в разр. Д-371 по всему профилю значительно выше содержание лабильных минералов (26%), меньше иллитов (24—25%) и несколько снижено количество хлорита в сумме с каолинитом. При этом сохраняется тенденция к увеличению количества иллитов в верхних горизонтах по сравнению с нижележащими при их определении как по интенсивности рефлексов, так и по валовому содержанию K₂O в илистой фракции. В слое 40—46 см проявляется супердисперсность лабильных минералов — на рентгенограмме исходных препаратов наблюдается отчетливый максимум в области 17—19 Å (рис. 2). Признаки супердисперсности могут свидетельствовать о том, что почва или почвообразующая порода в прошлом подвергалась засолению с последующей промывкой пресными водами.

Почва — чернозем обыкновенный маломощный языковатый слабогумусированный легкосуглинистый.

Палеопочва раннего железного века сарматской культуры (разр. Д-373), погребенная 2200—2300 лет назад, имеет следующее строение профиля: Адер. 6 см, A1 13, A1 19, АВса 30, Васа 45, ВСса 60, С 120, Д более 140 см. Мощность гумусово-

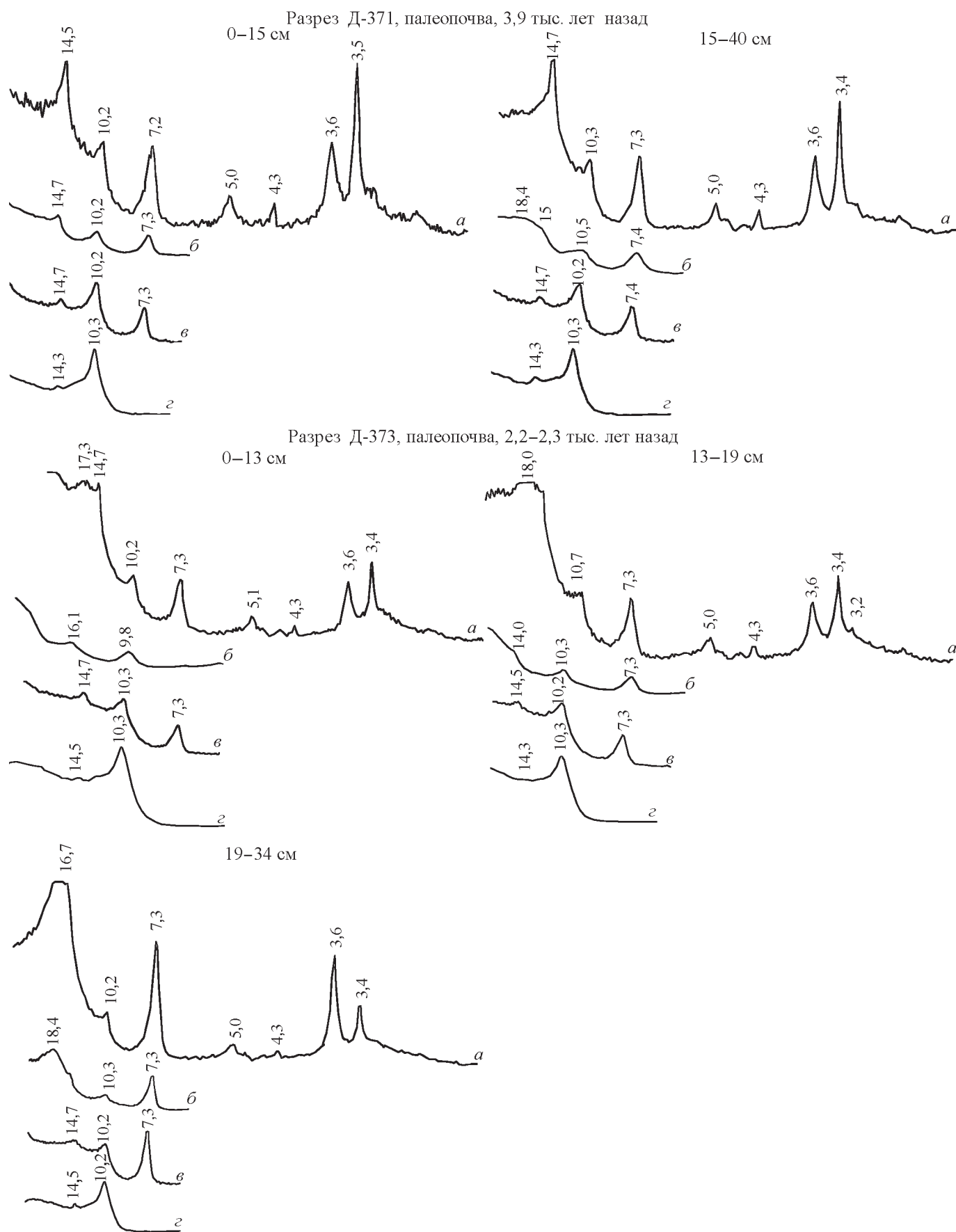


Рис. 2. Рентген-дифрактограммы фракции < 1 мкм, выделенной из палеопочв пос. Александровский

го горизонта близка к фоновой. В профиле резко выражена языковатость, узкие языки расположены близко друг к другу, расстояние между ними 10 см, глубина проникновения — до 40 см, но встречаются бледные более протяженные затеки. Реконструированное содержание $C_{орг}$ в гор. Адер. + А1 равно 4,76, в гор. А1 — 4,18%, что значительно больше, чем в фоновой почве.

Изменение величины рН водной вытяжки по профилю происходит более резко, чем в других исследованных почвах; она становится щелочной с глубины 19 и до 140 см. В этой палеопочве наблюдаются наиболее четко выраженные морфологические (глянец, призматичность) и химические признаки солонцеватости (степень средняя). Почва характеризуется высоким вскипанием от HCl — с 15 см, мощность карбонатного горизонта составляет 93 см. Горизонт максимальной концентрации