

ГЕНЕЗИС И ГЕОГРАФИЯ
ПОЧВ

УДК 631.487:470.55

ПОЧВЫ, РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И КЛИМАТ ЮЖНОГО ЗАУРАЛЬЯ
В ЭПОХУ СРЕДНЕЙ БРОНЗЫ (НА ПРИМЕРЕ АРКАИМА)*

© 2013 г. В. Е. Приходько¹, И. В. Иванов¹, Д. В. Манахов², Н. П. Герасименко³, К. Инубуши⁴,
М. Кавашигаша⁵, Х. Нагано⁴, С. Сугихара⁶

¹Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
142290, Пущино, Московской обл., ул. Институтская, 2

e-mail: valprikhodko@rambler.ru

²Факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, 119191, Москва, Ленинские горы

e-mail: demian2@yandex.ru

³Киевский национальный университет им. Т.Г. Шевченко, 01011, Киев, ул. Владимирская, 64

e-mail: n.garnet2@gmail.com

⁴Университет Чiba, Япония, Graduate School of Horticulture, Chiba University, 271-8510, Matsudo, Chiba, Japan

e-mail: inubushi@faculty.chiba-u.jp

⁵Метрополитен университет Токио, Tokyo Metropolitan University, 1920397, Hachioji Tokyo, Japan

e-mail: kawahigashi-masayuki@tmu.ac.jp

⁶Университет Киото, Япония, Kyoto University, 606-8502, Kyoto, Kitashirakawa Oiwake-cho, Sakyo-ku, Japan

Поступила в редакцию 15.05.2012 г.

Проведены палеопочвенные исследования уникального города-крепости Аркаим степной зоны Южного Зауралья (Челябинская обл.). Выполнена датировка погребения почв радиоуглеродным методом. Время сооружения археологического памятника относится к эпохе средней бронзы (синташтинская культура, калиброванная датировка с достоверностью 1σ – 3700–4000 лет назад). Изучено 7 разрезов палеопочв и 10 разрезов фоновых обыкновенных черноземов. Почвы имеют средние и легкосуглинистый гранулометрический состав. Морфологические и химические свойства погребенных и фоновых черноземов обыкновенных близки, различия между ними заключаются в меньшем содержании легкорастворимых солей в профиле палеопочв по сравнению с фоновыми. Спорово-пыльцевой спектр палеопочвы укрепленного поселения Аркаим относится к переходному от степного к лесостепному типу. Во время существования поселения произрастали сосновые леса с папоротниковым покровом, встречались влаголюбивые породы – ольха и ель, которые в настоящее время в составе растительности не отмечены; главной особенностью является небольшое участие пыльцы травянистых ксерофитов и галофитов. Наличие единичных пыльцевых зерен широколиственных пород, рогоза и конопли, возможно, свидетельствует о несколько большей по сравнению с современной теплообеспеченности. Судя по результатам спорово-пыльцевого и микробиоморфного анализов, климат во время сооружения стены поселения был несколько влажнее и теплее (или менее континентальным), чем сейчас. Продолжительность этого периода, вероятно, была небольшой, поэтому почвенные свойства не успели трансформироваться и прийти в равновесие с изменившимися экологическими условиями; они отражают обстановку предшествующего периода с климатическими параметрами, близкими к современным.

Ключевые слова: палеопочвы, свойства почв, палинологический анализ, реконструкция климата, радиоуглеродный возраст.

DOI: 10.7868/S0032180X13090086

ВВЕДЕНИЕ

В Южном Зауралье найдено 22 укрепленных поселения и множество археологических памятников, объединенных в комплекс, получивший

название “Страна городов” [13, 32]. За последние 20 лет получены данные о палеопочвах и проведены реконструкции климата эпохи бронзы Предуралья и Зауралья, особенно после изучения ряда археологических памятников, принадлежащих “Стране городов” [8, 13–16, 21–23, 29–32]. Многие из этих памятников датируются археологами

* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 09-05-92106-Яф-а, 13-05-00246 и заповедника “Аркаим”.

эпохой средней бронзы и принадлежат синташтинской археологической культуре (3.8–4.1 тыс. л. н., археологический метод), восходящей к древнейшей исторической общности [29]. Название дано по археологическому комплексу, располагающемуся на берегу р. Синташта Челябинской обл. Охарактеризованы палеопочвы большого Синташтинского кургана [8, 30]. Показана эволюция черноземов Зауралья за последние 4 тыс. лет, выявлено сходство и различие их развития по сравнению с черноземами Восточной Европы и Северного Казахстана. Установлена возможность использования различных характеристик гуминовых кислот, выделенных из палеопочв для реконструкции природной среды естественных и агрикультурных ландшафтов прошлого [11].

Первое хорошо сохранившееся укрепленное городище бронзового века Челябинской обл. найдено в 1987 г. и названо Аркаим по имени наивысшей точки местности (398 м). С помощью специального метода дешифрирования аэрофотоснимков подсчитано, что археологические памятники занимают около 1% территории Аркаимской долины [13]. Освоение этой территории людьми происходило в основном в эпоху бронзы (74% из 73 археологических памятников датируются этим временем). Для сохранения данного уникального объекта в 1991 г. создан заповедник с таким же названием. Он расположен на территории степной зоны Южного Зауралья в Брединском р-не Челябинской обл. (52°37'–40' N, 59°32'–37' E).

