ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫХ МЕТОДОВ В АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

USE OF NATURAL-SCIENTIFIC METHODS IN ARCHAEOLOGICAL RESEARCH

Научная статья / Research Article
УДК 903.05(470.56):549
https://doi.org/10.14258/tpai(2026)38(3).-09
EDN: OTTQDJ

МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПОЗДНЕГО БРОНЗОВОГО ВЕКА НА ИВАНОВСКОМ ПОСЕЛЕНИИ (ЗАПАДНОЕ ОРЕНБУРЖЬЕ)

Максим Николаевич Анкушев[1]*, Ильдар Асхатович Файзуллин[2], Дмитрий Александрович Артемьев[1], Павел Витальевич Хворов[1], Иван Александрович Блинов[1]

[1]Южно-Уральский федеральный научный центр минералогии и геоэкологии УрО РАН, Миасс, Россия;
ankushev_maksim@mail.ru, https://orcid.org/0000–0001–9628–5546
artemyev@mineralogy.ru, https://orcid.org/0000–0003–1813–8932
ivan_a_blinov@mail.ru, https://orcid.org/0000–0001–7397–4760
khvorov@mineralogy.ru, https://orcid.org/0009–0003–3732–4527

[2]Оренбургский государственный педагогический университет, Оренбург, Россия;
ildar-1988@mail.ru, https://orcid.org/0000–0002–0243–8183

**Автор, ответственный за переписку*

Резюме. По данным материалов археологических раскопок, типологии бытовой керамики и металлических изделий, радиоуглеродного датирования и минералого-геохимических исследований медных руд и шлаков охарактеризована металлургия позднего бронзового века на Ивановском поселении в Западном Оренбуржье. По данным радиоуглеродного УМС-датирования ямы с металлургическими шлаками на поселении относятся к 1-й половине XIX — концу XVIII в. до н.э. В керамическом комплексе позднего бронзового века на поселении выделяются синташтинско-абашевская, раннесрубная и срубная культурные группы. Металлургические шлаки относятся к стекловатому типу, реликтовые включения представлены кварцем, сульфи-

© M.N. Ankushev, I.A. Faizullin, D.A. Artemyev et al.

дами, баритом, фрагментами окремненной древесины, что характерно для руд месторождений медистых песчаников Предуралья. По данным ЛА-ИСП-МС выплавленная на поселении медь содержала низкое количество примесей, маркером местного металла являются повышенные содержания Ag и Se, при низких содержаниях Co, Ni, Zn, Sn, Sb, Te, Au и Bi. Металлургический комплекс Ивановского поселения обладает технологическими и типологическими признаками металлопроизводства срубной культуры. В качестве основного сырья предполагаются местные богатые сульфидно-карбонатно-сульфатные руды медистых песчаников.

Ключевые слова: поздний бронзовый век, древняя металлургия меди, Южное Предуралье, срубная культура, УМС-датирование, металлургический шлак, медистые песчаники

Благодарности: авторы благодарят С.А. Григорьева за предоставление образцов медной руды для исследований и Ф.Н. Петрова за консультацию по типологии металлических предметов. Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 23–68–10006 «Этнокультурные процессы в бронзовом и раннем железном веке в свете междисциплинарных исследований в Южном Приуралье». Минералого-геохимические исследования выполнены в рамках бюджетной темы ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН № 125013101191–9.

Для цитирования: Анкушев М. Н., Файзуллин И. А., Артемьев Д. А., Хворов П. В., Блинов И. А. Металлургический комплекс позднего бронзового века на Ивановском поселении (Западное Оренбуржье) // Теория и практика археологических исследований. 2026. Т. 38, № 3. С. 177–197. https://doi.org/: 10.14258/tpai(2026)38(3).-09

LATE BRONZE AGE METALLURGICAL COMPLEX AT THE IVANOVSKOE SETTLEMENT (WESTERN ORENBURG REGION)

Maksim N. Ankushev[1*], Ildar A. Faizullin[2], Dmitry A. Artemyev[1], Pavel V. Khvorov[1], Ivan A. Blinov[1]

[1]South Urals Federal Research Center of Mineralogy and Geoecology UB RAS, Miass, Russia;
ankushev_maksim@mail.ru, https://orcid.org/0000–0001–9628–5546
artemyev@mineralogy.ru, https://orcid.org/0000–0003–1813–8932
ivan_a_blinov@mail.ru, https://orcid.org/0000–0001–7397–4760
khvorov@mineralogy.ru, https://orcid.org/0009–0003–3732–4527

[2]Orenburg State Pedagogical University, Orenburg, Russia;
ildar-1988@mail.ru, https://orcid.org/0000–0002–0243–8183

**Corresponding author*

Abstract. Based on archaeological excavation materials, the article discusses typology of household ceramics and metal items, radiocarbon dating and mineralogical and geochemical studies of copper ores and slags, the metallurgy of the Late Bronze Age at the Ivanovskoe settlement in Western Orenburg. According to AMS radiocarbon dating, pits containing metallurgical slag at the settlement date to the first half of the 19th to the late 18th centuries BC. The Late Bronze Age ceramic complex at the settlement is composed of the Sintashta-Abashevo, Early Srubnaya, and Srubnaya cultural groups. The metallurgical slag is glassy, with relic inclusions consisting of quartz, sulfides, barite, and fragments of silicified wood, characteristic of ores from Cis-Urals copper sandstone deposits. According to LA-ICP-MS data, copper smelted at the settlement contained low levels of impurities. High Ag and Se contents, along with low Co, Ni, Zn, Sn, Sb, Te, Au, and Bi contents, are indicators of local metal production. The metallurgical complex of the Ivanovskoe settlement displays technological and typological characteristics of Srubnaya metal production. Local, rich sulfide-carbonate-sulfate ores of copper sandstones are believed to have served as the primary raw material.

© М.Н. Анкушев, И.А. Файзуллин, Д.А. Артемьев и др.

Keywords: Late Bronze Age, ancient copper metallurgy, Southern Cis-Urals, Srubnaya culture, AMS dating, metallurgical slag, copper sandstones

Acknowledgments: the authors thank S.A. Grigoriev for providing copper ore samples for research and F.N. Petrov for consultation on the metal items typology. This work was supported by the Russian Science Foundation grant № 23–68–10006 "Ethnocultural Processes in the Bronze and Early Iron Ages in the Light of Interdisciplinary Research in the Southern Urals". The mineralogical and geochemical studies were carried out within the framework of the SU FRC MG UB RAS budgetary theme № 125013101191–9.

For citation: Ankushev M.N., Faizullin I.A., Artemyev D.A., Khvorov P.V., Blinov I.A. Late Bronze Age Metallurgical Complex at the Ivanovskoe Settlement (Western Orenburg Region). *Teoriya i praktika arheologicheskih issledovanij = Theory and Practice of Archaeological Research*. 2026;38(3):177–197. (In Russ.). https://doi.org/10.14258/tpai(2026)38(3).-09

Введение

Развитие горного дела и металлургии в Предуралье было обеспечено крупной рудной базой стратиформных месторождений медистых песчаников (Феоктистов, 2000). Свидетельства отработки местной руды в энеолите, раннем и среднем бронзовом веке пока выявлены на очень небольшом количестве памятников (Каргалы, 2002; Богданов, 2004, с. 176; Григорьев, 2013, с. 313–314; Моргунова, Файзуллин, 2021). Достоверно установлено, что большая часть металлургических шлаков, металлических слитков и готовых изделий, найденных на раскопанных здесь одно- и многослойных поселениях, имеет сходные типологические, технологические и минералого-геохимические маркеры, указывающие на принадлежность к срубной культуре позднего бронзового века (Черных, 1970, с. 50–73; Кузьминых, 2004; Григорьев, 2013; с. 317–350; Анкушев, Файзуллин, 2025). Тем не менее на многослойных поселениях существуют отклонения от типичных «срубных» продуктов металлургии, которые предполагают использование других типов сырья или отличной технологии выплавки металла. Актуальны также исследования коллекций прошлых лет, когда фиксация продуктов металлургии в культурном слое зачастую не была детальной. В этом случае единственным способом их классификации являются минералого-геохимические методы. Основной целью нашей работы стала характеристика металлургического комплекса Ивановского поселения в контексте металлопроизводства позднего бронзового века Южного Предуралья. Задачи работы включали радиоуглеродное УМС-датирование объектов с рудами и шлаками, их минералого-геохимическая характеристика, определение возможного источника сырья.

Археологическая характеристика

Ивановское поселение находится в 5 км к югу от с. Ивановка и в 1,5 км к северо-востоку от с. Юлты Оренбургской области, на правобережье р. Ток (рис. 1). Памятник был исследован отрядом Оренбургского государственного педагогического университета под руководством Н.Л. Моргуновой (Моргунова, Порохова, 1989, с. 160–172). Раскопки на поселении проводились с 1977 по 1982 г., за это время исследовано более 2000 м^2. На памятнике прослежены культурные слои эпох неолита (волго-уральская культура по Н.Л. Моргуновой), энеолита (самарская культура) и позднего бронзового века (синташтинско-абашевская культурная группа, раннесрубная культурная группа, срубная культурная группа) (Евгеньев, 2017; Файзуллин, 2017; 2022, с. 89–90, 245).