углекислых солей расположен на глубине 30–60 см с их содержанием 20%; выше и ниже этой глубины — менее 2%. Средневзвешенное содержание $CaCO_3$ слоя 0–100 см — 6,2%. Форма выделения карбонатов — пропитка. Карбонатные корочки имеются на верхней и нижней сторонах щебня. Почва промыта от легкорастворимых солей.

По содержанию илистой фракции этот профиль аналогичен предыдущему, но в нем нет столь четких различий между содержанием илистой фракции при ее определении разными методами, что свидетельствует о меньшей степени агрегированности глинистого материала.

По соотношению отдельных групп глинистых минералов и некоторым их кристаллохимическим характеристикам этот разрез отличается как от фоновой, так и рассмотренных выше палеопочв. Содержание иллитов в нем минимально как при оценке их содержания по интенсивности рефлексов, так и по валовому K_2O . При этом иллиты значительно хуже окристаллизованы, чем в других разрезах, о чем свидетельствует широкий асимметричный 10 Å-пик на рентгенограммах исходных и насыщенных этиленгликолем препаратах. Количество хлорита ничтожно мало в гор. А1 и несколько выше в гор. АВ. Лабильные минералы в обоих горизонтах представлены смектитам и неупорядоченными смешанослойными иллит-смектитам, причем на рентгенограммах исходных препаратов отчетливо проявляется супердисперсность смектитов по рефлексу 16–18 Å. Супердисперсность смектитов позволяет заключить, что исследованная почва (или порода) проходила стадию засоления и осолонцевания.

Еще одна особенность профиля — большое различие в содержании отдельных групп глинистых минералов между горизонтами А1 и АВ: в гор. АВ количество каолинита в сумме с хлоритом возрастает до 69% по сравнению с 46% в гор. А1 и соответственно снижается содержание других компонентов. Учитывая низкое содержание хлорита в обоих горизонтах, можно предполагать, что гор. АВ обогащен преимущественно каолинитом. Такие контрастные

различия между горизонтами можно объяснить исходной литологической неоднородностью наноса.

