

DOI: <https://doi.org/10.32653/CH193776-794>



Исследовательская статья

Хомутова Татьяна Эдуардовна,
кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник,
Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения
Пушкинский научный центр биологических исследований РАН, Пушкино, Россия
khomutova-t@rambler.ru

Чернышева Елена Владиславовна,
кандидат биологических наук, старший научный сотрудник,
Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения
Пушкинский научный центр биологических исследований РАН, Пушкино, Россия
chernysheva1988@gmail.com

Потапова Анастасия Владимировна,
магистр биологических наук, младший научный сотрудник,
Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения
Пушкинский научный центр биологических исследований РАН, Пушкино, Россия
anastassia4272@gmail.com

Ельцов Максим Витальевич,
кандидат биологических наук, старший научный сотрудник,
Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения
Пушкинский научный центр биологических исследований РАН, Пушкино, Россия
m.v.eltsov@gmail.com

Пинской Виктор Николаевич,
аспирант, младший научный сотрудник,
Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения
Пушкинский научный центр биологических исследований РАН, Пушкино, Россия
pinskoy@inbox.ru

Амирян Мариам Арменовна,
аспирант, младший научный сотрудник,
Институт археологии и этнографии
Национальная академия наук Республики Армения, Ереван, Армения
amiryanm@yandex.ru

Для цитирования: Хомутова Т.Э., Чернышева Е.В., Потапова А.В., Ельцов М.В., Пинской В.Н., Амирян М.А. Почвенно-археологическое исследование раннебронзового поселения Артаниш-9 (Республика Армения) // История, археология и этнография Кавказа. 2023. Т. 19. № 3. С. 776-794. doi.org/10.32653/CH193776-794

ПОЧВЕННО-АРХЕОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАННЕБРОНЗОВОГО ПОСЕЛЕНИЯ АРТАНИШ-9 (РЕСПУБЛИКА АРМЕНИЯ)

Аннотация. В статье представлены результаты комплексных почвенно-археологических исследований поселения раннего бронзового века кура-араксской культуры Артаниш-9, расположенного на берегу озера Севан (Республика Армения). Исследован культурный слой внутри жилой постройки и в межжилищном пространстве. Проведен микроэлементный анализ культурного слоя. Для оценки интенсивности преобразования исходной почвы в результате жизнедеятельности древнего населения предложены коэффициенты «антропогенного привноса», которые отражают интенсивность поступления в почву материала антропогенной природы и рассчитываются как отношение содержания фосфора и серы как основных биогенных элементов к сумме содержания кремния и алюминия как основных литогенных элементов (соответственно, $P/(Si+Al)$, $S/(Si+Al)$). Локализован участок металлургического производства, что подтверждается найденными бронзовыми изделиями, тиглями и литейными формами. Культурный слой в этой локации характеризуется аномально высоким содержанием серы, что можно связывать с поступлением в почву гипса, который использовался при создании литейных форм. Согласно результатам химических анализов, культурный слой памятника преимущественно представлен глинистым материалом, что свидетельствует о наличии глинобитных стен и глиняной вымостки пола. Глина, используемая при строительстве, и глина в непосредственной близости от памятника абсолютно однотипны, что указывает на использование местного сырья. Выявлены участки культурного слоя с повышенной ферментативной активностью, что свидетельствует о поступлении в почву больших объемов органического материала антропогенной природы. Такие участки, предположительно, соответствуют местам накопления бытового мусора, что подтверждается высокой концентрацией артефактов и костей животных.

Ключевые слова: ранний бронзовый век; поселение; почвенно-биологические исследования; микроэлементы; хозяйственная деятельность; металлургия

DOI: <https://doi.org/10.32653/CH193776-794>



Research paper

Tatiana E. Khomutova,
Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher
Institute of Physico-Chemical and Biological Problems of Soil Science
Pushchino Scientific Center for Biological Research of the RAS, Pushchino, Russia
khomutova-t@rambler.ru

Elena V. Chernysheva,
Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher
Institute of Physico-Chemical and Biological Problems of Soil Science
Pushchino Scientific Center for Biological Research of the RAS, Pushchino, Russia
chernysheva1988@gmail.com

Anastassiya V. Potapova,
MBiol, Junior Researcher
Institute of Physico-Chemical and Biological Problems of Soil Science
Pushchino Scientific Center for Biological Research of the RAS, Pushchino, Russia
anastassia4272@gmail.com

Maxim V. Yeltsov,
Cand. Sci. (Biology) Senior Researcher,
Institute of Physico-Chemical and Biological Problems of Soil Science,
Pushchino Scientific Center for Biological Research of the RAS, Pushchino, Russia
m.v.eltsov@gmail.com

Viktor N. Pinsky,
Postgraduate student, Junior Researcher,
Institute of Physico-Chemical and Biological Problems of Soil Science,
Pushchino Scientific Center for Biological Research of the RAS, Pushchino, Russia
pinsky@inbox.ru

Mariam A. Amiryan,
Postgraduate student, Junior Researcher,
Institute of Archeology and Ethnography of the NASRA, Yerevan, Armenia
amiryanm@ymail.com

For citation: Khomutova T.E., Chernysheva E.V., Potapova A.V., Yeltsov M.V., Pinsky V.N., Amiryan M.A. Soil-Archaeological Studies of the Early Bronze Age Settlement Artanish-9 (Republic of Armenia). *History, Archeology and Ethnography of the Caucasus*. 2023. Vol. 19. N.3. P. 776-794. doi: [org/10.32653/CH193776-794](https://doi.org/10.32653/CH193776-794)

SOIL-ARCHAEOLOGICAL STUDIES OF THE EARLY BRONZE AGE SETTLEMENT ARTANISH-9 (REPUBLIC OF ARMENIA)

Abstract. The paper presents the findings of comprehensive soil-archaeological investigations conducted at the Early Bronze Age settlement of Artanish-9, which belongs to the Kura-Araxes culture and is situated on the shores of Lake Sevan in the Republic of Armenia. The study encompasses an examination of the cultural layer both within residential structures and in the inter-residential spaces. Additionally, a microelement analysis of the cultural layer was undertaken.

To evaluate the extent of soil transformation resulting from the ancient population's activities, we propose "anthropogenic input" coefficients. These coefficients gauge the intensity of anthropogenic material introduced into the soil and are computed as the ratio of phosphorus and sulfur (the primary biogenic elements) to the combined content of silicon and aluminum (the primary lithogenic elements) – specifically, $P/(Si+Al)$ and $S/(Si+Al)$. Within the settlement, we have identified an area associated with metallurgical production, substantiated by the discovery of bronze artifacts, crucibles, and foundry molds. Notably, this location's cultural layer exhibits an unusually high sulfur content, likely attributed to the introduction of gypsum into the soil, a material frequently employed in the creation of foundry molds.

Chemical analyses of the site reveal that the cultural layer predominantly consists of clay, indicating the use of adobe walls and a clay-paved floor. The clay used in construction matches precisely with the clay found in the immediate vicinity of the site, signifying the utilization of locally sourced raw materials. Furthermore, areas within the cultural layer exhibiting heightened enzymatic activity suggest the deposition of substantial amounts of anthropogenic organic materials into the soil. These areas likely correspond to spaces where household waste accumulated, a hypothesis substantiated by the elevated concentration of artifacts and animal bones in these zones.

Keywords: early Bronze Age; settlement; joined historical-archaeological and soil-biological research; microelements; economic activity; metallurgy

Введение

Территория Республики Армения чрезвычайно богата доисторическими археологическими памятниками [1; 2]. Среди других регионов особенно выделяются окрестности озера Севан, на берегах которого находятся многочисленные памятники II–I тыс. до н.э. (средний бронзо-железный век) [3]. К примеру, на южном побережье находится эталонный памятник для изучения позднего бронзового века Южного Кавказа – Лчашен [4]. Восточное побережье изучено меньше [5; 6; 3], и только последние десять лет здесь проводятся активные работы, которые выявили большое количество памятников раннего бронзового века (середина IV тыс. – середина III тыс. до н. э.) [7–9] (рис. 1).

Эпоха ранней бронзы в Армении представлена однородной куро-араксской культурой, которая распространилась от Северо-Восточного Кавказа до горных хребтов Тавра и Загроса, охватив все Армянское нагорье. В настоящее время куро-араксская культура делится на два периода: Кур-аракс I (3500–2900 гг. до н.э.) и Кур-аракс II (2900–2500 гг. до н.э.). Первый представлен достаточно однородным керамическим комплексом, распространенным почти по всему Армянскому нагорью, а второй – локальными группами на первоначальной территории, а затем и за ее пределами [10]. Особыми чертами этой археологической культуры являются круглые жилища, построенные из сырцового кирпича; переносные и стационарные очаги, часто антропоморфные или зооморфные по стилю; широкий ассортимент чернолощеной керамики (с красно-оранжевой прокладкой) ручной работы, иногда со сложным орнаментом; костяные, обсидиановые, каменные, кремневые типичные орудия труда; глиняные стандартные фигурки быка и овцы; простой набор металлических предметов в основном из мышьяковистой бронзы [11]. В литературе принято считать, что в эту эпоху Армянское нагорье было заселено обществами с комплексной экономикой, хозяйственная модель которых включала земледелие, скотоводство, металлургию и торговлю. В это же время появляются первые ранние города [12].