В настоящей статье впервые представлена детальная характеристика палеопочв и проведена реконструкция растительного покрова городища Аркаим. Эти данные важны для установления развития почв, природных условий и изменчивости климата бронзового века, выявления причин поэтапного заселения Уральского региона.

ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами изучения служили палеопочвы, погребенные под стенами-валами укрепленного поселения Аркаим, и дневные фоновые современные почвы. Археологические раскопки проводились под руководством Здановича [13]. Основу фортификационных сооружений городища Аркаима составляли ров, внутренняя и внешняя стены, сложенные из грунта и дерева. По подсчетам археологов высота земляных стен-валов городища составляла 0.7 и 1.4 м, в настоящее время она уменьшилась приблизительно в 2 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. Его размеры составляют 200 × 300 м² (рисунок). Он занимает обособленное местоположение, так как ограничен с разных сторон поймами рек и понижением – быв-

шей протокой. Фоновые современные почвы представлены черноземами обыкновенными.

В настоящее время изучаемая территория находится в степной зоне и имеет следующие климатические и геоботанические особенности [18]. Климат района континентальный. Средние температуры составляют: годовая +1...+3, января –17...–18, июля – +19...+20°C. Сумма температур больше 10°C равна 1950–2300, продолжительность безморозного периода – 111–125 дней. В районе выпадает 300–360 мм осадков в год, из них 45% – летом в виде ливней и 10–12% – зимой. Мощность снежного покрова не превышает 25 см. Почвы промерзают на глубину 0.8–2.0 м. Снеготаяние происходит по замерзшей почве, и вода в нее не впитывается. 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 территория вокруг останца использовалась как пастбище. Растительный покров представлен разнотравно-типчаково-ковыльной ассоциацией и кустарниками: спиреей (*Spiraea hypericifolia* L., *S. crenata* L.) и караганой (*Cargana frutex* (L.) С. Koch). Фоновая почва – обыкновенный чернозем маломощный малогумусный средне- и слабозасоленный сильносолонцеватый легкосуглинистый.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Применялся полевой морфологический метод исследования почв с описанием и фотографированием. Реконструкция экологических условий эпохи бронзы проводилась на основе сравнения свойств семи разрезов погребенных палеопочв и десяти разрезов дневных фоновых (современных) почв. Для характеристики фоновых почв выбирались участки, близкие по абсолютной высоте и по гранулометрическому составу к почвам культурно-исторического комплекса. Почвообразующие породы и почвы территории характеризуются разнообразием гранулометрического состава. Поэтому при выборе фоновых почв для сравнения с палеопочвами закладывалось 10 прикопок глубиной 50 см. После их морфологического изучения выбиралось местоположение опорных разрезов фоновых почв. Химические свойства почв определялись общепринятыми методами [2, 4].

Датировка памятника выполнялась по археологическим находкам согласно периодизации и хронологии исторических культур и по радиоуглеродному датированию гумуса палеопочв, которое проводилось в Киевской радиоуглеродной лаборатории НАН Украины (руководитель Н.Н. Ковалюх). Образец палеопочвы отобран непосредственно с погребенной поверхности (слой 0–2 см). Этот образец проанализирован палинологическим методом Н.П. Герасименко и

микробиоморфным методом — А.А. Гольевой. Процентные соотношения изученных палинологическим методом микрофоссилий высших растений рассчитывались по полугрупповому способу: проценты таксонов древесных растений — от суммы пыльцы деревьев и кустарников, проценты таксонов трав — от суммы пыльцы трав и полукустарничков, проценты спор — от общей суммы микрофоссилий. Продуцировавшие пыльцу и споры растения и реконструируемые зональные и локальные палеофитоценозы существовали и существуют в соответствующих их эколого-ценотической приуроченности ландшафтно-климатических обстановках, поэтому результаты спорово-пыльцевого анализа палеопочв позволяют получать информацию об условиях формирования и эволюции ландшафтов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Городище-крепость Аркаим имеет культурный слой, свидетельствующий об одном этапе заселения, хотя большинство поселений “Страны городов” функционировало, согласно археологическим данным [13], в два (3800–4100 и 3600 лет назад) и более этапов. Точность определения возраста этим методом для археологических памятников эпохи бронзы составляет ± 100 –200 лет. Датировка сооружения стен древнего городища проводилась также по ^{14}C органического вещества верхнего (0–5 см) слоя палеопочв, погребенных под его стенами. Выполнялось определение возраста гумуса по ^{14}C фоновых почв. При использовании данных радиоуглеродного датирования гумуса палеопочв для установления дат сооружения искусственных насыпей и, соответственно, погребения почв, использовался подход, предложенный Чичаговой, Александровским [25, 26], согласно которому возраст захоронения палеопочв вычисляется по разности между возрастом гумуса верхнего (0–5 см) слоя палео- и фоновой почвы. Некалиброванный возраст гумуса слоя 0–5 см палеопочв равен 3840 ± 140 лет, слоя 0–25 см фоновых почв — 450 ± 60 радиоуглеродных лет (табл. 1). Поэтому некалиброванная дата сооружения оборонительного вала городища Аркаим составляет около 3400 лет назад или калиброванная датировка с достоверностью 1σ — 3700–4000 (57.4%) лет назад и достоверностью 2σ — 3400–4250 (95.4%) лет назад.