© M.N. Ankushev, I.A. Faizullin, D.A. Artemyev et al.

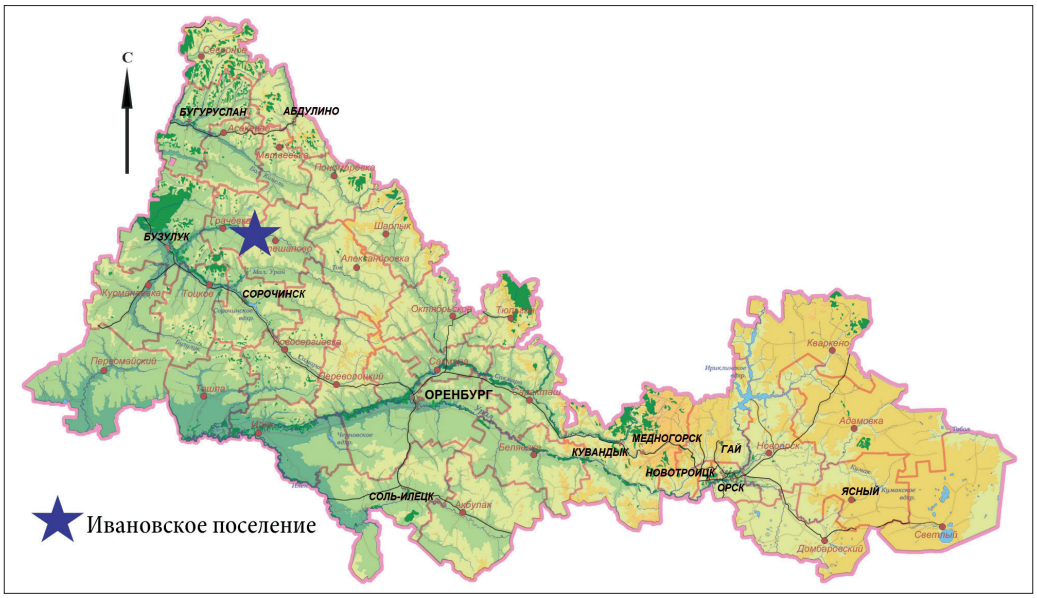


Рис. 1. Расположение Ивановского поселения на карте Оренбургской области
Fig. 1. Location of the Ivanovskoe settlement on the Orenburg region map

На площади поселения было обнаружено две постройки. Постройка 1 зафиксирована на глубине 156–160 см от нулевой отметки на переходе от энеолитического горизонта к неолитическому. Пятно размером 10,8×6,2 м имело овальные очертания и обозначалось полосой золы с кусочками угля. Постройка 2 обнаружена на глубине 92 см от нулевой отметки. Пятно размером 6×3,2 м имело подпрямоугольные очертания, вытянутые по оси Ю–С, и выделялось желтым цветом на фоне нижележащего слоя. На глубине 108–110 см от нулевой отметки пятно уменьшилось до размеров 2,4×2,6 м.

Оба жилища являлись наземными бесстолбовыми постройками, практически не заглубленными в материк. Стратиграфическое положение и типология керамики указывает на их принадлежность к срубной культуре. В степной части Евразии отмечено большое количество наземных бесстолбовых построек, однако именно в Оренбуржье они доминируют (Файзуллин, 2024, с. 44–67).

Керамика позднего бронзового века на поселении морфологически делилась на три группы, выделенные на основе верхних частей и целых форм от 308 сосудов:

Синташтинско-абашевская культурная группа (рис. 2.-*1*) состоит из 30 фрагментов от 16 сосудов, что составляет 5,2% от общего количества керамики. На ряде сосудов фиксируется утолщенный венчик и ребристый профиль, у двух наблюдается рельефный выдавленный валик под венчиком. Некоторые сосуды отличаются внутренним ребром и желобком по шейке. Техника орнаментации в большинстве случаев резная или выполнена вдавлениями мелкозубчатого штампа. Данная группа демонстрирует элементы как синташтинской, так и абашевской культур. Очень часто по фрагментам верхних частей сосудов сложно выделить признаки той или иную культуры. В данном случае название куль-

© М.Н. Анкушев, И.А. Файзуллин, Д.А. Артемьев и др.

турной группы носит характер хронологического маркера, который относит данную группу к самому началу позднего бронзового века (Молодин, Епимахов, Марченко, 2014, с. 139).

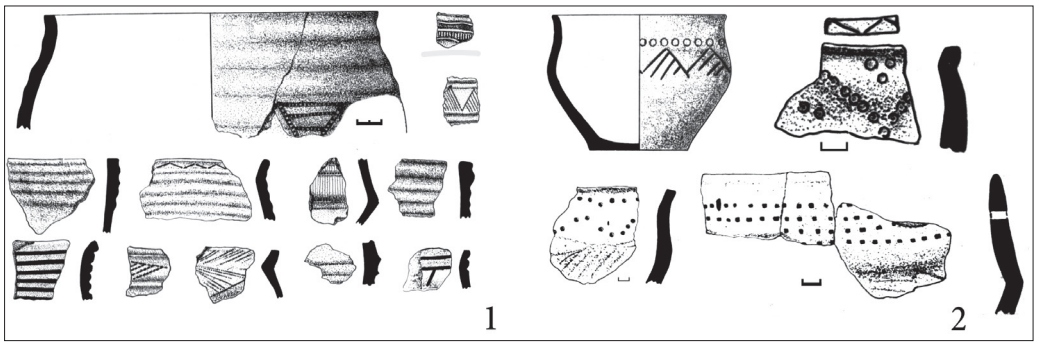


Рис. 2. Синташтинско-абашевская (1) и раннесрубная (2) культурная группа керамики позднего бронзового века Ивановского поселения (Моргунова, Порохова, 1989)

Fig. 2. Sintashta-Abashevo (1) and early Srubnaya (2) cultural group of ceramics of the Late Bronze Age Ivanovskoe settlement (Morgunova, Porokhova, 1989)

Раннесрубная культурная группа (рис. 2.-*2*) представлена 30 сосудами, которые составляют 9,7% от общего количества керамики. В 25 случаях отмечаются четкие расчесы по тулову, на остальных пяти сосудах орнамент нанесен полой трубочкой, что является распространенным вариантом декорирования на раннем этапе срубной культуры.

Срубная культурная группа (рис. 3) представлена 262 сосудами и образует самый массовый материал на поселении. Более половины сосудов не орнаментированы. Самыми распространенными элементами орнамента являются: заштрихованные треугольники, ромбы, зигзаги, горизонтальные линии, прочерченные в один, два, реже в три ряда. Орнамент нанесен средне- и крупнозубчатым штампом. Декор данной группы значительно уступает сосудам раннего этапа срубной культуры по наполнению орнаментальными композициями.

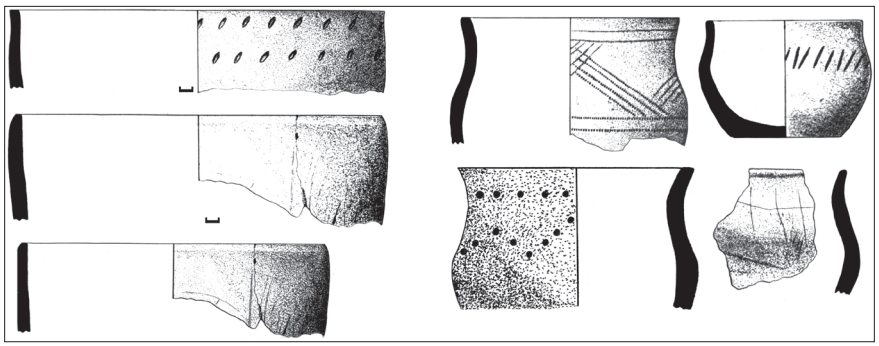


Рис. 3. Срубная культурная группа керамики позднего бронзового века Ивановского поселения (Моргунова, Порохова, 1989)

Fig. 3. Srubnaya cultural group of ceramics of the Late Bronze Age Ivanovskoe settlement (Morgunova, Porokhova, 1989)

© M.N. Ankushev, I.A. Faizullin, D.A. Artemyev et al.