В этом контексте раскопки памятника Артаниш-9¹ проливают новый свет на представления о раннебронзовом веке не только в бассейне Севан, но и на Южном Кавказе в целом [13]. Здесь же впервые археологические исследования были сопряжены с почвенно-археологическим анализом [14; 15]. Связующим звеном в этом выступает почва и ее «память» [16], т.е. способность почвы изменять свои свойства в результате антропогенного воздействия в прошлом и сохранять эти изменения до настоящего времени. Это касается, в частности, ее химического состава.

Несмотря на сложности интерпретаций полученных данных – сравнения химического состава культурных слоев с таковым локального фона, учета химических преобразований в связи с климатическими особенностями региона и пр., этот подход успешно используется в почвенно-археологических исследованиях [17–19]. Накопление различных макро- и микроэлементов в культурных слоях происходит в результате бытовой и производственной деятельности человека и позволяет выявлять назначение построек, характер деятельности и ее интенсивность внутри и вокруг археологических структур, места содержания животных, пределы сельскохозяйственных угодий и пр. [20–22].

Общепризнанным индикатором является такой химический элемент как фосфор, его содержание в почве используется при археологической разведке и определении границ поселений. Также выявлена группа химических элементов, накопление которых в культурных слоях характерно для многих археологических памятников. Так, маркерами антропогенного следа являются из макроэлементов – P, Ca, Mg и K, из микроэлементов – Cu, Zn и Sr, селитебные пространства характеризуются накоплением основных биогенных элементов – P, K, S, Zn и Cu, накопление серы связано с разложением органических материалов [19–22]. Однако признается, что при мультиэлементном анализе наряду с абсолютным содержанием химических элементов важным является их соотношение и корреляционные связи, а также соотнесение химических данных с археологическими контекстами [22; 23]. Для дифференциации отдельных пространств в пределах памятника интерпретация соотношений содержания различных химических элементов становится более сложной и зависит от конкретных объектов исследования и региональных почвенно-климатических условий. Повышенное содержание Ca, Mg, K служит показателем отложений золы и костных остатков, мест очагов, но также может указывать на использование штукатурки в строениях [21; 24], накопление Zn, Cu и Sr связано с жизнедеятельностью человека, присутствием животных и местами захоронений [18; 22], аномально высокое содержание Zn и Cu может указывать на производство металлических изделий [20; 24; 25]. Накопление Zn, Ba, Ca и Sr или K, Mg и Ca связано со сжиганием древесного угля [17], накопление Ba, P и Mn или P, K и Mg – с бытовыми отходами, а также с местами очагов [23]. Места обработки рыбы отличаются повышенным содержанием разных элементов, включая Na, Mg, P, K и Mn, при этом соотношения Ba/Sr Ba/Ca и Sr/Ca выделяют эти локации [23]. Для глинистых почв соотношение содержания одного из литогенных элементов (Al) и ряда биогенных макро- и микроэлементов оказалось полезным для выявления планировки конструкций [20].

Одной из сторон почвенной «памяти» является также ее биологическая составляющая [26], т.е. свойства и параметры почвенной микробиоты, в частности почвенных микробных сообществ, которые являются неотъемлемой составляющей любой почвы или грунта. Археологические объекты – поселения, погребения и др. являются экологическими нишами [27], заселенные микробными сообществами, которые в процессе жизнедеятельности выделяют в окружающую среду разнообразные ферменты, разлагающие органическое вещество, поступающее в почву/культурные слои во время функционирования памятника. Даже в случае частичного отмирания микробных сообществ, следы этой деятельности фиксируются в сорбированном в почве ферментном (энзиматическом) пуле [28; 29].

Целью настоящей работы была реконструкция особенностей антропогенной деятельности на разных участках поселения Артаниш-9 с использованием историко-археологических, геохимических и энзиматических методов.

Описание ключевого участка

Ключевой участок Артаниш-9 находится на полуострове Артаниш, расположенном на северо-восточном побережье оз. Севан (около 2000 м над уровнем моря).

Территория в природном отношении относится к сухостепной природной зоне с развитыми здесь каштановыми почвами. Среднегодовая температура участка равна 6° С, среднегодовое количество осадков составляет 350 мм.

Поселение раннего бронзового века Артаниш-9 расположено на плоском скальном останце высотой около 10 м и размером более чем 1 га. Абсолютная высота составляет 1950 м. Памятник представляет собой поселение раннего бронзового века и датируется 28–26 вв. до н.э. Поселение изучается с 2019 г. по настоящее время [9].

В почвенном покрове преобладают темногумусовые карбонатные средне-тяжелосуглинистые почвы разной степени смытости. Почвообразующие породы представлены элюво-делювием глин и песчаников.

Почвенно-археологические исследования, результаты которых представлены в данной работе, были проведены в северо-западной части поселения (раскоп «А», рис. 2). При раскопках здесь зафиксированы три сооружения (Структуры 5, 8 и 10). Образцы были отобраны внутри и вокруг Структуры 8. Это жилище в плане круглой формы, в центре которого располагался глиняный очаг. Пол глинобитный. Стены были глинобитные с каменными элементами, после забрасывания поселения они рухнули внутрь строения.

Культурный слой памятника весьма неоднородный. В пределах раскопа А можно выделить два основных типа культурного слоя. В районе развалов стен и внутри постройки культурный слой представлен довольно однородным светло-серым с желтоватым оттенком средним суглинком непрочной комковато-глыбистой структуры (Слой 1а). Этот участок, по сравнению с культурным слоем за пределами постройки, характеризуется низкой встречаемостью артефактов.

Культурный слой между постройками легкосуглинистый, серый, пылеватый, бесструктурный, отличается обилием артефактов (Слой 1). Такого рода морфологические свойства указывают на большую долю органического материала, который участвовал в формировании культурного слоя.

Образцы были взяты с глубины 70–80 см от нулевого репера в разных участках раскопа (образцы 1-1 – 1-6). Предположительно, этот уровень соответствует периоду финала существования памятника. Также отбирались образцы из построек на этой же глубине (образцы 1-7, 1-8). Отдельно приводился отбор грунта из стенок раскопа на глубине 30–40 см от нулевого репера (образцы 2-1 – 2-6). Этот уровень соответствует периоду разрушения и археологизации памятника.

Фоновым материалом послужили образцы почвообразующей породы на участке без следов антропогенного воздействия в 50 м к югу от раскопа, а также образцы почв со склонов южной и северной экспозиции горы Артаниш на высоте, близкой к положению поселения.

Методы

В отобранных почвенно-грунтовых образцах раскопа А поселения Артаниш-9 определяли валовое содержание химических элементов с помощью рентген-флу-

оресцентной спектроскопии (МАКС-GV, Центр коллективного пользования ИФ-ХиБПП РАН). При анализе данных рентген-флуоресцентного анализа нами были впервые разработаны и применены коэффициенты «антропогенного привноса», показывающие насколько сильно был преобразован культурный слой в результате антропогенного воздействия в прошлом по сравнению с исходной почвой. Коэффициенты антропогенного привноса характеризуются как отношение содержания фосфора и серы (основных биогенных элементов) к сумме содержания кремния и алюминия как основных литогенных элементов (соответственно, $P/(Si+Al)$, $S/(Si+Al)$, %). Чем интенсивнее в почву поселения поступали бытовые отходы, мусор, остатки пищи, экскременты и другие богатые фосфором и серой органические субстраты, тем выше коэффициент антропогенного привноса. При этом могло происходить одновременное поступление минерального материала (материковая глина, почва), но этот факт не оказывал заметного влияния на величину коэффициентов антропогенного привноса, так как содержание литогенных элементов в этом случае не будет существенно варьироваться.

Помимо рентген-флуоресцентного анализа содержание фосфатов определяли также методом Сандерса-Вильямса [30], позволяющим оценить не только его валовую величину ($P_{\text{вал}}$), но и отдельно минеральные ($P_{\text{мин}}$) и органические формы ($P_{\text{орг}}$). Метод включает два этапа, на первом из которых определяется содержание минеральных фосфатов ($P_{\text{мин}}$) после их экстракции из почвы 0.2 н серной кислотой и цветной реакции, дающей количественную оценку содержания фосфора. На втором этапе определяется содержание валового фосфора ($P_{\text{вал}}$): почвенные образцы прокаливаются в течение 3 часов при 525°C, в результате чего органические соединения фосфора переходят в растворимое состояние и затем наряду с минеральными формами экстрагируются 0.2 н серной кислотой, как описано ранее. Разница между величинами валового ($P_{\text{вал}}$) и минерального фосфора ($P_{\text{мин}}$) дает величину органического фосфора ($P_{\text{орг}}$) [31]. Источником минеральных фосфатов является зола и кости; источником органического фосфора являются растительные материалы, остатки пищи, экскременты скота и человека.