Таким образом, данная палеопочва имеет противоречивые особенности — сочетание аридных и более гумидных черт в одном профиле. К аридной характеристике почв относятся: наличие ярко выраженных гумусовых языков, расположенных близко друг к другу, морфологически и химически проявляемая солонцеватость верхних горизонтов, неглубокое вскипание от HCl и большое количество $CaCO_3$ в горизонте карбонатного максимума. Все это могло бы свидетельствовать о почвообразовании в более континентальных условиях — примерно таких, в каких формируются черноземы южные. Однако гораздо бо́льшая обогащенность гумусом верхних горизонтов палеопочвы по сравнению с фоновой указывает на гумидные черты ее профиля.

Такие особенности данной палеопочвы можно объяснить тем, что эти признаки сформировались в разное время. Высокая гумусированность развивалась в гумидных условиях, возникших раньше на несколько (1–2) столетий, чем аридные признаки. В наступивших более аридных условиях гумус не успел минерализоваться, прийти в соответствие с изменившимися природными условиями. По совокупности свойств можно оценить почву как чернозем обыкновенный, переходный к южному.

Таким образом, проведенные почвенные исследования позволяют заключить, что в период 2200–2300 лет назад климат Южного Зауралья был более засушливым, чем современный. Для этого временного интервала имеется немного научных литературных сведений. Так, в Приуралье, в долине р. Илек, изучены палеопочвы раннесарматского (IV–II вв. до н.э.) времени и выявлена существенная аридизация климата этой эпохи [19]. Аридизация в IV–I вв. до н.э. также подтверждается для полупустыни Северного Прикаспия [7].

Палеопочвы исследуемых объектов имеют особенности, которые свидетельствуют, что 3800–4100 лет назад климатические условия региона были близки современным. В Южном Зауралье в это время развивалась синташтинская культура, с которой связано утверждение полномасштабного степного хозяйства производящего типа. Его характеризуют оседлость населения, проживающего в долговременных жилищах и укрепленных урбанизированных центрах; развитое пастушеское скотоводство; раннее земледелие. Для организации полей рылись каналы, создавались водотоки в пределах старых русел рек, использовалось лиманное орошение. Важной отраслью хозяйства было горное дело, а также металлургия меди и бронзы. Среди уникальных направлений ремесленного производства нужно отметить создание боевых колесниц и предметов вооружения, связанных с колесничным боем [10].

Имеются научные сведения, которые подтверждают наши выводы о палеоэкологических условиях эпохи средней бронзы. Так, на основании изучения

20 подкурганных палеопочв Оренбургского Приуралья, датированных по ^{14}C археологических находок, установлено, что в позднеледниковый период, около 4000 лет назад, климатические условия этого региона были близки современным; 3700—3800 лет назад климат во время развития срубной культуры отличался меньшей континентальностью, чем в настоящее время, предположительно за счет похолодания в летнее время [22]. Об этом свидетельствуют также данные, полученные при изучении культурных слоев стоянок и естественных разрезов, расположенных на северо-западе Оренбургской обл. [17]. В Самарском Заволжье изучение подкурганных палеопочв, время погребения которых датировано по ^{14}C , показало, что во время существования потаповской культуры (3700—3900 лет назад) отмечалось похолодание и увеличение количества осадков, в результате чего степные черноземы заменились лесостепными [8].