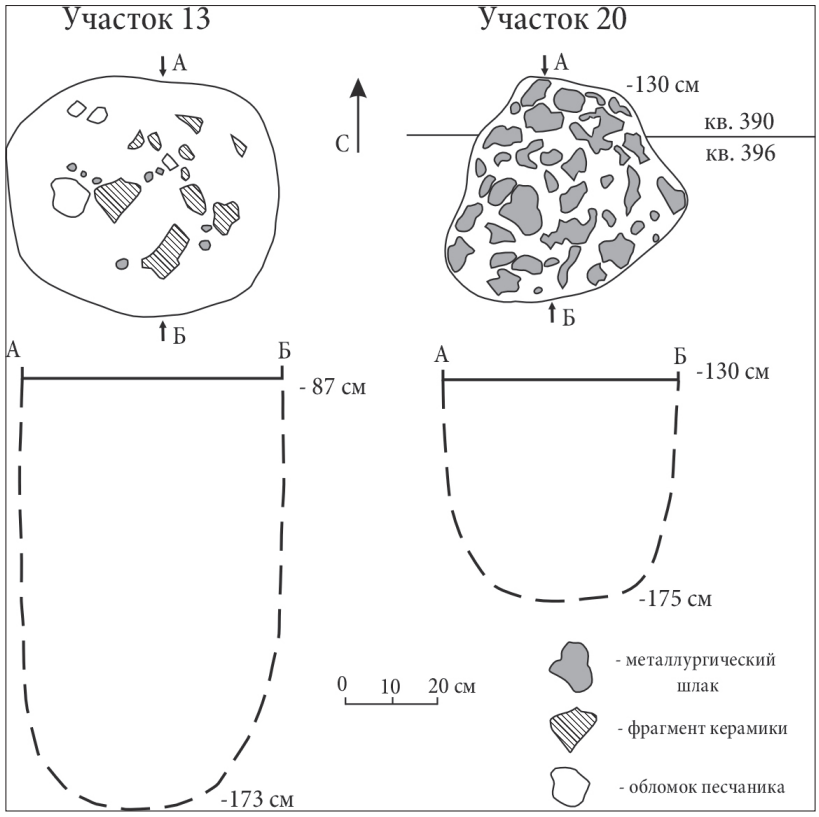


Рис. 4. Ямы со шлаками на поселении Ивановское

Fig. 4. Slag pits in the Ivanovskoe settlement

На Ивановском поселении фиксируются следы активной металлургической деятельности, в большом количестве встречаются шлаки, причем они распространены равномерно как в постройках, так и за их пределами. На северо-восточном фланге памятника вне построек обнаружены ямы с металлургическими шлаками и фрагментами медной руды. Яма со шлаками на участке 13 имела округлые очертания диаметром 50 см и глубиной 87 см (рис. 4). Верхние очертания ямы зафиксированы в срубном слое, ниже прорезают энеолитический. В яме обнаружен керамический сосуд срубной культуры. Яма со шлаками на участке 20 (размеры 50×50 см, глубина 45 см) также фиксируется в слое с преобладанием керамики срубной культуры. Яма со шлаками диаметром 60–70 см и глубиной 14–18 см выявлена также на участке 24. Все три ямы ориентированы вдоль одной линии с севера на юг, на равном расстоянии друг от друга. На участке 25 зафиксирована яма с фрагментами медной руды (размеры 80×60 см, глубина 15–20 см), на дне которой отмечена угольная прослойка. В яме выявлены сосуды срубной культуры с ошлакованными стенками. Использование бытовой посуды для целей металлообработки отмечено на ряде поселений срубной культуры, связанных с металлургией. Обычно ошлакованная посуда интер-

© М.Н. Анкушев, И.А. Файзуллин, Д.А. Артемьев и др.

претируется как плавильные чаши (Пряхин, Саврасов, 1993, с. 52–71; Луньков, 2004, с. 70). Аналогии представленным ямам со шлаками известны на Покровском поселении, расположенном в Оренбургском Предуралье (Порохова, 1989; Файзуллин и др., 2023). Функциональное назначение ям со шлаками является дискуссионным. Наиболее правдоподобной версией является хранение шлаков в отдельных ямах после плавки для дальнейшего использования или переработки.

Коллекция **металлических изделий** Ивановского поселения представлена двумя серповидными орудиями, теслом с расширенным лезвием и заостренной пяткой, рыболовным крючком с бородкой и петлей для привязывания лесы, двумя шильями, втульчатым крюком (рис. 5). Серп 1 слабоизогнутый, с немного расширенной рукояточной частью и закругленными концами. Сечение клинка клиновидное, он откован и заточен. Длина 22,3 см, ширина 2,3 см.

Серп 2 среднеизогнутый, в средней части расширен, с закругленными концами. Сечение клинка клиновидное, он откован и заточен. Длина 22,8 см, ширина 3,2 см.

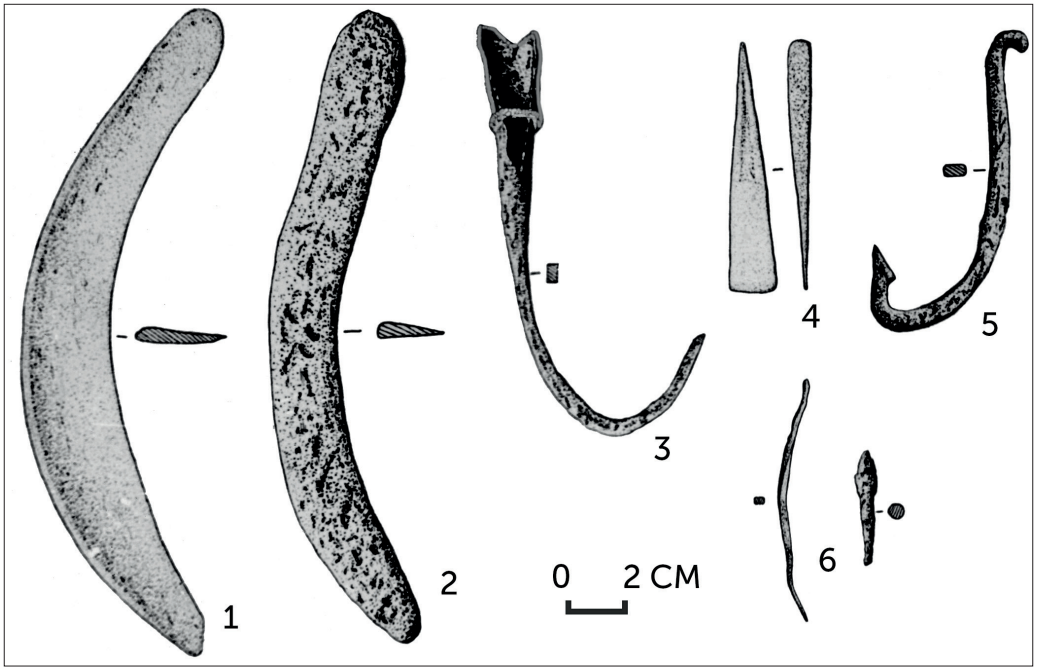


Рис. 5. Металлические изделия поселения Ивановское (Моргунова, Порохова, 1989)
Fig. 5. Metal items of the Ivanovskoe settlement (Morgunova, Porokhova, 1989)

Материалы и методы

Материалом для исследований металлургического комплекса послужили три фрагмента медной руды, 22 фрагмента металлургических шлаков (рис. 6), аналитические работы проведены в ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН. Минеральный состав медной руды установлен на дифрактометре SHIMADZU XRD-6000, Cu-анод, графитовый монохроматор; расчет содержаний проведен методом Ритвельда в програм-

© M.N. Ankushev, I.A. Faizullin, D.A. Artemyev et al.

ме SIROQUANT v.4. Геохимические особенности образцов руды и шлаков оценены на рентгенофлуоресцентном спектрометре Olympus Vanta, режим Geochem, время анализа 50 с. Минералогия шлаков установлена с помощью оптической (Olympus BX 51) и электронной микроскопии (Tescan VEGA 3 sbu, ускоряющее напряжение 20 кВ, живое время 120 с, поглощенный ток на эталоне Co ~ 260 pA) в трех полированных аншлифах. Элементы-примеси в сульфидах и металле в шлаках установлены методом ЛА-ИСП-МС на масс-спектрометре Agilent 7700x с лазерной приставкой New Wave Research UP-213.

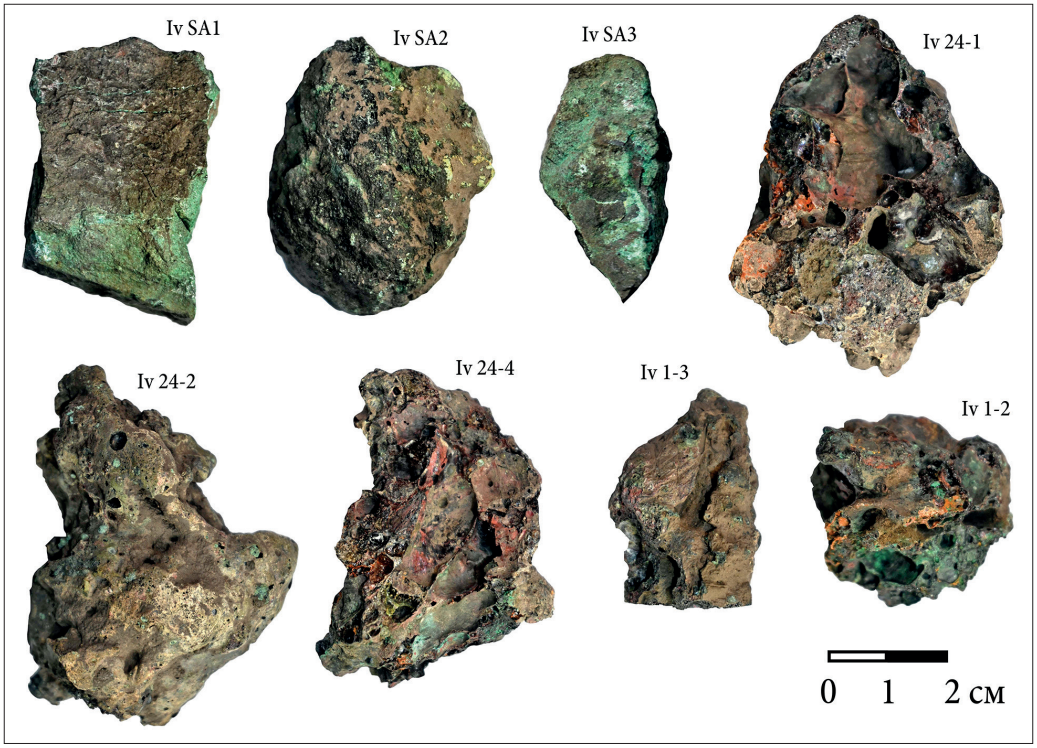


Рис. 6. Фрагменты медной руды (Iv SA1–3) и металлургических шлаков (Iv 24–1, 24–2, 24–4, 1–3, 1–2) поселения Ивановское