В работе использованы методы ферментного анализа. Мы исходили из предположения, что любой органический субстрат антропогенной природы, неспецифический для почвы, попадая в почву вызывает увеличение продуцирования почвенными микроорганизмами ферментов, участвующих в его разложении. В результате в почве может происходить накопление фермента, который образует сложные органоминеральные комплексы с минеральной частью почвы и может сохраняться до настоящего времени. Соответственно, чем выше активность фермента в почве, тем больше в почву поступало органических материалов, в разложении которых эти ферменты участвовали. Ферментативную активность в образцах определяли микропланшетным методом с использованием хромогенно меченного субстрата на основе п-нитрофенола (4-НФ) [32; 33]. Определяли активность двух фосфатаз – кислой (КФ) и щелочной (ЩФ), проявляющих активность в кислой и щелочной области pH, соответственно. Фосфатазы относятся к группе ферментов, участвующих в микробном разложении широкого спектра органических соединений растительного и животного происхождения, содержащих фосфор [34]. Полученные данные обрабатывали статистически с использованием программ Excel и Statistica.

Результаты и обсуждение

Анализ химического состава образцов поселения Артаниш-9 на раскопе А показал значительное варьирование содержания таких биогенных элементов как фосфор (коэффициент вариации здесь и далее, CV 85%) и цинк (CV 145%), а также серы (CV 229%), меди (CV 55%) и бария (CV 46%). Превышение коэффициентом вариации 33% на раскопе указывает на различную степень вовлеченности отдельных локаций поселения в хозяйственную деятельность в период функционирования памятника. Содержание фосфора как общепризнанного маркера антропогенной деятельности, соотношение его органических и минеральных форм, а также коэффициенты антропогенного привноса фосфора, рассчитанные как отношение содержания фосфора к сумме содержания кремния и алюминия как основных литогенных элементов, представлены на рис. 3 и в табл. 1.

Высоким содержанием фосфора (10–18 г/кг) и высокими коэффициентами антропогенного привноса (5–7%) отличались три образца, локализованные вдоль западной части Структуры 8: образцы 1-1, 1-3 и образец 1-7, взятый из расположенной рядом стенки и представляющий собой светлый сероватый легкий суглинок (Слой 1, коэффициент привноса 10%), а также образец 2-1 в северной части той же структуры, между тремя сооружениями (коэффициент привноса 6%).

Таблица 1. Археологические находки, коэффициенты антропогенного привноса фосфора, а также соотношение органических и минеральных форм фосфора (%)

Table 1. Archaeological findings, coefficients of anthropogenic input of the phosphorus and ratios of organic and mineral phosphorus (%)

	Образец	P/(Si+Al), %	$\frac{P_{\text{орг}}}{P_{\text{мин}}}$, %	керамика, шт.	кости, шт.	индивидуальные находки
Слой 1	1-1	5.0	23 / 77	550	90	2 обломка глиняного очага; 1 обсидиановое орудие; 1 каменное орудие; 2 бусины 1 литейная форма
	1-2	4.2	7 / 93			
	1-3	7.2	32 / 68			
	1-7	10.1	16 / 84			
	2-1	6.1	29 / 71	230	100	1 обсидиановое орудие; 1 лезвие серпа; 1 обломок глиняного очага

Слой 1 а	1-4	0.6	37 / 63	30	20	1 обломок глиняного очага
	1-5	2.9	18 / 82			
	1-6	2.4	9 / 91			
	1-8	0.5	35 / 65			
	2-2	2.7	0,3 / 99,7	0	0	нет
	2-3	1.2	12 / 88	50	10	нет
	2-4	1.4	60 / 40	20	0	фрагмент бронзового изделия, кости человека
	2-5	2.3	14 / 86			
2-6	2.2	3 / 97	50	5	тигель	

В образцах 1-1, 1-3 и 2-1 значительная доля фосфора была представлена его органическими соединениями (23–32%), в соседней стенке (образец 1-7) доля органического фосфора была меньше (16%). Несколько меньше было содержание фосфора в образце 1-2 (7.2 г/кг, коэффициент привноса 4.2, доля органических форм фосфора 7%). Умеренные величины содержания фосфора (3.7–4.7 г/кг), меньшие коэффициенты привноса (2–3%) были в образцах в внутренней части западной стены: 1-5 и 1-6, а также в образцах 2-2, 2-5 и 2-6 в северной части Структуры 8 (Слой 1а). При этом для образцов западной части стены доля органического фосфора составляла 18 и 9%, а в северной части сильно варьировала от практически следовых величин до 14%.

Еще меньше было содержание фосфора (2–1.6 г/кг) и меньшие коэффициенты привноса были в образцах северо-восточной части стены – 2-3 и 2-4 (Слой 1а). При низком содержании фосфора в образце 2-4 его значительная доля была представлена органическими формами (60%), поблизости от места отбора этого образца были найдены костные останки. Минимальное содержание фосфора (0.8-1 г/кг) и минимальные коэффициенты привноса были во внутренней части северо-западной стены (Слой 1а): образец 1-4 (доля органического фосфора 37%) и образец 1-8 (доля органического фосфора 35%), отобранный из стенки в южной части раскопа и представляющий собой суглинистый материал желто-коричневого цвета.

Слой 1 по своим свойствам резко отличается от Слоя 1а. Характерно, что во всех образцах из Слоя 1, которые отличаются светло-серой окраской и легкосуглинистым гранулометрическим составом, значения коэффициента антропогенного привноса были высокими, и значительная доля фосфора представлена его органическими формами. Именно этот слой содержит многообразный материал – различные артефакты и в особенности кости животных (табл. 2). Слой 1а представлен желтоватым глинистым материалом, источником которого являются развалы стен Структуры 8. Здесь содержание фосфатов было незначительным и встречаемость артефактов низкая.

Содержание серы представлено на рис. 4 и в табл. 2. В большинстве отобранных образцов содержание серы было весьма умеренным (0.7–2.2 г/кг, CV 38%), при этом один из участков раскопа отличался от всех остальных аномально высоким ее содержанием (образец 1-4: 28,6 г/кг, коэффициент антропогенного привноса

17.5). Как правило, высокое содержание серы сопровождалось низким содержанием фосфора и наоборот, однако статистическая корреляция проявлена не была. Распределение серы в поселении тесно коррелировало с распределением гипса ($r = 0.98$). Образец 1-4 наряду с аномально высоким содержанием серы характеризовался наибольшим содержанием гипса и низким содержанием фосфора. Этот образец был взят изнутри сооружения, где при раскопках была зафиксирована хозяйственная яма, вероятно, ее присутствие вызвало увеличенное содержание органических форм фосфора при его невысоком общем содержании. Причиной аномально высокого содержания серы является присутствие гипса, и эта особенность выделяет локацию образца 1-4 от остальных исследованных участков. Отличается повышенным содержанием гипса и серы также образец 2-6. Здесь был найден глиняный тигель, а Слой 1а отличается содержанием золы и следов обжига. К сожалению, пока невозможно дать точную идентификацию контекстов, так как раскопки здесь еще не завершены. Геохимические анализы и артефакты позволяют предполагать производственное назначение этого места: в поселении были найдены бронзовые изделия, тигли и литейные формы, накопление гипса также может быть связано с его включением в создание литейных форм [35]. Повышенное содержание гипса выявлено и в образцах 1-2, 1-5 и 1-7.

При сооружении стен была использована местная глина, так как контрольный образец глины, отобранный из близкого к поселению места, характеризовался повышенным содержанием серы, гипса и высоким коэффициентом антропогенного привноса серы, величина которого в данном случае связана с характеристикой самой глины.

Таблица 2. Содержание серы (S), гипса (SO_4^{2-}) и коэффициенты антропогенного привноса серы ($S/(Si+Al)$) в образцах раскопа А и местной глины

Table 2. The sulfur (S), gypsum (SO_4^{2-}) contents and the coefficients of the anthropogenic input of sulfur ($S/(Si+Al)$) in samples of the trench A

Образец	S, г/кг	$CaSO_4$, %	$S/(Si+Al)$, %
1-1	1.0	0.1	0.5
1-2	1.8	0.21	1.0
1-3	0.7	0.09	0.4
1-4	28.6	3.30	17.5
1-5	1.7	0.22	1.2
1-6	1.6	0.20	1.0
1-7	1.6	0.24	0.9
1-8	1.2	0.14	0.7
2-1	0.8	0.06	0.5
2-2	0.8	0.14	0.5
2-3	0.9	0.06	0.7
2-4	1.0	0.05	0.7
2-5	1.0	0.12	0.6
2-6	2.2	0.27	1.3
Глина Артаниш	6.3	1.40	4.5

Из других макро- и микроэлементов на объекте сильно варьировалось содержание цинка, бария и меди. Один из образцов отличается от остальных присутствием олова (образец 2-2). Содержание фосфора сильнее всего коррелировало с цинком ($r = 0.96$), слабее – с медью ($r = 0.48$), статистической связи фосфора с барием не выявлено.