Спорово-пыльцевой анализ. Палинологический анализ слоя 0–2 см изучаемой палеопочвы проведен в двух повторностях. Все микрофоссилии имели хорошую сохранность, включая пыльцу злаков, которая обычно плохо сохраняется. В составе спорово-пыльцевого спектра пыльца трав составляет 68%, древесных пород — 20%, споры папоротников и мхов — 12% (табл. 2). Среди трав преобладают злаки (33.5%) и

С
↑



Древнее городище Аркаим. Вид с самолета. Масштаб 1 : 5000.

разнотравье (43.5%) богатого состава (11 семейств). Значительным является участие пыльцы осок (9%). Из других однодольных растений (кроме злаков и осок) единичными пыльцевыми зернами представлены лилейные и рогазовые. Участие палиноформ ксерофитов невелико: 6.5% пыльцы полыни, 5% пыльцы маревых (в том числе *Chenopodium album*, *Chenopodium botrys* и *Kochia prostrata*) и однопыльцевое зерно эфедры. В группе разнотравья преобладает пыльца яснотковых (14%), заметным является участие пыльцы розоцветных (6.5%, включая степной кустарник *Spiraea*), цикориевых (6%), астровых (4.5%) и бобовых (5%). Пыльца других представленных семейств разнотравья содержится в небольших количествах: подорожниковые (2%), лютиковые и коноплевые (по 1%), зонтичные, маковые, бурачниковые (единично). Следует отметить, что среди пыльцевых зерен злаков часто встречаются крупные, морфологически напоминающие пыльцу культурных злаков (Cerealialia).

Богатый состав разнотравья и значительное участие в нем семейств розоцветных и цикориевых, среди представителей которых очень мало степных растений, свидетельствует, что в составе растительности участвовало именно луговое разнотравье. Однако повышенное участие пыльцы цикориевых и астровых может быть объяснено и антропогенным фактором. На поселениях обычно фиксируется обилие их пыльцы [6, 19, 27, 28]. Кроме того, с воздействием антропогенного фактора (вытаптыванием) могло быть связано распространение подорожниковых и маревых (*Chenopodium album* — типичное сорное растение). Маковые и коноплевые также могли быть сорными растениями. Пыльца степных растений преобладает в составе семейств яснотковых и маковых, представленных в спектре. К ним также относятся полынь, конопля и эфедра. Следует отметить, что по размеру зерна и по размеру пор пыльца конопли больше напоминает таковую окультурен-

Таблица 1. Результаты радиоуглеродного датирования гумуса почв Аркаима

Почва, разрез, глубина, см	Лабораторный номер	Возраст ^{14}C гумуса почв	
		ВР некалиброванный, лет назад	ВС калиброванный, лет до н. э., вероятность
Палеопочва, разр. 3, 0–5 см	Ki-17095	3840 ± 140	1σ 2490–2120, 57.4%, 1σ 2090–2030 BC, 7% 2σ 2700–1850 BC, 95.4%
Палеопочва, разр. 2, 25–50 см	Ki-16811	3210 ± 130	1σ 1690–1370 BC, 64.4% 2σ 1900–1100 BC, 95.4%
Фон, разр. 1, 0–25 см	Ki-16812	450 ± 60	1σ 1400–1500 AD, 63.8% 2σ 1390–1530 AD, 76.3%, 2σ 1550–1640, 17.2%
Фон, разр. 1, 38–62 см	Ki-16814	3050 ± 70	1σ 1410–1250 BC, 57.4% 2σ 1450–1050 BC, 95.4%

ного вида *Cannabis sativa*. В целом, участие луговых элементов было все же выше, чем степных.

Отдельно остановимся на вопросе о культурных злаках. Допускается возможность существования земледелия в Аркаиме в поздней бронзе 3.6 тыс. л. н. [21]. Наши отложения относятся к более раннему возрастному интервалу, чем описанный Е.А. Спиридоновой, а пыльцы, морфологически подобной *Cerealia*, в них даже больше, чем на поселениях срубной культуры в степной зоне Украины. Следует иметь в виду, что на поселениях Аркаим были найдены макроостатки тростника и костреца [5], а пыльцевые зерна этих дикорастущих злаков (особенно тростника) морфологически подобны пыльце культурных злаков. Присутствие в спорово-пыльцевом спектре пыльцы других гидро- и гигрофитных растений (рогоза и значительного количества осок) подтверждает относительную близость местонахождения к водным или заболоченным объектам, откуда могла поступать также и пыльца тростника.

Среди спор несколько преобладают папоротники (семейства многоножковых 5.5% и орляка 2%), спор зеленых мхов насчитано 4%. В группе древесных растений резко преобладают микрофоссилии сосны (80%). Встречено два пыльцевых зерна ольхи и по одной пылинке – ели, березы, яблоневых, жимолости, и, что особенно интересно, единичные микрофоссилии широколиственных пород: вяза, клена татарского и липы сердцевидной.

Совершенно уверенно идентифицированы пыльцевые зерна хорошей сохранности клена татарского и вяза. При этом макроостатки вяза также найдены на древнем поселении Аркаим [5]. Можно полагать, что эти растения входили в состав подлеска боров или степных перелесков совместно с вышеназванными кустарниками. Пыльцевое зерно липы по сравнению с палиноформами этого вида в Восточной Европе имеет

меньшие размеры и как бы редуцировано (возможно, оно продуцировано особями, произраставшими на краю своего естественного экологического ареала).