Fig. 6. Fragments of copper ore (Iv SA1–3) and metallurgical slag (Iv 24–1, 24–2, 24–4, 1–3, 1–2) from the Ivanovskoe settlement

Две радиоуглеродные датировки по костям домашних животных получены методом ускорительной масс-спектрометрии в Центре археометрии Курт-Энгельхорн (CEZA, Германия, г. Мангейм). Кости животных отбирались вблизи от ям со шлаками, обнаруженных на поселении. Для калибровки использована программа OxCal 4.4.4 (Bronk Ramsey, 2009), калибровочная кривая IntCal20 (Reimer et al., 2020). Возраст по ^{14}C нормализован до $\delta^{13}C = -25‰$ (Stuiver, Pollach, 1977).

© М.Н. Анкушев, И.А. Файзуллин, Д.А. Артемьев и др.

Результаты исследований

Данные радиоуглеродного датирования приведены в табл. 1. Коллаген в образцах присутствовал в допустимом количестве. Соотношение C/N также в рамках валидного интервала (DeNiro, 1985). Данные параметры указывают на отсутствие факторов, искажающих анализ.

Таблица 1

Результаты радиоуглеродного датирования коллагена в костных остатках домашних копытных из культурного слоя Ивановского поселения

Tab. 1

Results of radiocarbon dating of collagen in the bone remains of domestic ungulates from the cultural layer of the Ivanovskoe settlement

Шифр лаборатории	Материал	$\delta^{13}C$,‰	C: N	C,%	Колл.%	^{14}C л.н.	Калиброванная дата	
							1σ	2σ
MAMS-26394	Кость МРС	–23,2	3,0	37,7	8,8	3451±24	1872–1695	1879–1688
MAMS-26395	Кость КРС	–21,7	3,0	32,2	1,6	3499±23	1881–1771	1890–1746

Фрагменты медной руды обнаружены в яме на поселении и представляют собой обломки медистых песчаников темно-зеленого цвета (рис. 6). По данным РФА содержание меди в рудах составляет 46–49 мас.%. Следует отметить, что анализ выполнен по поверхности образцов и значение может быть завышено. Минеральный состав руд по данным рентгенофазового анализа представлен брошантитом, атакамитом, малахитом, халькозином, ковеллином, гетитом, кварцем, акцессорными баритом, пиритом, моттрамитом (табл. 2). В халькозине и ковеллине присутствует примесь Fe 0,4–2,5 мас.%, в некоторых зернах отмечается примесь Ag до 0,6 мас.%.

Таблица 2

Минеральный состав фрагментов медной руды поселения Ивановское по данным рентгенофазового анализа

Tab. 2

Mineral composition of copper ore fragments from the Ivanovskoe settlement based on XRD analysis

Минерал	**Содержание прибл. вес.%**		
	Iv SA1	**Iv SA2**	**Iv SA3**
Брошантит $Cu_4(SO_4)(OH)_6$	33	55	40
Атакамит $Cu_2CI(OH)_3$	19	6	7
Малахит $Cu_2(CO_3)(OH)_2$	14	8	15
Халькозин Cu_2S	11	13	10
Ковеллин CuS	8	4	6
Гетит FeO(OH)	10	9	12
Кварц SiO_2	5	5	10

© M.N. Ankushev, I.A. Faizullin, D.A. Artemyev et al.

Образцы медной руды характеризуются зональным строением с сульфидным ковеллин-халькозиновым ядром и внешней окисленной оболочкой, представленной смесью брошантита и малахита (рис. 7.-*а*). Руды являются фрагментами сульфидных конкреций, широко распространенных в карбонатных и мергелистых породах месторождений медистых песчаников Предуралья (Лурье, 1988).

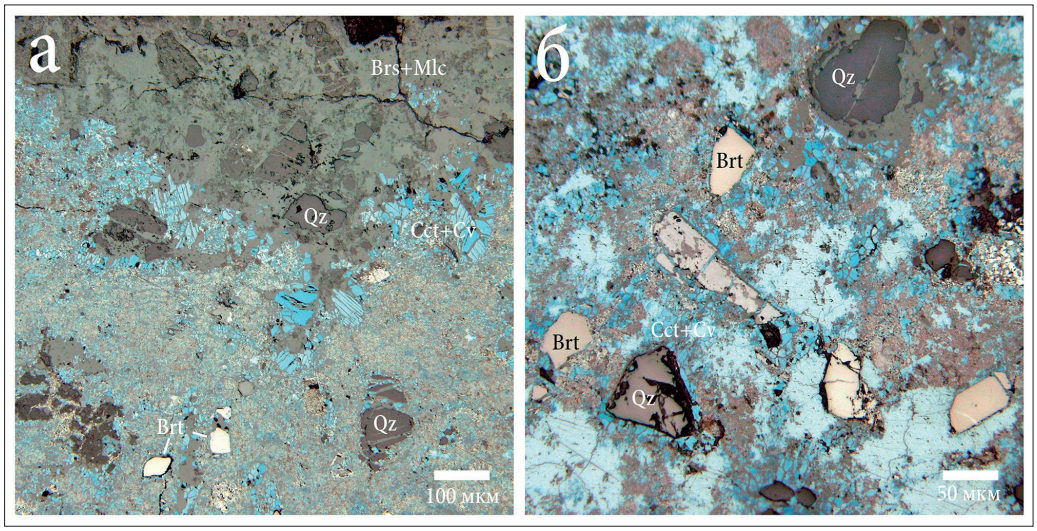


Рис. 7. Минералогия медных руд из культурного слоя поселения Ивановское: а — брошантит-малахитовый (Brs+Mlc) и обогащенные халькозином и ковеллином (Cct+Cv) участки образца руды с включениями зерен кварца (Qz) и барита (Brt); б — обогащенный халькозином и ковеллином участок образца руды с включениями зерен кварца и барита. Образец Iv SA3, фото в отраженном свете

Fig. 7. Mineralogy of copper ores from the cultural layer of the Ivanovskoe settlement: a — brochantite-malachite (Brs+Mlc) and chalcocite and covellite (Cct+Cv) enriched areas of the ore sample with inclusions of quartz (Qz) and barite (Brt) grains; b — chalcocite and covellite enriched area of the ore sample with inclusions of quartz and barite grains. Sample Iv SA3, reflected light images

Металлургические шлаки образуют комковатые бесформенные обломки размером до 5 см (рис. 6). Цвет шлаков темно-бурый, красноватый. На поверхности зачастую присутствуют окисленные капли меди. По геохимическим особенностям шлаки Ивановского поселения выделяются Ca-Ba-Sr-Zr ассоциацией (Анкушев, Файзуллин, 2025). Минералогия представлена реликтовым кварцем, баритом, фрагментами окремненной древесины (рис. 8.-*а, г*), реликтовыми и новообразованными сульфидами (рис. 8.-*б, в*), купритом и каплями меди, которые находятся в матрице стекла.

Реликтовые сульфиды в шлаке присутствуют в виде угловатых или изометричных обломков (рис. 8.-*в*). Вероятно, это реликты наиболее крупных сульфидных обломков в шихте, которые сохранили исходную текстуру руды. Их минеральный состав представлен срастаниями халькозина и ковеллина, в единичных случаях — борнитом. Новообразованные сульфиды образуют отдельные капли или кайму по периферии мед-

© М.Н. Анкушев, И.А. Файзуллин, Д.А. Артемьев и др.

ных капель (рис. 8.-*а, б*). Текстура этих агрегатов однородная, состав отвечает халькозину с небольшой примесью железа, зачастую наблюдается избыток меди при недостатке серы. Среди элементов-примесей в составе как реликтовых, так и новообразованных сульфидов наблюдаются высокие содержания Ag (до 910 ppm), в редких случаях — Se (до 1025 ppm) (табл. 3).