В фоновых образцах содержание основных элементов было существенно меньше (табл. 3). Корреляция фосфора с цинком и повышенное содержание этих элементов в западной части раскопа за пределами Структуры 8 свидетельствует об активном вовлечении этой части в хозяйственную деятельность во время функционирования памятника. При этом внутри самой Структуры 8, а также на участке Структуры 10 содержание цинка минимально или он отсутствует. Следует отметить, что химический состав фоновой почвы и местной глины различается содержанием бария и цинка при близком содержании магния, калия и меди (табл. 4): в глине повышено содержание бария и отсутствует цинк, тогда как в образцах фоновой почвы обратная картина – при повышенном содержании цинка отсутствует барий. Это объясняется сорбцией бария глинами [36; 37] и связью цинка с органическим веществом почвы [36; 38]. Можно полагать, что присутствие бария в образцах раскопа указывает на использование глины при создании глинобитных полов, обмазке стен и пр. В образцах раскопа барий присутствует практически повсеместно, за исключением образцов 1-1, 1-6 и 2-6.

Таблица 3. Содержание химических элементов в образцах раскопа А, местной глины и фоновых почв

Table 3. The content of chemical elements in samples of the trench A, local background soil and clay

Образец	Mg	K	Ba	Cu	Zn
	г/кг		мг/кг		
1-1	10.1	12.9	21.0	33.0	129.0
1-2	9.0	12.1	167.3	28.0	77.0
1-3	7.2	9.2	139.3	25.0	125.0
1-4	6.0	12.7	161.8	14.0	0.0
1-5	6.2	11.1	162.6	22.0	26.0
1-6	7.1	12.0	13.0	23.0	20.0
1-7	7.8	9.8	165.1	47.0	344.0
1-8	6.7	13.4	135.9	14.0	0.0
2-1	8.4	10.2	178.0	28.0	104.0
2-2	8.3	11.2	144.6	69.0	36.0
2-3	5.6	9.3	144.6	12.0	0.0
2-4	7.1	11.5	158.6	21.0	1.0
2-5	8.4	11.3	174.4	22.0	13.0
2-6	8.6	14.3	30.0	22.0	22.0
Глина	5.5	8.6	60.0	11.0	0.0
Локальный фон	5.9	4.9	0.0	9.0	53.5

По соотношению содержания цинка и бария выделяется восточная часть раскопа А, где преобладание бария в образцах указывает на наличие штукатурки обрушившихся стен и глинобитного пола (рис. 5). В южной части (образец 1-6) и западной части раскопа А за пределами Структуры 8 нарастает содержание калия, цинка и меди. Увеличение относительной доли содержания цинка и меди в образцах 1-6 и 2-6, а также следы золы и обжига указывают на функционирование очагов и сжигание древесного материала, повышенное содержание меди (образцы 1-6 и 2-2), возможно, связано с производством металлических изделий [21–24].

Биологические свойства культурного слоя 1 и культурного слоя 1а заметно отличались, что указывает на разный характер хозяйственной деятельности. Фосфатазная активность связана с деятельностью почвенных микроорганизмов и отражает интенсивность поступления в почву разнообразных органических соединений растительного и животного происхождения, содержащих фосфатные группы. При этом в зависимости от кислотности почвы может доминировать либо кислая, либо щелочная фосфатаза. Значительное поступление материалов антропогенной природы стимулирует микробиологическую активность, приводит к их минерализации и накоплению минеральной формы фосфора, а по мере исчерпания субстрата фосфатазная активность уменьшается [30]. Анализ ферментативной активности образцов позволяет характеризовать ее как весьма умеренную (рис. 6), ее можно рассматривать как сохранившийся след органического вещества, накопленного за время функционирования памятника.

В пределах раскопа активность щелочной и кислой фосфатаз существенно варьировала (CV 52% и 35% соответственно). Повышенной ферментативной активностью отличались образцы 2-3 и 2-5. В этих образцах содержание общего фосфора было умеренным, при этом в образце 2-4 доля органических форм фосфатов была максимальной (60%). Все эти образцы отличались повышенным содержанием бария (штукатурка стен и глинобитный пол) и минимальным содержанием цинка. Можно предполагать, что в этой части раскопа в почву поступало значительное количество разнообразного органического материала, и характер хозяйственной деятельности отличался от других изученных локаций.

Заключение

Поселение Артаниш-9 представляет собой типичный памятник куро-араксской культуры первой половины III тыс. до н.э. на территории Армении. Археологические данные и состав орудий труда свидетельствуют о том, что местная община занималась земледелием, скотоводством, охотой и, возможно, металлообработкой.

Частота встречаемости артефактов и химический анализ образцов культурного слоя позволил локализовать жилую зону и межжилищное пространство в пределах раскопа и выявить основные количественные характеристики химических свойств и биологической активности почв в пределах каждой зоны. Культурный слой внутри постройки отличается низкими значениями коэффициента антропогенного привноса и низкими значениями биологической активности. Это указывает на то, что в период функционирования памятника внутри постройки поддерживалась чистота и не происходило накопление мусора. В межжилищном пространстве, напротив, все призна-

ки накопления бытового мусора и отходов проявляются довольно отчетливо.

Основным источником материала для формирования культурного слоя в пределах постройки является глина, из которой были сделаны стены и пол жилища (культурный слой 1). Коэффициент антропогенного приноса здесь 0.6–2.9. Следует отметить практически полную идентичность глин постройки и местной глины рядом с памятником. В межжилищном пространстве (культурный слой 1а) следов глины значительно меньше, здесь явно видны следы привноса почвенного материала с высокой долей органики. Коэффициент антропогенного привноса составляет 5–10.

Впервые для памятников этого типа выявлено накопление гипса в культурном слое постройки. Предположительно, гипс мог использоваться для изготовления форм при металлообработке.

Финансирование. Исследование выполнено при финансовой поддержке КН РА и РФФИ (РФ) в рамках совместной научной программы 20RF-141 и №20-59-05001, соответственно.

Acknowledgements. This study was funded by RFBR and SC RA as part of the joint scientific program No. 20-59-05001 and 20RF-141, respectively.

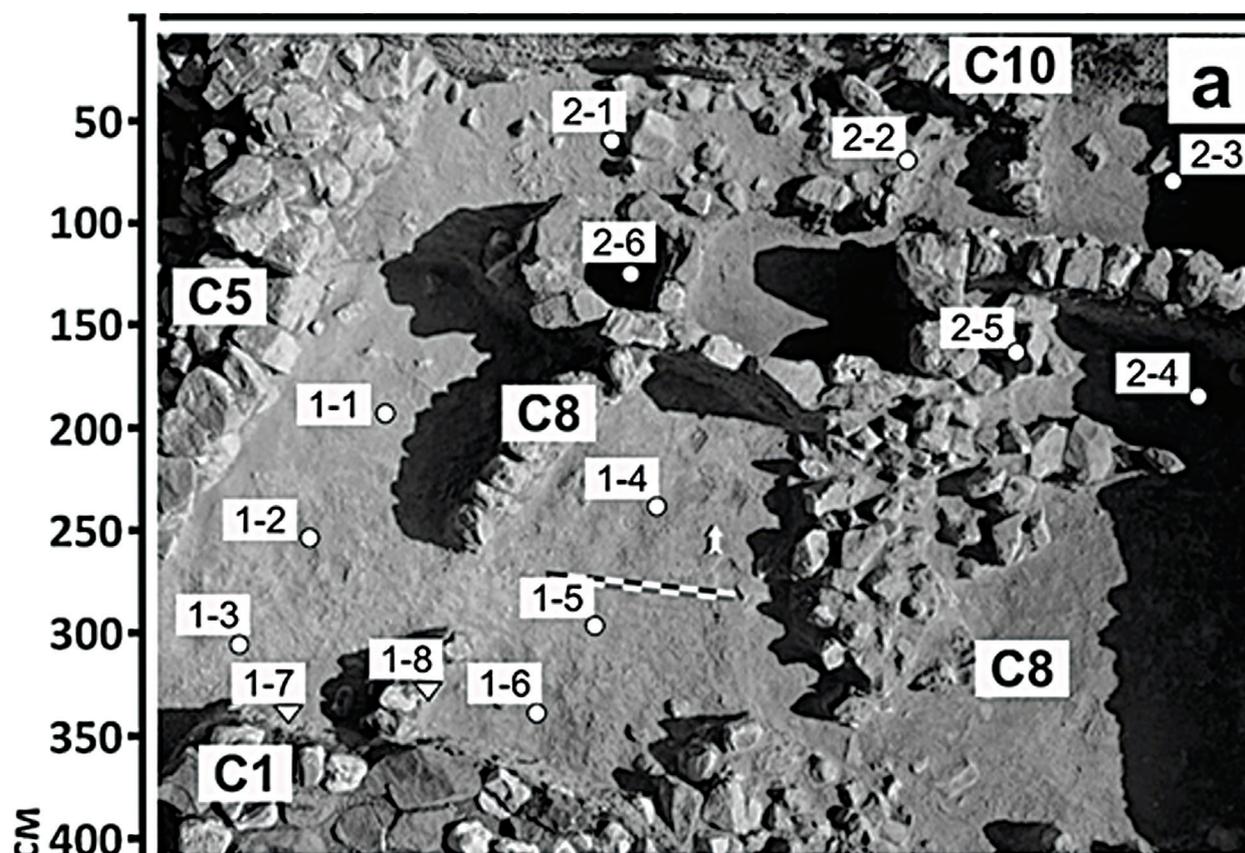


Рис. 1. Точки отбора образцов на раскопе А поселения Артаниш-9 (1-11-6, 2-1 2-6 – участки площадного отбора, 1-7 и 1-8 – отбор из стенок, С-5, С-8 и С-10 – номера структур)