Исходя из процентного содержания пыльцы древесных пород, можно предположить, что лесные массивы находились на некотором расстоянии от поселения. Возможно, они, как и сейчас, занимали высокие части склонов долины. Во время существования поселения это были светлые сосновые боры со спорадическим участием березы и ели, на опушках росли жимолость и представители семейства яблоневых (боярышник, шиповник, дикая вишня). В наземном покрове принимали участие папоротники семейства многоножковых, орляка и зеленые мхи. Возможно, вышеперечисленные кустарники из семейства яблоневых образовывали в степи (вместе с таволгой) и самостоятельные формации, занимавшие небольшие площади. Так, в кустарниковой степи Донбасса и Восточного Крыма участие в спорово-пыльцевых спектрах пыльцы яблоневых (боярышника, шиповника, дикой груши и терна) значительно выше. В пойме изредка произрастала ольха.

Таким образом, на описываемом отрезке времени Аркаим был окружен разнотравно-злаковой или злаково-разнотравной степью со значительным участием лугового разнотравья. В отдалении находились светлые сосновые леса (*Pinus sylvestris*) с папоротниковым покровом и кустарниками на опушке. Возможно, существовали и небольшие массивы степных кустарников и невысоких деревьев, в том числе широколиственных: вяза и клена татарского. На небольшом расстоянии находились также обводненные участки с осоками, рогозом, ольхой, возможно, тростником. Воздействие человека на растительность проявилось в усилении роли травянистых растений, занимающих нарушенные местообитания – сорняков (цикориевых, астровых, маревых, возможно подо-

рожниковых, коноплевых и маковых). Дальнейшего изучения требует морфология пыльцы злаков и конопли, напоминающих культурные.

Таким образом, спорово-пыльцевой спектр палеопочвы Аркаима относится к степному типу, но уже переходному к лесостепному. Исходя из состава растительности, климат (или микроклимат) ни в коей мере не был засушливым и холодным. Присутствие пыльцы широколиственных пород (вяза, клена татарского и липы), рогоза и конопли позволяет предполагать, что климат был несколько теплее современного. Что же касается увлажнения, то на останце рядом с рекой, где расположено поселение, в составе травянистого покрова, как и сейчас, было достаточно много лугового разнотравья. Современная лесная растительность (осиново-березовые, лиственнично-березово-сосновые травянистые колки и леса) отображает условия более континентального и холодного климата, чем сосновые леса с папоротниковым покровом. Пыльца лиственницы не была встречена в палеопочве, однако необходимо отметить, что она плохо сохраняется в ископаемом состоянии. Также в современном составе растительности не отмечены ольха и ель – влаголюбивые породы, которые встречались во время существования поселения. И главное – низкое участие пыльцы травянистых ксерофитов и галофитов в палеопочве не соответствует современному довольно широкому распространению полыней и солонцовой растительности [12].

Таким образом, на основании палинологического исследования мы считаем, что климат во время сооружения стены поселения был несколько влажнее и теплее современного. Более корректное сопоставление возможно при анализе поверхностной пробы рядом с поселением.

Микробиоморфный анализ слоя 0–2 см палеопочвы, выполненный А.А. Гольевой, выявил большое количество фитоцитов хорошей сохранности. В их составе содержание двудольных трав достигает 46%, степных злаков – 29%, луговых злаков – 17%. Фитоциты хвойных деревьев, лесных злаков, мхов и папоротников составляют по 2–3%. Встречена одна целая диатомовая водоросль и много кутикулярных слепков трав и копролитов почвенной фауны. Наличие целого панциря диатомовой водоросли указывает на относительно влажные условия функционирования ценоза, но без застаивания и заболачивания воды. Таким образом, микробиоморфный анализ свидетельствует, что во время формирования древнего поверхностного слоя почвы преобладали луговое разнотравье и степные травы.

Впервые спорово-пыльцевой анализ выполнялся во время археологических раскопок Аркаима в 1990-е годы [21]. Выполненные Спиридоновой палинологические исследования образца фо-

Таблица 2. Результаты спорово-пыльцевого анализа палеопочвы Аркаима

Таксон	Количество	
	шт.	%
<i>Picea</i> , ель	1	0.5
<i>Pinus sylvestris</i> , сосна обыкновенная	36	16
<i>Alnus glutinosa</i> , ольха черная	2	1
<i>Betula</i> , береза	1	0.5
<i>Ulmus</i> , вяз	1	0.5
<i>Tilia cordata</i> , липа сердцевидная	1	0.5
<i>Acer tataricum</i> , клен татарский	1	0.5
Malaceae, яблоневые (включают боярышник, шиповник)	1	0.5
<i>Lonicera</i> , жимолость	1	0.5
<i>Spiraea</i> , таволга	1	0.5
Roaceae, злаки	50	23
Cyperaceae, осоки	14	6
Lamiaceae, яснотковые	21	10
Rosaceae, розоцветные	10	5
Fabaceae, бобовые	8	4
<i>Artemisia</i> , полынь	10	5
Cichoriaceae, цикориевые	9	4
Asteraceae, астровые	7	3
Chenopodiaceae, маревые	8	4
Ariaceae, сельдерейные	1	0
Plantaginaceae, подорожниковые	3	1
Papaveraceae, маковые	1	0.5
Boraginaceae, бурачниковые	1	0.5
<i>Cannabis</i> , конопля	2	1
Ranunculaceae, лютиковые	2	1
<i>Ephedra</i> , эфедра	1	0.5
Liliaceae, лилейные	1	0.5
<i>Typha latifolia</i> , рогоз	1	0.5
Bryales, зеленые мхи	9	4
Polypodiaceae, многоножковые папоротники	12	5
<i>Pteridium</i> , папоротник орляк	5	2
Всего пыльцы деревьев и кустарников	45	20
трав и кустарничков	149	68
спор	26	12
пыльцы разнотравья	65	30
пыльцы травянистых ксерофитов	19	9
Общая сумма палиноформ	220	100