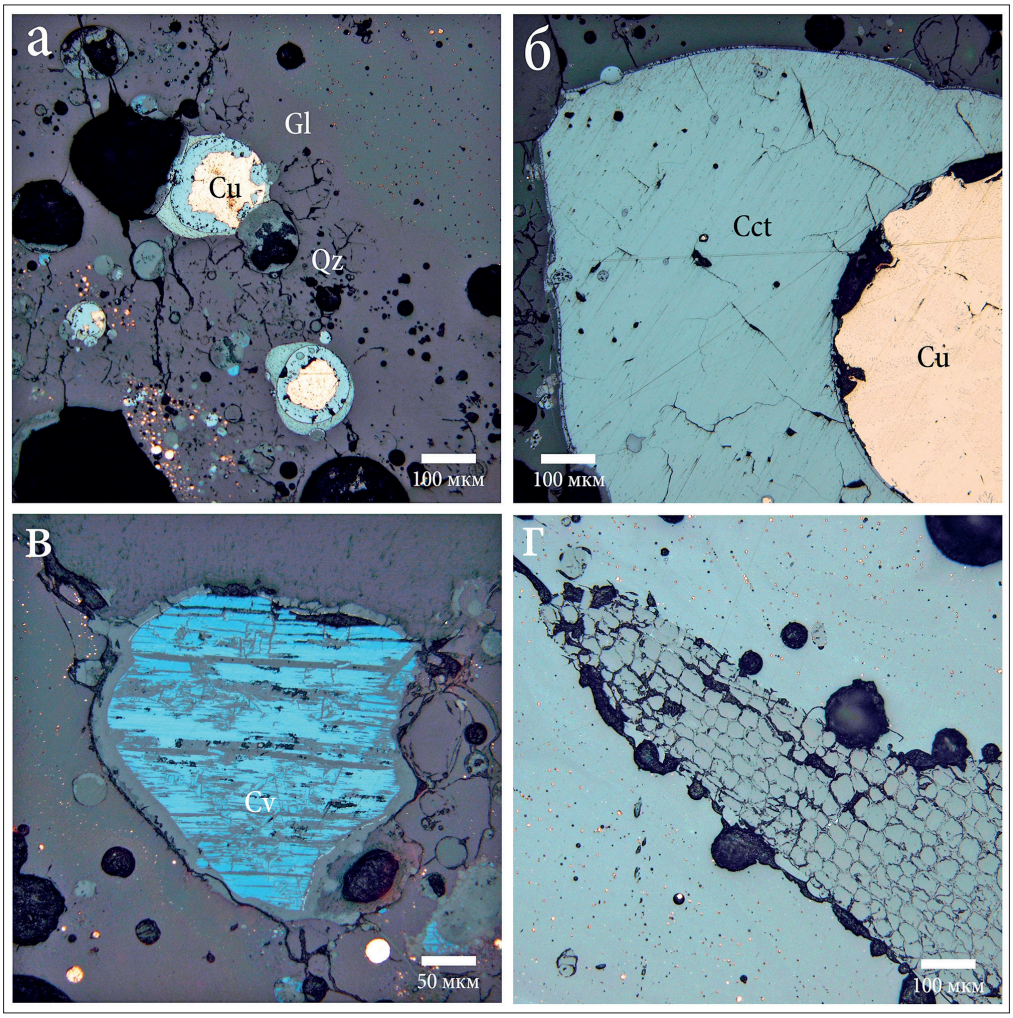


Рис. 8. Минералогия металлургических шлаков поселения Ивановское: а — капли меди с сульфидно-оксидной каймой и зерна кварца в матрице стекла шлака, обр. Iv-1–1; б — капля меди с халькозиновой каймой, обр. Iv-1–2; в — реликтовый ковеллин в шлаке, обр. Iv-1–2; г — реликт окремненной древесины в стекле шлака, обр. Iv-1–1. Фото в отраженном свете

Fig. 8. Mineralogy of metallurgical slags from the Ivanovskoe settlement: a — copper droplets with a sulfide-oxide rim and quartz grains in the slag glass matrix, sample Iv-1–1; b — copper droplet with a chalcocite rim, sample Iv-1–2; c — relict covellite in slag, sample Iv-1–2; d — relict silicified wood in slag glass, sample Iv-1–1. Reflected light images

© M.N. Ankushev, I.A. Faizullin, D.A. Artemyev et al.

Таблица 3

Состав сульфидных включений в шлаках поселения Ивановское по данным ЛА-ИСП-МС, ppm

Tab. 3

Composition of sulfide inclusions in slag from the Ivanovskoe settlement according to LA-ICP-MS data, ppm

Минерал, образец	n	Cu,%	S,%	Fe,%	Co	Ni	Zn	As	Se	Ag	Sn	Sb	Te	Au	Pb	Bi
Халькозин П93/3	24	73.8–78,5 76,6(76,9)	21,4–26 23,3(22,9)	0,01–0,3 0,07 (0,04)	0,01–2 0,4(0,2)	0,3–20 2,9(1,5)	0,6–260 25(1,9)	5–150 41(35)	8–205 59(53)	65–910 297(250)	0,02–1 0,45(0,4)	0,3–6,3 1,3(0,9)	0,01–0,6 0,14(0,07)	0,001–0,1 0,02(0,01)	0,8–22 7(6)	0,003–1,6 0,2(0,1)
Дигенит П93/3	1	76,4	22,5	1,1	2,7	14,3	2,9	48	9,8	226	0,3	1,9	0,3	0,003	6,6	0,2
Ковеллин П93/3	2	67,9	32,0	0,04	0,4	2,1	82	51	148	738	0,4	1,5	0,2	0,1	8	0,2
Халькозин П89/1	19	76,7–81,7 78,9(78,7)	18,2–22,6 21(21,2)	0,001–0,56 0,15(0,12)	0,02–1,7 0,6(0,6)	0,1–17 2,6(1,1)	0,1–110 8,9(3,1)	14–240 55(30)	9–385 90(45)	25–865 233(180)	0,02–1,1 0,4(0,3)	0,01–8,6 1,4(0,4)	0,1–4,5 0,9–0,5	0,01–0,5 0,1(0,07)	0,8–75 20(7)	0,01–0,7 0,14(0,06)
Борнит П89/1	7	52,6–63,4 58,2(59,8)	28–34 30,5(29,1)	8,5–13,4 11,2(12)	30–70 50(50)	5–16 10(9)	0,3–19 4,6(1,4)	50–150 85(85)	53–88 76(78)	200–266 233(228)	0,02–1 0,4(0,3)	0,5–4,5 1,5(1,1)	0,1–1,8 0,8(0,6)	0,01–0,05 0,04(0,04)	40–165 80(85)	0,003–0,2 0,1(0,07)
Ковеллин П89/1	3	71,4–72,7 72,1	27–28,5 27,8	0,01–0,2 0,1	0,07–1,5 0,9	3–60 26	0,4–9 3,3	14–190 94	4–150 63	380–995 675	0,03–0,3 0,2	0,4–1,4 0,8	0,3–1,2 0,7	0,01–0,05 0,03	3,8–36 19	0,01–0,07 0,05
Дигенит П89/1	1	73,0	23,1	3,5	24	36	45	247	83	600	0,2	3,6	1,3	0,1	450	0,6
Халькозин Iv1–2	14	72,9–83,9 76,6(76,3)	15,8–26,5 23,1(23,5)	0,01–0,8 0,17(0,08)	0,2–10 2(0,5)	0,9–43 10,5(4,2)	0,3–257 37,7(12)	13–96 43(34)	210–910 495(285)	40–800 215(185)	0,2–2,4 0,7(0,5)	1–4,6 2,5(2,1)	0,01–0,01 0,01(0,01)	0,001–0,01 0,03(0,01)	1–170 65(45)	0,1–0,6 0,3(0,3)
Ковеллин Iv1–2	4	65,4–68,8 67,2	31,1–34,2 32,5	0,01–0,26 0,13	0,2–2,3 1,2	1,7–14 8,4	1–21 10	37–50 40	830–1025 930	150–540 270	0,3–0,6 0,4	0,9–2,9 1,5	0,01–0,1 0,03	0,01–0,06 0,04	6–34 21	0,05–0,6 0,25

Примечание: n — количество анализов, содержание в таблице приведены по схеме: в числителе минимальное-максимальное значение, в знаменателе — среднее (медиана).

© М.Н. Анкушев, И.А. Файзуллин, Д.А. Артемьев и др.

Металл в шлаках Ивановского поселения представлен округлыми каплями меди с небольшим количеством примесей (табл. 4). Относительно низкие значения характерны для Co, Ni, Zn, Sn, Sb, Te, Au и Bi; высокие значения, как и у сульфидов, характерны для Ag и Se. Неравномерное распределение наблюдается у As и Pb. В целом по элементам-примесям химический состав медных капель схож с таковым в сульфидах этих шлаков, с некоторым обогащением халькофильными элементами при переплавке в медь.

Таблица 4

Состав включений меди в шлаках поселения Ивановское по данным ЛА-ИСП-МС, образец № Iv1–2

Tab. 4

Composition of copper inclusions in slag from the Ivanovskoe settlement according to LA-ICP-MS data, sample No. Iv1–2

	%	ppm												
1	Cu	Fe	Co	Ni	Zn	As	Se	Ag	Sn	Sb	Te	Au	Pb	Bi
2	96,1	720	43	109	23	466	34	738	40	94	13	2,1	1240	28
3	99,7	840	17	101	89	424	7,9	563	7,0	51	4	0,3	640	3,1
4	99,3	1710	21	97	660	730	39	840	12	105	4	1,0	2220	9,0
5	99,9	12	0,2	51	31	46	50	62	1,4	8,2	4	0,1	89	0,6
6	99,5	21	6,2	52	31	46	112	71	5,4	14	0,3	0,2	243	4,8
7	99,5	5	1,8	55	5,1	48	14	90	2,1	7,8	1	0,6	55	1,9
8	99,9	30	1,3	58	3,9	44	62	64	1,7	8,6	0,2	0,2	107	1,1
9	99,9	55	1,5	42	4,8	50	470	142	1,6	16	3	0,1	7,7	1,6
10	99,9	41	0,5	40	5	53	710	147	1,0	20	2	0,4	16	2,8
11	99,9	30	0,4	66	6	99	62	131	0,6	11	0,4	0,02	37	1,0
12	99,9	28	0,4	28	14	83	110	223	1,0	5,9	1	0,1	1,2	1,7
13	99,9	26	0,2	85	4	127	81	157	0,6	27	2	0,04	6,5	0,7

Более высокие концентрации полиметаллической составляющей (Pb, Zn, Bi, Sn, Sb, Au, Co, Ni) в некоторых медных каплях шлака (точки 1–3), которая не характерна для руд медистых песчаников Предуралья, могут быть связаны с «заражением» при использовании одних и тех же металлургических горнов в плавке руд и переплавке местного или импортированного металла.