Fig. 1. Sampling points in trench A of the Artanish-9 settlement (1-11-6, 2-1 2-6 sampling from the surface of cultural layer, 1-7 and 1-8 – sampling from the walls; C-5, C-8, and C-10 numbers of structures)

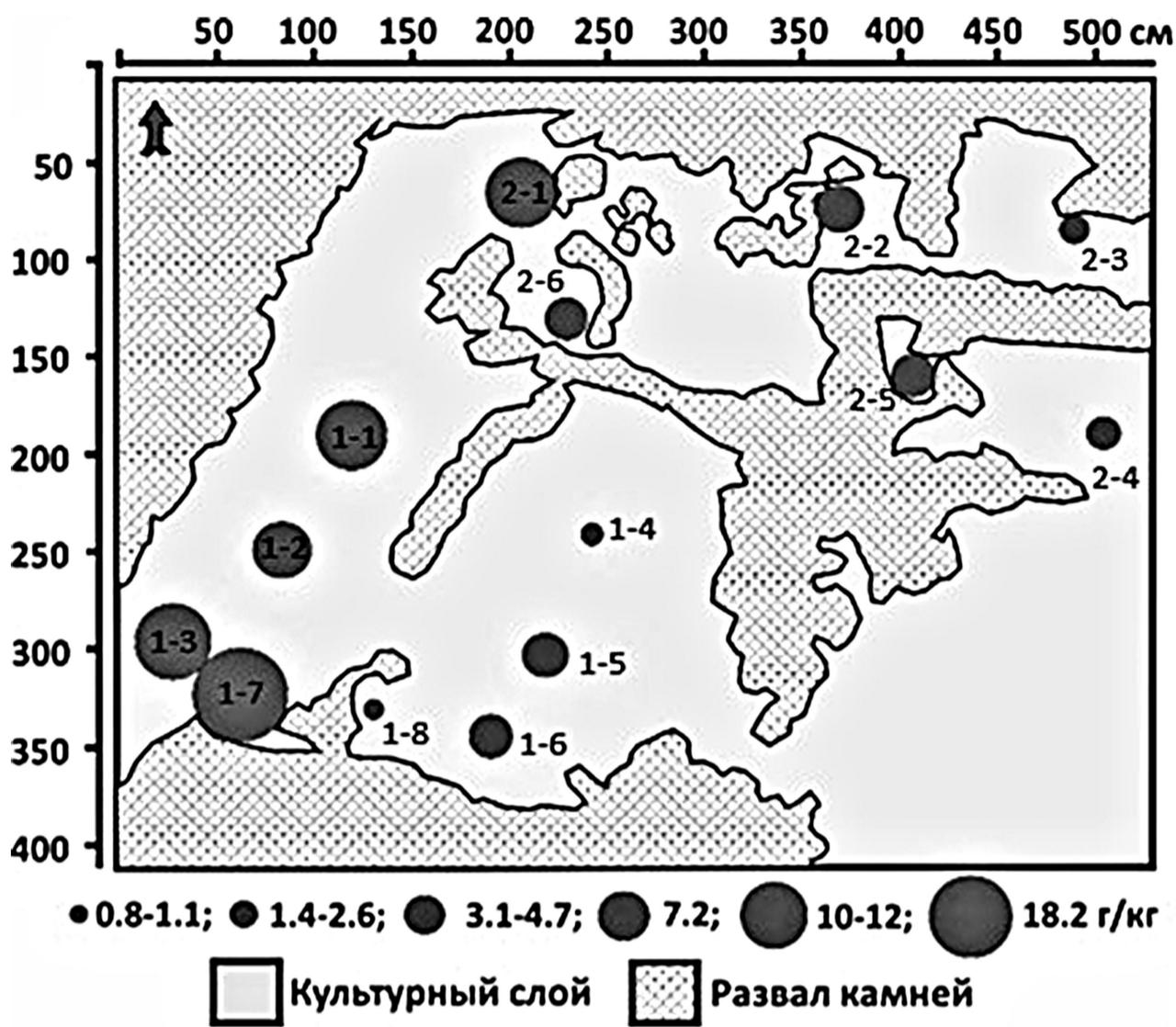


Рис. 2. Содержание фосфора в образцах культурного слоя раскопа А на поселении Артаниш-9

Fig. 2. The phosphorus content in the trench A of the Artanish-9 settlement

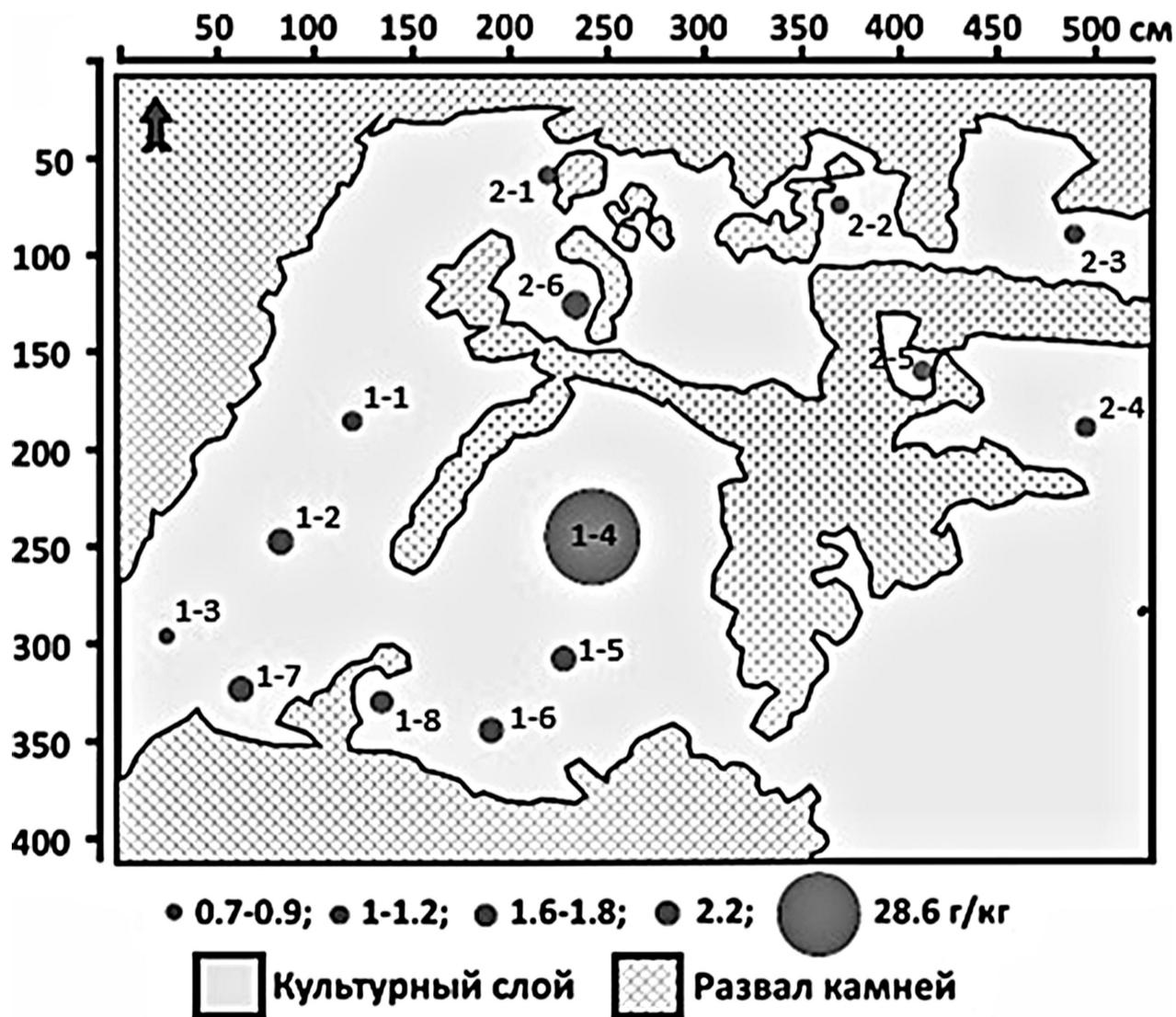


Рис. 3. Содержание серы в образцах культурного слоя раскопа А на поселении Артаниш-9