Нужно отметить, что для пустынно-степной зоны Поволжья в период 3500—4000 лет назад также не выявлено резких изменений климата, как показали общие свойства и биоморфный анализ подкурганных почв, палеопочв и отложений балочных систем Ергеней на территории Калмыкии [6]. Такие же выводы сделаны для Северо-Западного Прикаспия при исследовании других биогеоценозов: долговременных убежищ млекопитающих, птиц и растительности по палинологическим данным [9, 13]. Имеются и противоположные мнения, свидетельствующие о засушливости климата периода средней бронзы в Южном Поволжье и на Средне-Русской равнине [3, 7, 21].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айдинян Р.Х. Извлечение ила из почв. М., 1960.
2. Алексеев В.Е. Минералогия почвообразования в степной и лесостепной зонах Молдовы. Диагностика, параметры, факторы, процессы. Кишинев, 1999.
3. Александровский А.Л. Эволюция почвенного покрова Русской равнины в голоцене // Почвоведение. 1995. № 3.
4. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М., 1970.
5. Воробьева Л.А. Химический анализ почв. М., 1998.
6. Гольева А.А., Чичагов В.П., Чичагова О.А. Динамика природной среды Северо-Западной Калмыкии во второй половине голоцена // Изв. РАН. Сер. географ. 2006. № 2.
7. Демкин В.А., Ельцов М.В., Алексеев А.О. и др. Развитие почв Нижнего Поволжья за историческое время // Почвоведение. 2004. № 12.
8. Дергачева М.И., Васильева Д.И. Палеопочвы, культурные горизонты и природные условия их формирования в эпоху бронзы в степной зоне Самарского Заволжья // Вопр. археол. Поволжья. Вып. 4 (памяти И.Б. Васильева). Самара, 2006.
9. Динесман Л.Г. Голоценовая история биогеоценозов Русской равнины в позднем антропогене // История биогеоценозов СССР в голоцене. М., 1976.
10. Зданович Г.Б., Батанина И.В. Аркаим — Страна городов: пространство и образы (Аркаим — горизонты исследований). Челябинск, 2007.
11. Иванов И.В. Эволюция почв степной зоны в голоцене. М., 1992.
12. Иванов И.В., Чернянский С.С. Общие закономерности развития черноземов Евразии и эволюция черноземов Зауралья // Почвоведение. 1996. № 9.
13. Киселева Н.К. Биогеоценозы Северного Прикаспия в голоцене // История биогеоценозов СССР в голоцене. М., 1976.
14. Корнблум Э.А., Дементьева Т.Г., Зырин Н.Г., Бирина А.Г. Изменение глинистых минералов при образовании южного и слитого черноземов, лиманной солоди и солонча // Почвоведение. 1972. № 1.
15. Корнблум Э.А., Дементьева Т.Г., Зырин Н.Г., Бирина А.Г. Некоторые особенности процессов передвижения и преобразования глинистых минералов при образовании южного и слитого черноземов, лиманной солоди и солонча // Почвоведение. 1972. № 5.
16. Лаврушин Ю.А., Спиридонова Е.А. Основные геолого-палеоэкологические события конца позднего плейстоцена и голоцена на восточном склоне Южного Урала // Природные системы Южного Урала (Сб. науч. тр.). Челябинск, 1999.
17. Лаврушин Ю.А., Спиридонова Е.А. Результаты палео-геоморфологических исследований на стоянках неолита—бронзы в бассейне р. Самары // Приложение к кн. Моргуновой Н.Л. «Неолит и энеолит юга лесостепи Волго-Уральского междуречья». Оренбург, 1995.

Выводы

- Проведенные почвенные исследования позволяют заключить, что в период 2200—2300 лет назад условия Южного Зауралья были более засушливые, чем современные, что согласуется с данными для сопредельных регионов в это время, приводимыми другими исследователями.

- На основании свойств палеопочв, сохранившихся под стенами-валами крепости Аркаим, принадлежащей синташтинской археологической культуре, и одновозрастного кургана ее некрополя можно заключить, что на рубеже III и II тысячелетий до н.э. климатические условия Южного Зауралья были близки современным.

- Наше представление о палеоклимате эпохи средней бронзы подтверждается недавно полученными почвенными и палинологическими данными для предстательной серии памятников, время погребения которых датировано по ^{14}C археологических находок и располагающихся в близлежащих регионах (Оренбургское Приуралье, степное Самарское Заволжье) и более дальних регионах (Среднерусская лесостепь, Северо-Западный Прикаспий).