Обсуждение результатов

Хронологическая позиция металлургического комплекса позднего бронзового века на Ивановском поселении относится к XIX–XVIII вв. до н.э., что соответствует хронологическим интервалам ранней срубной и срубной культур для Южного Предуралья (Молодин, Епимахов, Марченко, 2014; Купцова и др., 2018). Следует отметить, что основной массив датировок по этим сообществам получен в рамках изучения погребальных, в меньшей степени бытовых и производственных памятников. Только серийное

© M.N. Ankushev, I.A. Faizullin, D.A. Artemyev et al.

датирование непосредственно металлургических комплексов сможет помочь в определении и разграничении технологических этапов развития металлопроизводства для степных сообществ бронзового века.

В культурном слое поселений бронзового века с развитой металлургией встречаются фрагменты медных руд или оруденелых горных пород (Григорьев, 2013, с. 111–119; Блинов, Виноградов, 2021). Зачастую это небольшие фрагменты с убогой медной минерализацией и низким содержанием полезного компонента. Их изучение применимо для поиска древних рудников — источников медного сырья, но не всегда отражает состав руды, использовавшейся для выплавки металла. Рудные фрагменты на Ивановском поселении были обнаружены в яме, также в них зафиксировано очень высокое содержание Cu: это может свидетельствовать о их роли как металлургического сырья, а не хвостов обогащения. Минералогия этих образцов полностью соответствует составу медно-сульфидных конкреций из толщ медистых песчаников Южного Предуралья (Блинов, 2020а). Благодаря этому мы можем указать на слабое изменение состава образца во время нахождения его в культурном слое. Таким образом, можно предположить, что богатое медное сырье, которое использовалось металлургами срубной культуры, было сульфидно-карбонатно-сульфатным. Общее количество сульфидов (халькозина и ковеллина) в таких рудах составляло 15–20%.

Металлургические шлаки Ивановского поселения относятся к стекловатому минералогическому типу и схожи с аналогами других поселений срубной культуры Западного Оренбуржья (Ankushev et al., 2021). Минералогия реликтовых включений в шлаке также указывает на использование сульфидсодержащих медистых песчаников в качестве основного сырья. Выплавленная на поселении медь по составу элементов-примесей аналогична ранее изученным металлическим шлаковым включениям поселений Оренбургского Предуралья — Токское, II Кузьминковское, Покровское (Анкушев и др., 2020; Анкушев и др., 2022; Файзуллин и др., 2023). Металл характеризуется низким общим количеством примесей, относительно повышенные содержания выделяются у Ag и Se, реже у As и Pb. Примесь As в металле может объясняться наличием арсенатов в толщах медистых песчаников (Блинов, 2020б).

Минералогия металлургических шлаков, состав выплавляемого металла и отчасти состав рудных фрагментов Ивановского поселения аналогичны подробно описанным С. Ровирой фрагментам руды и продуктам металлопроизводства с поселения позднего бронзового века Горный в Западном Оренбуржье (Ровира, 2004, с. 106–133). Важным отличием является отсутствие на Ивановском поселении дробленого шлака, широко распространенного на Горном. Предполагается, что шлак дробился для извлечения медных гранул и также использовался как строительный материал.

Комплекс металлических изделий поселения также не противоречит его использованию носителями срубной культуры. Описание серпов (рис. 5.-*1, 2*) представлено в обобщающей работе по серпам позднего бронзового века Восточной Европы, где они отнесены к уральской группе серпов петровского типа (Дергачев, Бочкарев, 2002, с. 36–37). По мнению авторов, данная группа серпов синхронна синташтинской, петровской и покровской культурам, что соответствует самому началу позднего бронзового века. Однако в работе Ф.Н. Петрова указано, что аналогичные серпы встречают-

© М.Н. Анкушев, И.А. Файзуллин, Д.А. Артемьев и др.

ся и на более поздних срубно-алакульских памятниках (Петров, 2023). Довольно редкой находкой является втульчатый крюк (рис. 5.-*3*). Аналогии для этого артефакта известны в материалах памятников средней бронзы (Дегтярева, 2021), Среднего Поволжья (Моечное озеро) (Алихова, 1958, с. 161–162) и Среднего Дона (Мосоловское) (Прях-хин, Сагайдак, 1975, с. 179).

Выводы

Металлургический комплекс Ивановского поселения обладает технологическими признаками металлопроизводства срубной культуры Южного Предуралья. Основным сырьем служили богатые стратиформные залежи медистых песчаников, предполагается сульфидно-карбонатно-сульфатный минеральный состав руд. Ямы с металлургическими шлаками на поселении датируются 1-й половиной XIX — концом XVIII в. до н.э. Металлургические шлаки относятся к стекловатому типу, в качестве реликтов присутствуют зерна кварца, сульфидов, барита, фрагменты окремненной древесины. Выплавленная на поселении медь содержала низкое количество примесей, маркером местного металла являются повышенные содержания Ag и Se, при низких содержаниях Co, Ni, Zn, Sn, Sb, Te, Au и Bi. Пока нет свидетельств присутствия металлургии на поселении в эпоху энеолита и в синташтинско-абашевский период. Комплексное изучение продуктов металлургии при накопленной сравнительной базе данных позволяет косвенно разделять культурно-хронологические этапы многослойных комплексов эпохи бронзы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Алихова А.Е. Комаровское поселение у Моечного озера // МИА. 1958. № 61. С. 157–180.

Анкушев М.Н., Файзуллин И.А., Артемьев Д.А., Блинов И.А. Металлообработка и металлургические шлаки на поселении позднего бронзового века Токское // Геоархеология и археологическая минералогия. 2020. Т. 7. С. 171–176.

Анкушев М.Н., Файзуллин И.А., Блинов И.А., Артемьев Д.А. Металлургические шлаки II Кузьминковского поселения эпохи бронзы (Южное Предуралье) // Геоархеология и археологическая минералогия. 2022. Т. 9. С. 153–160.

Анкушев М.Н., Файзуллин И.А. Металлургические шлаки и металлообработка поселений позднего бронзового века Оренбургского Предуралья // Археология Евразийских степей. 2025. № 3. С. 181–195.

Блинов И.А. Химический и минеральный состав сульфидных конкреций из медистых песчаников Михайловского и Белоусовского древних рудников (Оренбургское Приуралье) // Минералогия. 2020а. № 4 (6). С. 35–45.

Блинов И.А. Арсенаты из медистых песчаников руд Турганикского поселения (Оренбургское Приуралье) // Металлогения древних и современных океанов. 2020б. № 1. С. 94–98.

Блинов И.А, Виноградов Н.Б. Минеральный состав руд, использовавшихся на укрепленном поселении бронзового века Устье-I (Южное Зауралье) // Теория и практика археологических исследований. 2021. № 4 (33). С. 166–184.

Богданов С.В. Эпоха меди степного Приуралья. Екатеринбург : УрО РАН, 2004. 287 с.

© M.N. Ankushev, I.A. Faizullin, D.A. Artemyev et al.

Григорьев С.А. Металлургическое производство в Северной Евразии в эпоху бронзы. Челябинск : Цицеро, 2013. 660 с.

Дегтярева А.Д. Орудийный комплекс из цветного металла петровской культуры Южного Зауралья // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2021. № 4. С. 17–35.

Дергачев В.А., Бочкарев В.С. Металлические серпы поздней бронзы Восточной Европы. Кишинев : Высшая антропологическая школа, 2002. 48 с.

Евгеньев А.А. 40 лет Оренбургской археологической экспедиции: основные направления и достижения деятельности // Археологические памятники Оренбуржья. Оренбург : Издательский центр ОГАУ, 2017. С. 4–27.

Каргалы. Т. I: Геолого-географические характеристики. История открытий, эксплуатации и исследований. Археологические памятники / сост. и науч. ред. Е.Н. Черных. М. : Языки славянской культуры, 2002. 112 с.

Кузьминых С.В. Гл. 2. Металл и металлические изделия // Каргалы. Т. III: Селище Горный: Археологические материалы: Технология горно-металлургического производства: Археобиологические исследования. М. : Языки славянской культуры, 2004. С. 76–100.

Купцова Л.В., Моргунова Н.Л., Салугина Н.П., Хохлова О.С. Периодизация срубной культуры Западного Оренбуржья по археологическим и естественно-научным данным // Археология, этнография и антропология Евразии. 2018. № 1. С. 100–107.