Таблица 3. Гранулометрический состав погребенных и фоновых почв

Глубина, см	Содержание фракций, %, размер частиц, мм					
	1–0.25	0.25–0.05	0.05–0.01	0.01–0.005	0.005–0.001	<0.001
Погребенная почва, $n = 3$						
0–12*	51	10	13	6	10	10
35–67*	61	7	10	5	7	10
0–19	45	16	12	5	7	15
19–35	50	15	10	4	6	14
35–49	61	14	6	4	6	10
49–73	64	14	5	3	5	9
73–100	60	15	7	3	4	11
100–140	87	8	0	2	2	1
Современная фоновая дневная почва, $n = 2$						
0–22	43	18	20	6	7	6
22–37	48	16	10	6	9	10
37–53	43	14	12	4	10	16
53–77	59	12	6	2	7	13
77–100	60	15	7	3	4	11

* Стена-насыпь.

новой современной почвы с глубины 65–70 см, имеющего некалиброванный возраст по ^{14}C 4130 ± 110 лет, отобразили существование в этот период достаточно аридных условиях [21]. Это не согласуется с нашими данными, что можно объяснить несколько более древним радиоуглеродным возрастом почвенного слоя, используемым Е.А. Спиридоновой для спорово-пыльцевого анализа.

Фоновые (современные) почвы Аркаима изучены в десяти разрезах. Литологический профиль: верхняя толща до глубины 80–100 см представлена легким суглинком и супесью с большим количеством частиц крупного и мелкого песка (57–68%), а также гравия и гальки (6–17%) (табл. 3). 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 копались. В верхних горизонтах современной почвы и палеопочв по гранулометрическому составу не отмечено принципиальных различий. Во втором полуметре фоновых почв наблюдается небольшое утяжеление гранулометрического состава, в слое 50–100 см палеопочв – уменьшение содержания фракции физической глины. Общие свойства исследуемых почв приведены в табл. 4. Почвы фона имеют следующую реакцию среды по профилю – рН водный: в гор. А1 – нейтральную, АВ – слабощелочную, глубже – щелочную.

Гумусовый профиль (гор. А + АВ) фоновых почв имеет небольшую мощность 37 ± 4 см, она

колеблется от 26 до 45 см. Мощность собственно гумусового гор. А1 фоновых почв составляет 22 ± 6 см, варьируя от 18 до 27 см. В поверхностном слое сконцентрировано $3.04 \pm 0.38\%$ органического вещества, и его содержание резко убывает по профилю почв: в гор. АВ уменьшается до $1.43 \pm 0.18\%$, в гор. Вса – до $0.51 \pm 0.14\%$. В верхней части профиле почв отмечается чередование темных языков с желто-коричневыми заклинками. Языки образуются в результате сочетаний явлений зимнего промерзания и летнего иссушения.

В фоновой почве вскипание от 10% HCl 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 углекислых солей составляет $4.9 \pm 3.7\%$. Максимум карбонатов залегает на глубине 70–150 см, их аккумуляция в этом слое достигает 9.3–10.5%, в подстилающей толще содержание карбонатов невелико. Средневзвешенное содержание CaCO_3 слоя 0–1 м равно 7%. Карбонаты представлены редкими пятнами, точками и тонкодисперсной формой. Гипс наблюдается с глубины 50 см. Легкорастворимые соли появляются с 20–25 см. Их содержание в почвенном профиле колеблется от 0.4 до 0.7%. В составе анионов легко растворимых солей в верхней части профиля преобладают HCO_3^- ионы, в нижней части толщи, наряду с HCO_3^- ионами, заметную долю составляют SO_4^{2-} и Cl^- -ионы; среди катионов во всей толще преобладают ионы натрия. Солонцеватость фо-

Таблица 4. Свойства палеопочв и фоновых современных черноземов обыкновенных ($n = 4-11$), %