Fig. 3. The sulfur content in the trench A of the Artanish-9 settlement

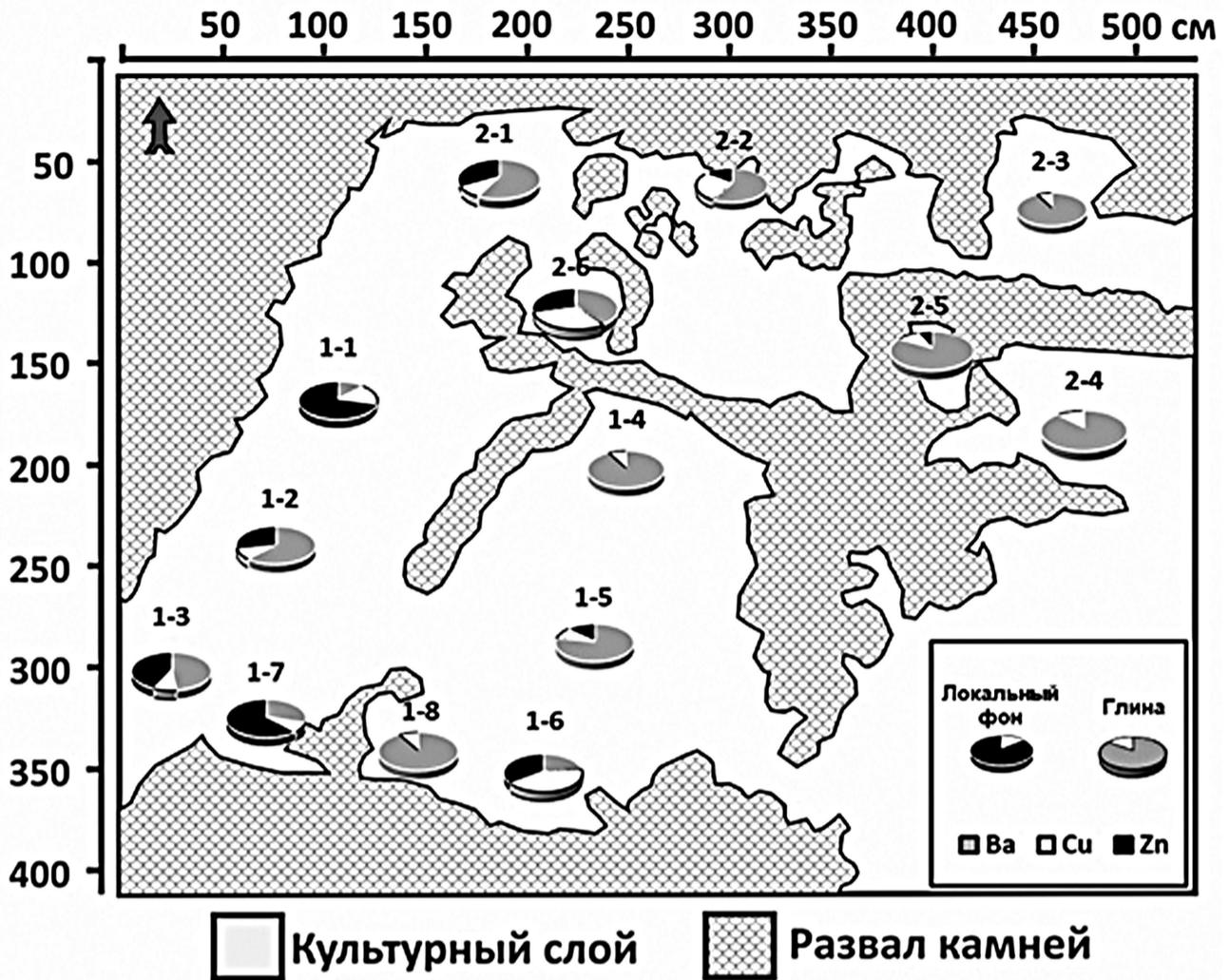


Рис. 4. Соотношение микроэлементов (мг/кг) в образцах раскопа А поселения Артаниш-9

Fig. 4. The ratios of trace elements (mg/kg) in the trench A of the Artanish-9 settlement

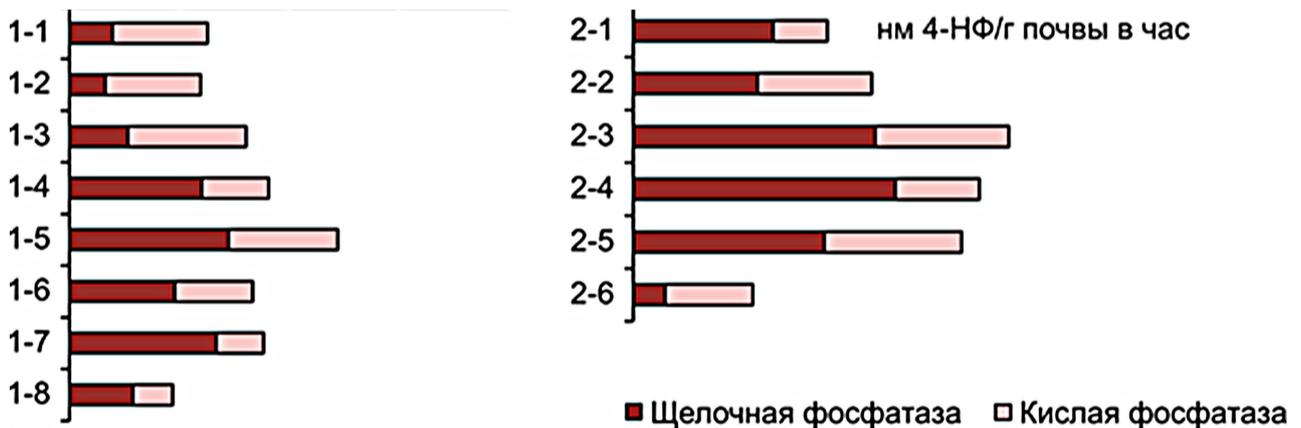


Рис. 5. Ферментативная активность на раскопе А поселения Артаниш-9: ЩФ – щелочная фосфатаза, КФ-кислая фосфатаза

Fig. 5. Enzymatic activity in the trench A of the Artanish-9 settlement: alkaline phosphatase (alk-P), acid phosphatase (acP)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

REFERENCES

1. Мартirosян А. Армения в эпоху бронзы и ранне-го железа. Ереван: АН Арм. ССР, 1964. – 314 с.
2. Smith A., Badalyan R., Pavelavetisyan P., Greene A., Minc L. The Foundations of Research and Regional Survey in the Tsaghkahovit Plain, Armenia // The Archaeology and Geography of Ancient Transcaucasian Societies. Chicago: Oriental Institute Publications. Series I. Eds Schramer, T. Urban, K. I. Jonson. 2009. V 1. №134. – 410 p.
3. Bisicione R., Hmayakyan S., Parmegiani N. The North-Eastern Frontier: Urartians and Non-Urartians in the Sevan Lake Basin, I // The Southern Shores, Roma:

1. Martirosyan A. *Armenia in the Bronze and Early Iron Age*. Yerevan: AN Arm. SSR, 1964.
2. Smith A., Badalyan R., Pavelavetisyan P., Greene A., Minc L. The Foundations of Research and Regional Survey in the Tsaghkahovit Plain, Armenia. *The Archaeology and Geography of Ancient Transcaucasian Societies*. Chicago: Oriental Institute Publications. Series I. Schramer, T. Urban, K. I. Jonson (eds.). 2009. V 1. No. 134.
3. Bisicione R., Hmayakyan S., Parmegiani N. The North-Eastern Frontier: Urartians and Non-Urartians in the Sevan Lake Basin, I. *The Southern Shores, Roma: CNR*

CNR Istituto di studi sulle civiltà dell'Egeo e del Vicino Oriente. Series: Documenta Asiana. 2002. V. VII, – 474 p.

4. Петросян Л. Лчашенский некрополь // Археологические памятники Армении. Ереван, 2018. – 22 с. (На Армянском).

5. Микаелян Г.А. Циклопические крепости Севанского бассейна // Археологические памятники Армении. «Памятники эпохи бронзы». Ереван, 1968. Т. 1. Вып 2. С. 45-46. (На Армянском).

6. Есаян С.А. Древняя культура племен северо-восточной Армении (III–I тыс. до н.э.) / под ред. Б.Б. Пиотровского. Ереван: Издательство АН Армянской ССР, 1976. Т. 1 – 271 с.

7. Kunze R., Bobokhyan A., Meliksetian Kh., Pernicka E., Wolf D. Archäologische Untersuchungen zur Umgebung der Goldgruben in Armenien mit Schwerpunkt Sotk, Provinz Gegharkunik // Veröffentlichungen des Landesamtes für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt-Landesmuseum für Vorgeschichte. 2011. V. 64. P. 17–49.