Луньков Ю.В. Гл. 1. Керамический комплекс // Каргалы. Т. III: Селище Горный: Археологические материалы: Технология горно-металлургического производства: Археобиологические исследования. М. : Языки славянской культуры, 2004. С. 22–75.

Лурье А.М. Генезис медистых песчаников и сланцев. М.: Наука, 1988. 182 с.

Молодин В.И., Епимахов А.В., Марченко Ж.В. Радиоуглеродная хронология культур эпохи бронзы Урала и юга Западной Сибири: принципы и подходы, достижения и проблемы // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: История, филология. 2014. № 3. С. 136–167.

Моргунова Н.Л., Порохова О.И. Поселения срубной культуры в Оренбургской области // Поселения срубной общности. Воронеж : ВГУ, 1989. С. 160–172.

Моргунова Н.Л., Файзуллин А.А. Новые данные о начале функционирования Приуральского (Каргалинского) горно-металлургического центра // Нижневолжский археологический вестник. 2021. № 1. С. 5–19.

Петров Ф.Н. К вопросу о типологии режущих и колюще-режущих металлических орудий бронзового века Южного Зауралья // Magistra Vitae: электронный журнал по историческим наукам и археологии. 2023. № 2. С. 7–44.

Порохова О.И. Срубно-алакульское Покровское поселение в Западном Оренбуржье // Материалы по эпохе бронзы и раннего железа Южного Урала и Нижнего Поволжья. Уфа : БНЦ УрО АН СССР, 1989. С. 60–71.

Пряхин А.Д., Сагайдак В.И. Металлообрабатывающая мастерская на поселении срубной культуры // Советская Археология. 1975. № 2. С. 176–187.

Пряхин А.Д., Саврасов А.С. Плавильные чаши с Мосоловского поселения металлургов-литейщиков донской лесостепной срубной культуры // Археология Доно-Волжского бассейна. Воронеж : Изд-во ВГПИ, 1993. С. 52–71.

© М.Н. Анкушев, И.А. Файзуллин, Д.А. Артемьев и др.

Ровира С. Гл. 4. Технология выплавки металла и его обработки // Каргалы. Т. III: Селище Горный: Археологические материалы: Технология горно-металлургического производства: Археобиологические исследования. М. : Языки славянской культуры, 2004. С. 106–133.

Файзуллин И.А. Хронологическая позиция бытовых памятников позднего бронзового века с территории Оренбургского Предуралья // V(XXI) Всероссийский археологический съезд: сб. науч. тр. / отв. ред. А.П. Деревянко, А.А. Тишкин. Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2017. С. 1062–1063.

Файзуллин И.А. Поселения бронзового века Оренбургского Предуралья: дисс. … канд. ист. наук. Оренбург : Оренбургский государственный педагогический университет, 2022. 270 с.

Файзуллин И.А. Строительные традиции населения позднего бронзового века на территории Оренбургского Предуралья // Археология Казахстана. 2024. № 2. С. 44–69.

Файзуллин И.А., Анкушев М.Н., Блинов И.А., Артемьев Д.А. Металлургические шлаки и металлические изделия на Покровском поселении позднего бронзового века в Оренбургском Предуралье // Геоархеология и археологическая минералогия. 2023. Т. 10. С. 211–218.

Феоктистов В.П. Прогнозная оценка восточной части Русской платформы на гидрогенное медное оруденение // Руды и металлы. 2000. № 4. С. 15–24.

Черных Е.Н. Древнейшая металлургия Урала и Поволжья. М. : Наука, 1970. 185 с.

Ankushev M.N., Artemyev D.A., Blinov I.A., Bogdanov S.V. Bronze Age Metallurgical Slags from the South Urals: Types, Mineralogy and Copper Sources // Periodico di Mineralogia. 2021. № 90. Pp. 173–193.

Bronk Ramsey C. Bayesian Analysis of Radiocarbon Dates // Radiocarbon. 2009. № 1. Pp. 337–360.

DeNiro M.J. Post-Mortem Preservation and Alteration of in Vivo Bone Collagen Isotope Ratios in Relation to Palaeodietary Reconstruction // Nature. 1985. № 317. Pp. 806–809.

Reimer P., Austin W., Bard E., Bayliss A., Blackwell P., Bronk Ramsey C., Butzin M., Cheng, H., Edwards R., Friedrich M., Grootes P., Guilderson T., Hajdas I., Heaton T., Hogg A., Hughen K., Kromer B., Manning S., Muscheler R., Palmer J., Pearson C., van der Plicht J., Reimer R., Richards D., Scott E., Southon J., Turney C., Wacker L., Adolphi F., Büntgen U., Capano M., Fahrni S., Fogtmann-Schulz A., Friedrich R., Köhler P., Kudsk S., Miyake F., Olsen J., Reinig F., Sakamoto M., Sookdeo A., Talamo, S.. The IntCal20 Northern Hemisphere Radiocarbon Age Calibration Curve (0–55 cal kBP) // Radiocarbon. 2020. № 62. Pp. 725–757.

Stuiver M., Polach H.A. Discussion Reporting of ^{14}C Data // Radiocarbon. 1977. Vol. 19, № 3. Pp. 355–363.

REFERENCES

Alikhova A.E. Komarovskoye Settlement near Lake Moechnoye. *Materialy i issledovaniya po arheologii = Materials and Research on Archaeology*. 1958;61:157–180. (*In Russ.*)

Ankushev M.N., Faizullin I.A., Artemyev D.A., Blinov I.A. Metalworking and Metallurgical Slags at the Tokskoe Late Bronze Age Settlement. *Geoarheologiya i arheologicheskaya mineralogiya = Geoarchaeology and Archaeological Mineralogy.* 2020;7:171–176. (*In Russ.*)

© M.N. Ankushev, I.A. Faizullin, D.A. Artemyev et al.

Ankushev M.N., Faizullin I.A., Blinov I.A., Artemyev D.A. Metallurgical Slags of the II Kuzminkovskoye Settlement of the Bronze Age (Southern Cis-Urals). *Geoarkeologiya i arkeologicheskaya mineralogiya = Geoarchaeology and Archaeological Mineralogy*. 2022;9:153–160. (*In Russ.*)

Ankushev M.N., Faizullin I.A. Metallurgical Slags and Metalworking of the Late Bronze Age Settlements of the Orenburg Cis-Urals. *Arheologiya Evrazijskikh stepej = Archaeology of the Eurasian Steppes*. 2025;3:181–195. (*In Russ.*)

Blinov I.A. Chemical and Mineral Composition of Sulfide Nodules from Copper-Bearing Sandstones of the Mikhailovsky and Belousovsky Ancient Mines (Orenburg Urals). *Mineralogiya = Mineralogy.* 2020a;4(6):35–45. (*In Russ.*)

Blinov I.A. Arsenates from Cupriferous Sandstones of the Turganik Settlement Ores (Orenburg Urals). *Metallogeniya drevnikh i sovremennykh okeanov = Metallogeny of Ancient and Modern Oceans*. 2020b;1:94–98. (*In Russ.*)

Blinov I.A., Vinogradov N.B. Mineral Composition of Ores Used at Ustye-I, a Fortified Settlement of the Bronze Age (Chelyabinsk Region). *Teoriya i praktika arkheologicheskikh issledovaniy = Theory and Practice of Archaeological Research.* 2021;4(33):166–184. (*In Russ.*)

Bogdanov S.V. The Copper Age of the Steppe Cis-Urals. Yekaterinburg : UrO RAN, 2004. 287 p. (*In Russ.*)

Grigor'ev S.A. Metallurgical Production in Northern Eurasia during the Bronze Age. Chelyabinsk : Cicero, 2013. 660 p. (In Russ.)

Degtyareva A.D. The Non-Ferrous Metal Toolkit of the Petrovka Culture of the South Trans-Urals. *Vestnik arheologii, antropologii i etnografii = Bulletin of Archaeology, Anthropology and Ethnography*. 2021;4:17–35. (*In Russ.*)

Dergachev V.A., Bochkarev V.S. Metal Sickles of the Late Bronze Age of Eastern Europe. Kishinev : Vysshaya antropologicheskaya shkola, 2002. 48 p. (*In Russ.*)

Evgeniev A.A. 40 Years of the Orenburg Archaeological Expedition: Main Directions and Achievements of the Activity. In: Archaeological Monuments of the Orenburg Region. Orenburg : Izdatel'skij centr OGAU, 2017. Pp. 4–27. (*In Russ.*).