Почва	Гори-зонт	Нижняя граница горизонтов, см	pH водный	С орг	ЕКО, мг-экв/100г	Обменный Na ⁺ , % от ЕКО	Частицы <0.01 мм	СаСО ₃	Гипс, мм	Сумма солей, %	Подвижные, мг/100 г	
											P ₂ O ₅	K ₂ O
Стена-насыпь	A1	0-12	6.9	2.83	12.7	0	26	1.6	0.01	0.04	3.0	26
	AB	12-22	7.9	2.0	11.9	8	22	1.9	0.01	0.09	1.4	21
	B1	22-35	8.9	1.83	42	3	24	2.7	0.11	0.21	-	-
	B1ca	35-67	9.3	1.2	47	9	22	7.6	0.12	0.21	0.7	27
Палеопочва	A1	19 ± 3	9.4	$\frac{1.17 \pm 0.13}{2.93 \pm 0.33^*}$	23.9	10	27 ± 3.1	2.0 ± 1.3	0.07	0.18	1.1	28
	AB	35 ± 4	9.5	$\frac{0.61 \pm 0.05}{1.52 \pm 0.12}$	20.2	8	24 ± 3.8	2.2 ± 1.5	0.02	0.18	1.7	20
	B1	49 ± 7	9.3	$\frac{0.45 \pm 0.09}{1.13 \pm 0.23}$	19.0	9	19 ± 2.9	4.2 ± 1.2	0.05	0.17	1.3	5
	Bca	73 ± 5	9.3	$\frac{0.21 \pm 0.05}{0.52 \pm 0.12}$	17.8	6	17 ± 1.2	6.3 ± 3.5	0.4	0.24	-	5
	BCca	100 ± 5	9.3	$\frac{0.14 \pm 0.06}{0.35 \pm 0.14}$	-	-	18 ± 2.0	7.3 ± 2.0	0.44	0.08	-	-
	Dca	150 200	-	-	-	-	5	6.8 4.5	0.55 0.4	0.06 0.08	-	-
	Ад + A1	22 ± 6	7.2	3.04 ± 0.38	22.2	5	19 ± 2.9	1.7 ± 0.5	0	0.08	1.5	33
	AB	37 ± 9	8.3	1.43 ± 0.18	25.5	18	26 ± 3.0	2.5 ± 2.1	0	0.40	1.6	31
	B1ca	53 ± 7	9.2	1.06 ± 0.14	23.0	16	31 ± 2.5	4.9 ± 3.7	0	0.53	-	-
	Bca	77 ± 4	9.3	0.51 ± 0.14	20.4	17	23 ± 2.2	9.3 ± 2.0	0.1	0.41	-	-
	BCca	100 ± 5	9.3	0.24 ± 0.05	-	-	18 ± 2.0	10.5 ± 3.2	0.5	0.20	-	-
	Dca	200	-	-	-	-	5	4.4	0.6	0.15	-	-

* Реконструированное содержание С орг.
Примечание. Прочерк – не определяли.

новых почв выявляется с гор. АВ. Степень засоления почв — средняя, солонцеватости — сильная.

Содержание илистой фракции, определенное по результатам отмучивания, составляет 15–17% и слабо дифференцировано в пределах исследованной толщи. При определении содержания ила общепринятым методом с предварительной обработкой пирофосфатом Na наблюдается значительно меньший выход илистой фракции, особенно в 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 Na.

Палеопочвы, погребенные под стенами-валами поселения Аркаим, датируются эпохой средней бронзы, периодом расцвета синташтинской археологической культуры. Исследовано 7 погребенных почв. По мощности гумусового горизонта палеопочвы (35 ± 4 см) близки к фоновым почвам. Гумусированность профиля палеопочв немного меньше, чем современных почв. В гор. А1 содержание C орг составляет 1.17%, реконструированное — 2.93 ± 0.33 , фоновых почв — 3.04 ± 0.38 . В процессе погребения содержание гумуса палеопочв уменьшается на 50–60% в результате диагенетических процессов [14].

Морфология и расположение гумусовых языков в профиле погребенных и фоновых почв не различаются. В древних почвах Аркаима карбонатный максимум располагается на той же глубине, что и в фоновых почвах, но выражен слабее, концентрация CaCO₃ в этом горизонте достигает 6.3–7.3%. В подстилающей породе на глубине 103–130 см она уменьшается до 4.5%. Средневзвешенное содержание CaCO₃ в слое 0–1 м составляет 6%. Реакция среды по всему профилю палеопочв щелочная: величина pH водной вытяжки находится в пределах 9.3–9.5. Степень их солонцеватости слабая и средняя.

Легкорастворимые соли встречаются по всему профилю погребенных почв. В верхней части древних почв, погребенных под земляными стенами-валами, они появились в результате диагенеза, то есть за счет частичной миграции легкорастворимых солей из материала земляной стены. Она создавалась из смеси горизонтов древних почв и изначально содержала некоторое количество углекислых и легкорастворимых солей. В настоящее время в нижнем слое материала стены, контактирующем с поверхностью почвы, содержится 0.21% легкорастворимых солей. Их концентрация в палеопочвах меньше, чем в фоновых почвах и не превышает 0.3%, а состав аналогичен таковому фоновой почвы.

Содержание илистой фракции несколько больше, чем в фоновой почве (17–19%), причем

по данным отмучивания выход илистой фракции тоже меньше, чем количество ила, определенное пирофосфатным методом, но разница между этими величинами в гор. А1 оказалась не столь контрастной. Следовательно количество прочных агрегатов, не диспергируемых пирофосфатом, в погребенной почве значительно меньше, чем в фоновом черноземе.

Ближние характеристики свойств получены при изучении палеопочв кургана, сооруженного 3.9 тыс. л. н. около п. Александровский, расположенного в 1.5 км от заповедника “Аркаим” [16].

Таким образом, можно отметить, что палеопочвы и фоновые почвы диагностируются как обыкновенный чернозем, различия между ними заключаются в большей засоленности и солонцеватости почв в современный период. На основании сравнения свойств погребенных и фоновых почв можно заключить, что климатические условия во время функционирования укрепленного поселения Аркаим были близки современному.