- Имеются и противоположные мнения, свидетельствующие о засушливости климата периода средней бронзы в Южном Поволжье, на Нижнем Дону и Средне-Русской равнине. Противоречивость выводов о палеоклимате этого периода имеет много причин, требует специального обсуждения и выходит за рамки настоящей публикации.

18. Плеханова Л.Н., Демкин В.А. Древние нарушения почвенного покрова речных долин степного Зауралья // Почвоведение. 2005. № 9.
19. Рысков Я.Г., Демкин В.А. Развитие почв и природной среды степей Южного Урала в голоцене. Пушино, 1997.
20. Соколова Т.А., Дронова Т.Я., Толпешта И.И. Глинистые минералы в почвах. М., 2005.
21. Сычева С.А. Ритмы почвообразования и осадконакопления в голоцене (сводка ^{14}C -данных) // Почвоведение. 1999. № 6.
22. Хохлова О.С., Кузнецова А.М., Хохлов А.А. и др. Палеопочвы курганов ямной культуры степной зоны Приуралья // Почвоведение. 2008. № 5.
23. Хохлова О.С., Хохлов А.А., Гольева А.А. и др. Естественно-научные исследования Большого Синташтинского кургана в Челябинской области // Вестн. Оренбург. гос. ун-та. 2008. № 10 (92).
24. Hanks B., Epimakhov A.V., Renfrew A.C. Towards a refined chronology the Bronze Age of the Southern Urals // Antiquity. 2007. Vol. 81.
25. Prikhodko V., Ivanov I., Khokhlova O., Manakhov D. Reconstruction of the Ecological Condition of Bronze Age Civilization to the Border of Europe and Asia, Russia // Proc. 19th World Congr. of Soil Sci. Australia, Brisbane. 2010. Symposium 1. 3. 2.

Поступила в редакцию
17.04.2012

PHYSICAL, CHEMICAL AND MINERALOGICAL CHARACTERISTICS OF STEPPE PALEOSOLS OF ZAURAL REGION

V.E. Prikhodko, I.V. Ivanov, D.V. Manakhov, T.A. Sokolova, S.S. Chernyansky

Investigation of paleosols with different ages of burial mounds and unique fortified city Arkaim of steppe zone of the Southern Trans-Ural (Chelyabinsk region) was carried out. They located on remnants of the Big Karaganka river valley. Construction time of archaeological monuments related to the early Iron Age (Sarmatian Culture 2200—2300 years ago) and middle Bronze Age (Sintashta culture 3800—4100 years ago). Soils are medium and loamy particle size distribution. Morphological, chemical and mineralogical investigations of paleosols and background soils indicate that in the Sarmatian time the climatic conditions in the region were drier than currently, during the Sintashta cultural development the climate of the region was close to the present one.

Key words: steppe paleosols, properties, humus, clay minerals.

Сведения об авторах

Приходько Валентина Евгеньевна, докт. биол. наук, вед. науч. сотр. Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН. Пушино. Факс: 8 (496-7) 33-05-95; тел.: 8 (496-7) 31-81-57; *e-mail:* valprikhodko@rambler.ru. **Иванов И.В.**, докт. географ. наук, профессор, гл. науч. сотр. Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН. Пушино. Факс: 8 (496-7) 31-81-57; тел.: 8 (496-7) 31-81-57; *e-mail:* ivanov-v-28@mail.ru. **Манахов Дмитрий Валентинович**, канд. биол. наук, ст. препод. каф. радиоэкологии и токсикологии почв ф-та почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова. Тел.: 8 (495) 939-50-09; *e-mail:* demian2@yandex.ru. **Соколова Татьяна Алексеевна**, докт. биол. наук, проф. каф. химии почв ф-та почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова. Тел.: 8 (495) 939-50-10; *e-mail:* sokolt65@mail.ru. **Чернянский Сергей Станиславович**, канд. географ. наук, начальник отдела ЗАО Ин-та экологического проектирования и изысканий. *E-mail:* lumlab@mail.ru.