8. Kunze R., Bobokhyan A., Pernicka E., Meliksetian K. Projekt Ushkiani. Untersuchungen der Kulturlandschaft um das prähistorische Goldrevier von Sotk // Veröffentlichungen des Landesamtes für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt-Landesmuseum für Vorgeschichte. 2013. V. 67. P. 49–88.

9. Bobokhyan A., Kunze R. Ushkiani-Project: Preliminary Archaeological Investigations in the Lake Sevan Region, Armenia // Praehistorische Zeitschrift. 2021. V. 96(2) P. 500–510. <https://doi.org/10.1515/pz-2021-0012>.

10. Badalyan R. From Homogeneity to Heterogeneity. The Periodization and Chronology of Kura-Araxes: The View from Armenia. 2001, The Caucasus: Bridge between the Urban Centres in Mesopotamia and the Pontic Steppes in the 4th and 3rd millennium BC // The Transfer of Knowledge and Technologies Between East and West in the Bronze Age, Proceedings of the Caucasus Conference/Frankfurt am Main, November 28 – December 1, 2018. Giensch HVL, Hanse S, editors. Frankfurt: Schriftendes Archäologischen Museums. P. 211–222.

11. Kiguradze T., Sagona A.G. Origins of the Kura-Araxes Cultural Complex // Archaeology in the Borderlands: Investigation in Caucasia and Beyond, editors A.T. Smith, K.S. Rubinson. Los Angeles: Cotsen Institute of Archaeology, 2003. P. 38–94.

12. Аветисян П. Основные тенденции трансформации палеокультурной среды Армянского нагорья в эпоху ранней бронзы // Историко-филологический журнал. Ереван: «Гитутюн», 2012. №2. С. 3–19. (На Армянском).

13. Amiryanyan M., Kunze R., Hovhannisyan A., Melik-Adamyan H., Hovsepian R., Bobokhyan A. Eastern Shores of the Lake Sevan During the Early Bronze Age: Preliminary Reflections // “Badalyan Ruben and Perello Berengere (eds). The end of the Kura-Araxes Phenomenon. The Chrono-Cultural Aspect of the EB/MB Transition in the South Caucasus”. Brepols. 2022, *in press*.

14. Bobokhyan A., Khomutova T., Hovsepian R. “Soil memory” and “Cultural memory” of historical landscapes of Armenia: Launching of a multidisciplinary study of Bronze and Early Iron Age sites // Review of Armenian Studies. Yerevan: «Gitutyun», 2021. 2(26). P. 129–144.

Istituto di studi sulle civiltà dell'Egeo e del Vicino Oriente. Series: Documenta Asiana. 2002. V. VII.

4. Petrosyan L. Lchashensky necropolis. *Archaeological monuments of Armenia*. Yerevan, 2018. (In Armenian).

5. Mikaelyan GA. Cyclopean fortresses of the Sevan basin. *Archaeological monuments of Armenia. Monuments of the Bronze Age*. Yerevan, 1968; 1(2): 45-46. (In Armenian).

6. Yesayan SA. *Ancient culture of the tribes of north-eastern Armenia (III-I millennium BC)*. Ed. by B.B. Piotrovsky. Yerevan: Academy of Sciences of the Armenian SSR, 1976. Vol. 1.

7. Kunze R., Bobokhyan A., Meliksetian Kh., Pernicka E., Wolf D. Archäologische Untersuchungen zur Umgebung der Goldgruben in Armenien mit Schwerpunkt Sotk, Provinz Gegharkunik. *Veröffentlichungen des Landesamtes für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt-Landesmuseum für Vorgeschichte*. 2011, 64: 17–49.

8. Kunze R., Bobokhyan A., Pernicka E., Meliksetian K. Projekt Ushkiani. Untersuchungen der Kulturlandschaft um das prähistorische Goldrevier von Sotk. *Veröffentlichungen des Landesamtes für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt-Landesmuseum für Vorgeschichte*. 2013, 67: 49–88.

9. Bobokhyan A., Kunze R. Ushkiani-Project: Preliminary Archaeological Investigations in the Lake Sevan Region, Armenia. *Praehistorische Zeitschrift*. 2021, 96(2): 500–510. <https://doi.org/10.1515/pz-2021-0012>.

10. Badalyan R. From Homogeneity to Heterogeneity. The Periodization and Chronology of Kura-Araxes: The View from Armenia. 2001, The Caucasus: Bridge between the Urban Centers in Mesopotamia and the Pontic Steppes in the 4th and 3rd millennium BC. *The Transfer of Knowledge and Technologies Between East and West in the Bronze Age, Proceedings of the Caucasus Conference/Frankfurt am Main, November 28 – December 1, 2018*. Giensch HVL, Hanse S. (eds.). Frankfurt: Schriftendes Archäologischen Museums: 211–222.

11. Kiguradze T., Sagona A.G. Origins of the Kura-Araxes Cultural Complex. In: A.T. Smith, K.S. Rubinson (eds.). *Archeology in the Borderlands: Investigation in Caucasia and Beyond*. Los Angeles: Cotsen Institute of Archaeology, 2003: 38–94.

12. Avetisyan P. Main trends in the transformation of the paleocultural environment of the Armenian Highlands in the Early Bronze Age. *Historical and Philological Journal*. Yerevan: Gitutyun. 2012, 2: 3–19. (In Armenian).

13. Amiryanyan M., Kunze R., Hovhannisyan A., Melik-Adamyan H., Hovsepian R., Bobokhyan A. Eastern Shores of the Lake Sevan During the Early Bronze Age: Preliminary Reflections. In: Badalyan Ruben and Perello Berengere (eds). *The end of the Kura-Araxes Phenomenon. The Chrono-Cultural Aspect of the EB/MB Transition in the South Caucasus*. Brepols, 2022. (*in press*).

14. Bobokhyan A., Khomutova T., Hovsepian R. “Soil memory” and “Cultural memory” of historical landscapes of Armenia: Launching of a multidisciplinary study of Bronze and Early Iron Age sites. *Review of Armenian Studies*. Yerevan: Gitutyun, 2021, 2(26): 129–144.

15. Hovsepian R., Khomutova T., Bobokhyan A. Prospects for the use of “soil memory” in archaeological research using the example of the Sotk and Artanish monu-