Ранее указывалось, что по данным палинологического исследования мы пришли к выводу, что климат во время сооружения стены поселения был немного влажнее и теплее современного. Эти противоречия двух наших выводов можно объяснить тем, что растительный покров более сенситивен к изменениям климата и быстрее, чем почва, приходит в равновесие с условиями окружающей среды. Таким образом, в период строительства укрепленного поселения, судя по реконструкции растительного покрова палинологическим методом, климатические условия были немного теплее и влажнее современных, но продолжительность этого периода, вероятно, была небольшой, и почвенные свойства не успели трансформироваться и прийти в равновесие с изменившимися экологическими условиями и отражают обстановку предшествующего периода с близкими к современному климатическими параметрами.

Южное Зауралье — это компактный ареал развития синташтинской культуры, период функционирования которой протекал в эпоху средней бронзы, и 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, впервые появившееся в этом регионе. Для организации полей рылись каналы, в пределах старых русел рек создавались водотоки, использовалось лиманное орошение [13].

Приведем характеристики палеопочв и природных условий различных регионов в эпоху бронзы, которые даются другими исследователями. Так, близкие характеристики свойств получены при изучении палеопочв городища Аркаим и

палеопочв, погребенных под курганом, сооруженным 3900 л. н. около п. Александровский, находящегося в 1.5 км от заповедника “Аркаим” [16]. Для Оренбургского Приуралья при изучении 20 подкурганных палеопочв, датированных по ^{14}C археологических находок, установлено, что в позднеямный период около 4 тыс. л. н. климатические условия этого региона были близки современным; а 3.7–3.8 тыс. л. н. климат во время развития срубной культуры отличался меньшей континентальностью, чем в настоящее время, предположительно, за счет похолодания в летнее время [24]. Возможное похолодание в начальный и развитый периоды существования срубной общности подтверждается при изучении культурных слоев стоянок и естественных разрезов северо-запада Оренбургской обл. [22]. В Самарском Заволжье на основании свойств подкурганных палеопочв, время погребения которых датировано по ^{14}C , показано, что при существовании потаповской археологической культуры 3.7–3.9 тыс. л. н. отмечалось снижение температуры и увеличение количества осадков, в результате этого степные черноземы сменились лесостепными [11, 20].

Нужно отметить, что для территории пустынно-степной зоны в период 3.5–4 тыс. л. н. рядом исследователей резких изменений климата не выявлено. Основанием для такого вывода служат общие свойства и биоморфный анализ подкурганных почв, особенности палеопочв и отложений балочных систем Ергеней на территории Калмыкии [7]. Близкая климатическая характеристика этого периода в Северо-Западном Прикаспии дается при исследовании биогеоценозов: долговременных убежищ млекопитающих и птиц, а также растительности (по палинологическим данным) [10, 17]. По результатам спорово-пыльцевого анализа и радиоуглеродного датирования образцов из нескольких разрезов (мощностью 5 и 10 м) отложений Волго-Ахтубинской поймы получены непрерывные палеоклиматические записи для последних 10 тыс. лет [3]. Болиховской впервые выявлены 26 этапов изменения растительности и климата этого региона в голоцене, а период эпохи средней бронзы — 4.2–3.7 тыс. л. н. охарактеризован как климатический оптимум с более теплыми и влажными условиями, чем в настоящее время [3].

Имеются и противоположные мнения о засушливости климата в тот период в Южном Поволжье, на Нижнем Дону и Средне-Русской равнине [1, 9, 23]. Противоречивость выводов о палеоклимате эпохи средней бронзы имеет много причин и требует специального рассмотрения.

ВЫВОДЫ

1. Проведено сравнение свойств десяти разрезов фоновых современных почв и семи разрезов палеопочв, сохранившихся под стенами-валами крепости Аркаим, принадлежавшей синташтинской археологической культуре Южного Зауралья, развивавшейся на рубеже II и III тысячелетий до н.э.

2. На основании палинологического и микробиоморфного анализов слоя 0–2 см палеопочвы выполнена реконструкция растительного покрова. Произрастание сосновых лесов с папоротниковым покровом, примесь влаголюбивых пород (ольхи, ели), а также малое участие в составе степной растительности ксерофитов и галофитов, значительная роль лугового разнотравья соответствуют более влажным по сравнению с современными климатическим условиям. Наличие пыльцы широколиственных пород (вяза, клена татарского и липы), рогоза и конопли может свидетельствовать о несколько более теплом климате, чем в настоящее время. Спорово-пыльцевой спектр палеопочвы укрепленного поселения Аркаима является переходным от степного к лесостепному типу.

3. Продолжительность периода с несколько большей теплообеспеченностью и увлажненностью была небольшой, растительный покров, как более сенсорный к изменениям климата, успел трансформироваться, а свойства палеопочв еще не смогли преобразоваться и прийти в равновесие с изменившимися экологическими условиями; они отражают обстановку предшествующего периода с близкими к современным климатическими параметрами.

Авторы благодарят д. б. н. А.А. Гольеву за помощь в выполнении микробиоморфного анализа палеопочвы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александровский А.Л. Эволюция почвенного покрова Русской равнины в голоцене // Почвоведение. 1995. № 3. С. 290–297.
2. Ариунушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. 596 с.
3. Болиховская Н.С. Эволюция климата и ландшафтов Нижнего Поволжья в голоцене // Вестник Моск. ун-та. Сер. 5, география. 2011. № 2. С. 13–27.
4. Воробьева Л.А. Химический анализ почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998. 272 с.
5. Гайдученко Л.Л. Биологические остатки из укрепленных поселений “Страны городов” Южного Зауралья // Аркаим — Синташта: древнее наследие Южного Урала. Сб. науч. тр. к 70-летию Г.Б. Здановича. Челябинск: Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2010. Ч. 1. С. 96–109.
6. Герасименко Н.П. Развитие зональных ландшафтов четвертичного периода на территории Украины. Автореф. дис. ... докт. геогр. н. Киев, 2004. 40 с.