Kargaly. Vol. I: Geological and Geographical Characteristics. History of Discoveries, Exploitation and Research. Archaeological Sites / Comp. and scientific editor E.N. Chernykh. Moskow : Yazyki slavyanskoj kul'tury, 2002. 112 p. (*In Russ.*)

Kuzminykh S.V. Ch. 2. Metal and Metal Items. In: Kargaly. Vol. III: Settlement Gorny: Archaeological Materials: Technology of Mining and Metallurgical Production: Archaeological Studies. Moscow : Yazyki slavyanskoj kul'tury, 2004. Pp. 76–100. (*In Russ.*)

Kuptsova L.V., Morgunova N.L., Salugina N.P., Khokhlova O.S. A Periodization of the Timber-Grave Culture in the Western Orenburg Region: Archaeological and Natural Science-Based Evidence. *Arheologiya, etnografiya i antropologiya Evrazii = Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia*. 2018;1:100–107. (*In Russ.*)

Lunkov Yu.V. Ch. 1. Ceramic Complex. In: Kargaly. Vol. III: Settlement Gorny: Archaeological Materials: Technology of Mining and Metallurgical Production: Archaeological Studies. Moscow : Yazyki slavyanskoj kul'tury, 2004. Pp. 22–75. (*In Russ.*)

Lurye A.M. Genesis of Copper Sandstones and Shales. Moscow : Nauka, 1988. 182 p. (*In Russ.*)

© М.Н. Анкушев, И.А. Файзуллин, Д.А. Артемьев и др.

Molodin V.I., Epimakhov A.V., Marchenko Zh.V. Radiocarbon Chronology of the Bronze Age Cultures of the Urals and Southern Western Siberia: Principles and Approaches, Achievements and Problems. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Istoriya, filologiya = Bulletin of the Novosibirsk State University. Series: History, Philology*. 2014;3:136–167. (*In Russ.*)

Morgunova N.L., Porokhova O.I. Settlements of the Timber-Grave Culture in the Orenburg Region. In: Settlements of the Srubnaya Community. Voronezh : VGU, 1989. Pp. 160–172. (*In Russ.*)

Morgunova N.L., Faizullin A.A. New Data on the Beginning of the Functioning of the Cis-Ural (Kargaly) Mining and Metallurgical Center. *Nizhnevolzhskij arheologicheskij vestnik = Lower Volga Archaeological Bulletin*. 2021;1(20):5–19. (*In Russ.*)

Petrov F.N. On the Typology of Cutting and Piercing-Cutting Metal Tools of the Bronze Age of the Southern Trans-Urals. *Magistra Vitae: elektronnyj zhurnal po istoricheskim naukam i arheologii = Magistra Vitae: Electronic Journal on Historical Sciences and Archaeology*. 2023;2:7–44. (*In Russ.*)

Porokhova O.I. Srubnya-Alakul Pokrovskoe Settlement in the Western Orenburg Region. In: Materials on the Bronze Age and Early Iron Age of the Southern Urals and the Lower Volga Region. Ufa : BNC UrO AN SSSR, 1989. Pp. 60–71. (*In Russ.*)

Pryakhin A.D., Sagaydak V.I. Metalworking Workshop at the Srubnaya Culture Settlement. *Sovetskaya Arheologiya = Soviet Archaeology*. 1975;2:176–187. (*In Russ.*)

Pryakhin A.D., Savrasov A.S. Melting Bowls from the Mosolovskoe Settlement of Metallurgists and Foundrymen of the Don Forest-Steppe Srubnaya Culture. In: Archaeology of the Don-Volga Basin. Voronezh : Izd-vo VGPI, 1993. Pp. 52–71. (*In Russ.*)

Rovira S. Ch. 2. Technology of Copper Metallurgy. In: Kargaly. Vol. III: Settlement Gorny: Archaeological Materials: Technology of Mining and Metallurgical Production: Archaeological Studies. Moscow : Yazyki slavyanskoj kul'tury, 2004. Pp. 106–133. (*In Russ.*)

Faizullin I.A. Chronological Position of Late Bronze Age Habitation Sites from the Orenburg Cis-Urals Territory. In: V (XXI) All-Russian Archaeological Congress [Online source]: Collection of Scientific Papers / eds. A.P. Derevyanko, A.A. Tishkin. Barnaul : Izd-vo Alt. un-ta, 2017. Pp. 1062–1063.

Faizullin I.A. Bronze Age Settlements of the Orenburg Cis-Urals: Diss. … Cand. of History. Sciences. Orenburg : Orenburgskio gosudarstvennyo pedagogicheskio universitet, 2022. 270 p. (*In Russ.*)

Faizullin I.A. Construction Traditions of the Late Bronze Age Population in the Orenburg Cis-Urals. *Arkheologiya Kazakhstana = Archaeology of Kazakhstan*. 2024;2(24):44–69. (*In Russ.*)

Faizullin I.A., Ankushev M.N., Blinov I.A., Artemyev D.A. Metallurgical Slags and Metal Products at the Pokrovskoe Settlement of the Late Bronze Age in the Orenburg Cis-Urals. *Geoarheologiya i arheologicheskaya mineralogiya = Geoarchaeology and Archaeological Mineralogy*. 2023;10:211–218. (*In Russ.*)

Feoktistov V.P. Predictive Assessment of the Eastern Part of the Russian Platform for Hydrogenetic Copper Mineralization. *Rudy i metally = Ores and Metals*. 2000;4;15–24. (*In Russ.*)

© M.N. Ankushev, I.A. Faizullin, D.A. Artemyev et al.

Chernyh E.N. The Earliest Metallurgy of the Urals and the Volga Region. Moscow : Nauka, 1970. 185 p. (*In Russ.*)

Ankushev M.N., Artemyev D.A., Blinov I.A., Bogdanov S.V. Bronze Age Metallurgical Slags from the South Urals: Types, Mineralogy and Copper Sources. *Periodico di Mineralogia*. 2021;90:173–193.

Bronk Ramsey C. Bayesian Analysis of Radiocarbon Dates. *Radiocarbon.* 2009;1(51):337–360.

DeNiro M.J. Post-Mortem Preservation and Alteration of in Vivo Bone Collagen Isotope Ratios in Relation to Palaeodietary Reconstruction. *Nature*. 1985;317:806–809.

Reimer P., Austin W., Bard E., Bayliss A., Blackwell P., Bronk Ramsey C., Butzin M., Cheng, H., Edwards R., Friedrich M., Grootes P., Guilderson T., Hajdas I., Heaton T., Hogg A., Hughen K., Kromer B., Manning S., Muscheler R., Palmer J., Pearson C., van der Plicht J., Reimer R., Richards D., Scott E., Southon J., Turney C., Wacker L., Adolphi F., Büntgen U., Capano M., Fahrni S., Fogtmann-Schulz A., Friedrich R., Köhler P., Kudsk S., Miyake F., Olsen J., Reinig F., Sakamoto M., Sookdeo A., Talamo, S.. The IntCal20 Northern Hemisphere Radiocarbon Age Calibration Curve (0–55 cal kBP). *Radiocarbon.* 2020;62:725–757.

Stuiver M., Polach H.A. Discussion Reporting of 14C Data. *Radiocarbon.* 1977;19(3):355–363.

ВКЛАД АВТОРОВ / CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

Анкушев М.Н.: общее руководство исследованием, концептуализация и написание статьи.

M.N. Ankushev: general research supervision, conceptualization, and article writing.

Файзуллин И.А.: сбор материала для исследования, написание археологического блока статьи.

I.A. Faizullin: collecting research materials, writing the archaeological section of the article.

Артемьев Д.А.: проведение ЛА-ИСП-МС анализа, написание тематического блока статьи.

D.A. Artemyev: conducting LA-ICP-MS analysis, writing the thematic section of the article.

Хворов П.В.: проведение рентгенофазового анализа.

P.V. Khvorov: conducting XRD analysis.

Блинов И.А.: изучение фрагментов руды методом электронной микроскопии.

I.A. Blinov: studying ore fragments using electron microscopy.

Конфликт интересов отсутствует / There is no conflict of interest.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Анкушев Максим Николаевич, кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник Южно-Уральского федерального научного центра минералогии и геоэкологии УрО РАН, Миасс, Россия.

Maxim N. Ankushev, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Researcher at the South Urals Federal Research Center of Mineralogy and Geoecology UB RAS, Miass, Russia.

Файзуллин Ильдар Асхатович, кандидат исторических наук, научный сотрудник Оренбургского государственного педагогического университета, Оренбург, Россия.

© М.Н. Анкушев, И.А. Файзуллин, Д.А. Артемьев и др.

Ildar A. Faizullin, Candidate of Historical Sciences, Research Fellow at the Orenburg State Pedagogical University, Orenburg, Russia.

Артемьев Дмитрий Александрович, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Южно-Уральского федерального научного центра минералогии и геоэкологии УрО РАН, Миасс, Россия.

Dmitry A. Artemyev, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Researcher at the South Urals Federal Research Center of Mineralogy and Geoecology UB RAS, Miass, Russia.

Хворов Павел Витальевич, кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник Южно-Уральского федерального научного центра минералогии и геоэкологии УрО РАН, Миасс, Россия.

Pavel V. Khvorov, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Senior Researcher at the South Urals Federal Research Center of Mineralogy and Geoecology UB RAS, Miass, Russia.

Блинов Иван Александрович, кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник Южно-Уральского федерального научного центра минералогии и геоэкологии УрО РАН, Миасс, Россия.

Ivan A. Blinov, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Researcher at the South Urals Federal Research Center of Mineralogy and Geoecology UB RAS, Miass, Russia.

Статья поступила в редакцию 24.03.2026;
одобрена после рецензирования 17.07.2026;
принята к публикации 31.08.2026.
The article was submitted 24.03.2026;
approved after reviewing 17.07.2026;
accepted for publication 31.08.2026.

© M.N. Ankushev, I.A. Faizullin, D.A. Artemyev et al.