15. Овсепян Р., Хомутова Т., Бобохян А. Перспективы использования «памяти почв» в археологических исследованиях на примере памятников Сотка и Артагиша (методический обзор) // Сотк: культурная память земли. Ереван: Издательство ИАЭ, 2022. С. 34–41. (На Арм.).
16. Таргульян В.О., Бронникова М.А. Память почв: теоретические основы концепции, современное состояние и перспективы развития // Почвоведение. 2019. № 3. С. 259–275. DOI: 10.1134/S0032180X19030110.
17. Wilson C.A., Davidson D.A., Cresser M.S. Multi-element soil analysis: an assessment of its potential as an aid to archaeological interpretations // Journal of Archaeological Science. 2008. V.35. P. 412–424. DOI: 10.1016/j.jas.2007.04.006.
18. Gall M.J. It's elemental! A case study in the use of multi-element geochemical analysis as an aid in locating cultural features at the foundations site // Northeast Historical Archaeology. 2012. V. 41. P. 1–29.
19. Bintliff J., Degryse P. A review of soil geochemistry in archaeology // Journal of Archaeological Science: Reports. 2022. V. 43. 103419. DOI: 10.16/j.jasrep.2022.103419.
20. Oonk S., Slomp C.P., Huisman D.J. Geochemistry as an aid in archaeological prospection and site interpretation: current issues and research directions // Archaeological Prospection. 2009. V. 16. P. 35–51.
21. Entwistle J.A., Abrahams P.W., Dodgshon R.A. Multi-element analysis of soils from Scottish historical sites, interpreting land-use history through the physical and geochemical analysis of soil // Journal of Archaeological Science. 1998. V. 25. P. 53–68. DOI:0305-4403/98/010053+16 \$25.00/0/as970199.
22. Smeida L., Hejeman M., Horak J., Shai I. Ancient settlement activities as important sources of nutrients (P, K, S, Zn and Cu) in Eastern Mediterranean ecosystems The case of biblical Tel Burna, Israel // Catena. 2017. V. 156. P. 63–73.
23. Pastor A., Gallelo G., Cervera M.L., Guardia M. Mineral soil composition interfacing archaeology and chemistry // Trends in Analytical chemistry. 2016. V. 78. P.48–59.
24. Hjulstrom B., Isaksson S. Identification of activity area signatures in a reconstructed Iron Age house by combining element and lipid analyses of sediments // Journal of Archaeological Science. 2009. V.36. P. 174–183.
25. Александровский А.Л., Александровская Е.И., Долгих А.В., Замотаев И.В., Курбатова А.Н. Почвы и культурные слои древних городов юга Европейской России // Почвоведение. 2015. №11. С. 1291–1301.
26. Борисов А.В., Демкина Т.С., Каширская Н.Н., Хомутова Т.Э., Чернышева Е.В. Биологическая память почв об изменениях условий почвообразования и антропогенной деятельности в прошлом: микробная и ферментная составляющие // Почвоведение. 2021. № 7. С. 1–13. DOI: 10.31857/S0032180X21070029.
27. Margesin R., Siles J., Cajthaml T., Öhlinger B., Kistler E. Microbiology Meets Archaeology: Soil Microbial Communities Reveal Different Human Activities at Archaic Monte Iato (Sixth Century BC) // Microbial Ecology. 2016. V. 73(4). P. 925–938. DOI:10.1007/s00248-016-0904-8.
28. Peters S., Borisov A., Reinhold S., Korobov D., Thiemeyer H. Microbial characteristics of soils depending on the human impact on archaeological sites in the Northern Caucasus. *Quaternary International*. 2014, 324(4): 162–171. DOI: 10.1016/j.quaint.2013.11.020.
29. Chernysheva E., Korobov D., Khomutova T., Fornasier F., Borisov A. Soil microbiological properties in livestock corrals: An additional new line of evidence to identify (methodological review). *Sotk: cultural memory of the earth*. Yerevan: IAE Publ., 2022: 34–41. (In Armenian).
16. Targulyan VO., Bronnikova MA. Soil memory: theoretical foundations of the concept, current state and development prospects. *Pochvovedenie*. 2019, 3: 259–275. DOI: 10.1134/S0032180X19030110.
17. Wilson CA., Davidson DA., Cresser MS. Multi-element soil analysis: an assessment of its potential as an aid to archaeological interpretations. *Journal of Archaeological Science*. 2008, 35: 412–424. DOI: 10.1016/j.jas.2007.04.006.
18. Gall MJ. It's elemental! A case study in the use of multi-element geochemical analysis as an aid in locating cultural features at the foundations site. *Northeast Historical Archaeology*. 2012, 41: 1–29.
19. Bintliff J., Degryse P. A review of soil geochemistry in archaeology. *Journal of Archaeological Science: Reports*. 2022, 43. 103419. DOI: 10.16/j.jasrep.2022.103419.
20. Oonk S., Slomp C.P., Huisman D.J. Geochemistry as an aid in archaeological prospection and site interpretation: current issues and research directions. *Archaeological Prospection*. 2009, 16: 35–51.
21. Entwistle JA., Abrahams PW., Dodgshon RA. Multi-element analysis of soils from Scottish historical sites, interpreting land-use history through the physical and geochemical analysis of soil. *Journal of Archaeological Science*. 1998, 25: 53–68. DOI:0305-4403/98/010053+16 \$25.00/0/as970199.
22. Smeida L., Hejeman M., Horak J., Shai I. Ancient settlement activities as important sources of nutrients (P, K, S, Zn and Cu) in Eastern Mediterranean ecosystems. The case of biblical Tel Burna, Israel. *Catena*. 2017, 156: 63–73.
23. Pastor A., Gallelo G., Cervera M.L., Guardia M. Mineral soil composition interfacing archeology and chemistry. *Trends in Analytical chemistry*. 2016, 78: 48–59.
24. Hjulstrom B., Isaksson S. Identification of activity area signatures in a reconstructed Iron Age house by combining element and lipid analyzes of sediments. *Journal of Archaeological Science*. 2009, 36: 174–183.
25. Aleksandrovsky AL., Aleksandrovskaya EI., Dolgikh AV., Zamotaev IV., Kurbatova AN. Soils and cultural layers of ancient cities in the south of European Russia. *Pochvovedenie*. 2015, 11: 1291–1301.
26. Borisov AV., Demkina TS., Kashirskaya NN., Khomutova TE., Chernysheva EV. Biological memory of soils about changes in the conditions of soil formation and anthropogenic activity in the past: microbial and enzymatic components. *Pochvovedenie*. 2021, 7: 1–13. DOI: 10.31857/S0032180X21070029.
27. Margesin R., Siles J., Cajthaml T., Öhlinger B., Kistler E. Microbiology Meets Archaeology: Soil Microbial Communities Reveal Different Human Activities at Archaic Monte Iato (6th c. BC). *Microbial Ecology*. 2016, 73(4): 925–938. DOI:10.1007/s00248-016-0904-8.
28. Peters S., Borisov A., Reinhold S., Korobov D., Thiemeyer H. Microbial characteristics of soils depending on the human impact on archaeological sites in the Northern Caucasus. *Quaternary International*. 2014, 324(4): 162–171. DOI: 10.1016/j.quaint.2013.11.020.
29. Chernysheva E., Korobov D., Khomutova T., Fornasier F., Borisov A. Soil microbiological properties in livestock corrals: An additional new line of evidence to identify

on the human impact on archaeological sites in the Northern Caucasus // *Quaternary International*. 2014. V. 324(4). P. 162–171 doi: 10.1016/j.quaint.2013.11.020.

29. Chernysheva E., Korobov D., Khomutova T., Fornasier F., Borisov A. Soil microbiological properties in livestock corrals: An additional new line of evidence to identify livestock dung // *Journal of Archaeological Science: Reports*. 2021. V. 37. P. 103012. DOI: 10.1016/j.jasrep.2021.103012.

30. Saunders W.M., Williams E.G. Observations on the determination of total organic phosphorus in soils // *Journal of Soil Science*. 1955. V.6(2). P. 254–267.

31. Потاپова А.В., Пинской В.Н., Гак Е.И., Каширская Н.Н., Борисов А.В. Изменчивость свойств культурного слоя поселения эпохи бронзы Ксизово-1 в лесостепном Подонье // *Российская археология*. 2020. №1. С. 60–75.

32. Margenot A.J., Nakayama Y., Parikh S.J. Methodological recommendations for optimizing assays of enzyme activities in soil samples // *Soil Biology and Biochemistry*. 2018. V. 125. P. 350–360. DOI: 10.1016/j.soilbio.2017.11.006.

33. Schinner F., Kandeler E., Ohlinger R., Margesin R. *Methods in Soil Biology*. New-York: Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1996.

34. Nannipieri, P., Giagnoni, L., Landi, L., Renella, G. Role of Phosphatase Enzymes in Soil / Editors E. Bünemann, A. Oberson, E. Frossard. *Phosphorus in Action. Soil Biology*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2011. V. 26. https://doi.org/10.1007/978-3-642-15271-9_9.

35. Словарь античности. М.: Прогресс, 1989. С.143.

36. Водяницкий Ю.Н. Тяжелые и сверхтяжелые металлы в загрязненных почвах. М.: ГНУ Почвенный Институт им. В.В. Докучаева, 2009. – 95 с.

37. Бабкина О.А. Гидрохимия стронция и бария в хлоридно-натриевых минеральных водах и рассолах бассейна среднего течения р. Хопер // *Вестник ВГУ, серия Биология*. 2011. Т. 31. С. 236–240.

38. Филобок М.Л. Динамика валового и подвижного цинка в системе агроландшафта: автореферат дисс. канд. биол. наук. Краснодар, 2006. – 24 с.

livestock dung. *Journal of Archaeological Science: Reports*. 2021, 37: 103012. DOI: 10.1016/j.jasrep.2021.103012.

30. Saunders W.M., Williams E.G. Observations on the determination of total organic phosphorus in soils. *Journal of Soil Science*. 1955, 6(2): 254–267.

31. Potapova AV., Pinsky VN., Gak EI., Kashirskaya NN., Borisov AV. Variability of the properties of the cultural layer of the Bronze Age settlement Ksizovo-1 in the forest-steppe Don region. *Rossiyskaya Arheologiya*. 2020, 1: 60–75.

32. Margenot AJ., Nakayama Y., Parikh SJ. Methodological recommendations for optimizing assays of enzyme activities in soil samples. *Soil Biology and Biochemistry*. 2018, 125: 350–360. DOI: 10.1016/j.soilbio.2017.11.006.

33. Schinner F., Kandeler E., Ohlinger R., Margesin R. *Methods in Soil Biology*. New-York: Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1996.

34. Nannipieri, P., Giagnoni, L., Landi, L., Renella, G. Role of Phosphatase Enzymes in Soil. In: E. Bünemann, A. Oberson, E. Frossard (eds). *Phosphorus in Action. Soil Biology*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2011. V. 26. https://doi.org/10.1007/978-3-642-15271-9_9.

35. Dictionary of Antiquity. Moscow: Progress, 1989. P. 143. (In Russ.)

36. Vodyanitsky YuN. Heavy and superheavy metals in contaminated soils. Moscow: GNU Soil Institute, 2009. (In Russ.)

37. Babkina OA. Hydrochemistry of strontium and barium in sodium chloride mineral waters and brines of the middle reaches of the River Koper. *Vestnik of VSU, Biology series*. 2011, 31: 236–240. (In Russ.)

38. Filobok ML. Dynamics of gross and mobile zinc in the agricultural landscape system: abstract of PhD dissertation. Krasnodar, 2006. (In Russ.)

Поступила в редакцию 09.03.2023 г.

Принята в печать 27.05.2023 г.

Опубликована 15.09.2023 г.

Received 09.03.2023

Accepted 27.05.2023

Published 15.09.2023