7. Гольева А.А., Чичагов В.П., Чичагова О.А. Динамика природной среды Северо-Западной Калмыкии во второй половине голоцена // Изв. РАН. Сер. географическая. 2006. № 2. С. 103–110.
8. Гольева А.А., Хохлова О.С. Реконструкция этапов создания Большого Синташтинского кургана (Челябинская область) на основе палеогеографических данных // Изв. РАН. Сер. географическая. 2010. № 6. С. 67–76.
9. 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.
10. Динесман Л.Г. Голоценовая история биогеоценозов Русской равнины в позднем антропогене // История биогеоценозов СССР в голоцене. М.: Наука, 1976. С. 122–132.
11. Дергачева М.И., Васильева Д.И. Палеопочвы, культурные горизонты и природные условия их формирования в эпоху бронзы в степной зоне Самарского Заволжья // Вопросы археологии Поволжья. Вып. 4. (Памяти И.Б. Васильева). 2006. С. 464–476.
12. Ермолаев А.М. Динамика разновозрастных антропоизированных травянистых экосистем Аркаима // Природные системы Южного Урала. Челябинск, 1999. С. 164–183.
13. Зданович Г.Б., Батанина И.В. Аркаим — страна городов: Пространство и образы (Аркаим горизонты исследований). Челябинск: Крокус, Юж.-Урал. кн. изд-во, 2007. 260 с.
14. Иванов И.В. Эволюция почв степной зоны в голоцене. М.: Наука, 1992. 147 с.
15. Иванов И.В., Манахов Д.В. Структура почвенного покрова черноземных степей Зауральского плато (на примере заповедника “Аркаим”) // Почвоведение. 1999. № 8. С. 958–969.
16. Иванов И.В., Чернянский С.С. Общие закономерности развития черноземов Евразии и эволюция черноземов Зауралья // Почвоведение. 1996. № 9. С. 1045–1055.
17. Киселева Н.К. Биогеоценозы Северного Прикаспия в голоцене // История биогеоценозов СССР в голоцене. М.: Наука, 1976. С. 244–260.
18. Климат Челябинской области. Челябинский гидрометеоцентр. <http://chelpogoda.ru/pages/490.php>
19. Кременецкий К.В. Природная обстановка голоцена на Нижнем Дону и в Калмыкии // Степь и Кавказ. Тр. государственного исторического музея. 1997. Вып. 97. С. 30–45.
20. Кузнецов П.Ф. 40 лет Средневожской археологической экспедиции: Краеведческие записки / Отв. ред. Л.В. Кузнецова. Самара: ООО “Офорт”, 2010. 280 с.
21. 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. ауч. тр. / Под ред. Л.Л. Гайдученко. Челябинск: Челяб. гос. ун-т, 1999. С. 66–104.
22. Лаврушин Ю.А., Спиридонова Е.А. Результаты палеогеоморфологических исследований на стоянках неолита-бронзы в бассейне р. Самары // Приложение к кн. Н.Л. Моргуновой. Неолит и энеолит юга лесостепи Волго-Уральского междуречья. Оренбург, 1995. С. 177–200.
23. Плеханова Л.Н., Демкин В.А. Древние нарушения почвенного покрова речных долин степного Зауралья // Почвоведение. 2005. № 9. С. 1102–1111.
24. Хохлова О.С., Кузнецова А.М., Хохлов А.А., Моргунова Н.Л., Чичагова О.А. Палеопочвы курганов ямной культуры степной зоны Приуралья // Почвоведение. 2008. № 5. С. 481–490.
25. Чичагова О.А. Радиоуглеродное датирование гумуса почв. М.: Наука, 1985. 157 с.
26. Alexandrovskiy A.L., Chichagova O.A., Shishlina N.I. ¹⁴C studies of burial mounds in the steppe zone: chronology and paleoenvironment // 11-th International Workshop on Isotope-Geochemical Research in Baltic region. Lohusalu, Estonia. 1996. P. 19.
27. Bottema S. The interpretation of pollen spectra from prehistoric settlements (with special attention to Liguliflorae) // Paleohistoria. 1975. V. 17. P. 18–35.
28. Gerasimenko N. Environmental and climatic changes between 3 and 5 BP in Southeastern Ukraine // Third Millennium BC climate change and Old World collapse. Berlin Heidelberg: Springer, 1997. P. 371–401.
29. Hanks B., Epimakhov A.V., Renfrew A.C. Towards a refined chronology the Bronze Age of the Southern Urals // Antiquity. 2007. V. 81. P. 353–367.
30. 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 // Proceedings of 19-th World Congress of Soil Science, Australia, Brisbane, 2010. Symposium 1. 3. 2.
31. Shishlina N.I., Hiebert F.T. The steppe and the sown: Interaction between Bronze Age Eurasian Nomads and agriculturalists // The Bronze Age and Early Iron Age peoples of Eastern Central Asia. Washington DC. 1998. V. 1. P. 222–237.
32. Zdanovich G.B., Zdanovich D.G. Arkaim — Sintashta: experience de la mise en valeur des steppes á e’Âge du Bronze // L’Anthropologie. 2010. V. 114. № 4. P. 493–514.