УДК 902/904

Дата поступления статьи: 02.05.2025
Дата принятия статьи: 03.06.2025

Рудники синташтинской культуры: современное состояние проблемы и новые аналитические данные

Полина Сергеевна Анкушева[#], Максим Николаевич Анкушев, Иван Александрович Блинов, Андрей Владимирович Епимахов

Южно-Уральский федеральный научный центр минералогии и геоэкологии УрО РАН, Миасс, Россия
[#] E-mail: polenke@yandex.ru

Аннотация. В статье обобщены актуальные свидетельства разработки медных месторождений синташтинским населением бронзового века Южного Зауралья. Суммированы данные радиоуглеродного датирования и найденные в местах горных выработок культурно диагностируемые фрагменты керамики. Также представлены особенности минерального состава медных руд из синташтинских погребений, установленные методом электронной микроскопии. Только два древних рудника (Новотемирский и Ишкининский) на сегодняшний день располагают синхронными с синташтинским интервалом радиоуглеродными AMS-датировками около рубежа III/II тыс. до н.э., но на этих памятниках пока не найдены культурно определимые артефакты этого периода. Единичные небольшие фрагменты керамики синташтинско-петровского облика обнаружены совместно с доминирующей массой алакульского комплекса на руднике Воровская Яма. Минералого-геохимические особенности руд и шлаков из некрополей Каменный Амбар-5 и Кривое Озеро указывают на использование синташтинскими металлургами сырья как из месторождений, приуроченных к ультрабазитам, так и из медно-порфировых месторождений. На основании идентичности состава турмалина в погребении металлурга из могильника Кривое Озеро с таковым в рудах Еленовского месторождения предполагается открытие последнего в синташтинский период. При констатации факта, что на сегодняшний день ни один из известных древних рудников не располагает надежными доказательствами его синташтинской эксплуатации, подчеркивается многокомпонентность меднорудной базы первых металлургов Южного Зауралья.

Ключевые слова: синташтинская культура, бронзовый век, Южный Урал, металлургия меди, древний рудник, погребальные комплексы, радиоуглеродное датирование, РЭМ-ЭДС

Цитирование. Анкушева П.С., Анкушев М.Н., Блинов И.А., Епимахов А.В., 2025. Рудники синташтинской культуры: современное состояние проблемы и новые аналитические данные, *Уфимский археологический вестник*, т. 25, № 2, с. 199–210. DOI: https://doi.org/10.31833/uav/2025.25.2.016

Финансирование. Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ, проект № 25-18-20001 «Первые горняки бронзового века в Южном Зауралье: технологии, связи и повседневность».

UDC 902/904

Submitted: 02.05.2025
Accepted: 03.06.2025

Sintashta mines: current state of the problem and new analytical data

Polina S. Ankusheva[#], Maksim N. Ankushev, Ivan A. Blinov, Andrey V. Epimakhov

South Ural Federal Research Center of Mineralogy and Geoecology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Miass, Russia
[#] E-mail: polenke@yandex.ru

Abstract. The article colligates the current evidence of the development of copper deposits by the Sintashta population in the Bronze Age Southern Trans-Urals. The study summarizes data of the radiocarbon dating and culturally identifiable ceramic fragments found at the mining sites. The paper discusses features of the mineral composition of copper ores from Sintashta burials determined by electron microscopy. So far, only two ancient mines, Novotemirsky and Ishkinino, currently have radiocarbon AMS dates synchronized with the Sintashta interval. They are dated around the turn of the 3/2 millennium BCE. However, these sites do not reveal any culturally significant artifacts from this period. The research discovers few small fragments of Sintashta-Petrovka ceramics together with a dominant mass of Alakul complexes at the Vorovskaya Yama mine. The mineralogical and geochemical features of the ores and slags from the Kamennyi Ambar-5 and Krivoe Ozero necropolises indicate that Sintashta metallurgists used ore raw materials from both ultrabasic rocks and copper-porphyry deposits. It is established that the tourmaline composition in the burial of a metalworker from the Krivoe Ozero burial ground and the tourmaline composition in the ores of the Elenovka deposit are identical. This leads to an assumption that it was discovered during the Sintashta period. When it is stated, that to date none of the known ancient mines have reliable evidence of their development by the Sintashta people, it proves the multi-component copper ore base of the early metallurgists in the Southern Urals.

Keywords: Sintashta culture, Bronze Age, Southern Urals, copper metallurgy, ancient mine, necropolis, radiocarbon dating, SEM-EDS

Citation. Ankusheva, P.S., Ankushev, M.N., Blinov, I.A., Epimakhov, A.V., 2025, "Sintashta mines: current state of the problem and new analytical data", *Ufa Archaeological Herald*, vol. 25, no. 2, pp. 199–210. (In Russ.) DOI: https://doi.org/10.31833/uav/2025.25.2.016

Funding. The study was carried out with the financial support of the Russian Science Foundation, project No. 25-18-20001 "The First Bronze Age Miners in the Southern Trans-Urals: Technologies, Contacts and Everyday Life".

Введение

Достоверные свидетельства металлопроизводства в Южном Зауралье появляются на рубеже III/II тыс. до н.э. и связываются, прежде всего, с синташтинской культурой. Процессы выплавки меди из руды, отливки изделий, металлообработки и вторичного переплава массово представлены в виде находок фрагментов медных руд, шлаков, руинированных металлургических печей, сопел, литейных форм, орудий различных стадий производства и полноценных изделий в материалах укрепленных поселений и могильников [Григорьев, 2013; Епимахов, Берсенева, 2016]. В историографии постулируется точка зрения о местной меднорудной базе синташтинской металлургии. Основанная на расположении культурного ядра в зоне распространения медных месторождений [Виноградов, 2005; Дегтярева, 2009. С. 38; Ткачев, 2024. С. 91–92] она получила свое косвенное подтверждение в виде минералого-геохимических исследований продуктов металлопроизводства. По результатам анализа состава синташтинских и абашевских медных и бронзовых изделий Е.Н. Черных выделил среди них две группы: из «чистой меди» МП (руды медистых песчаников Предуралья) и из мышьяковой меди группы ТК, предположительно происходящей из месторождения Таш-Казган [Черных, 2007. С. 80–81]. Последующие исследования шлаков и руд из материалов укрепленных поселений показали, что их обитатели использовали руду с месторождений меди, приуроченных к ультрабазитам [Григорьев, Дунаев, Зайков, 2005; Зайков и др., 2005; Григорьев, 2013. С. 181]. Однако, археологические свидетельства отработки конкретных меднорудных объектов до недавних пор были отмечены только на руднике Воровская Яма в виде подъемных сборов синташтинской керамики с бортов карьера [Зайков и др., 2005].

За последние десять лет благодаря раскопкам на древних рудниках и углубленным междисциплинарным изысканиям перечень свидетельств отработки месторождений носителями синташтинских традиций расширился [Виноградов и др., 2017; Ткачев, 2019; Блинов, Виноградов, 2021; Ankushev et al., 2021; Анкушева и др., 2022; Ankusheva et al., 2022; Epimakhov et al., 2024]. Цель данной работы – систематизировать их, сгруппировав по ключевым подходам: радиоуглеродное датирование, типология обнаруженного на рудниках инвентаря, новые аналитические данные по рудам из синташтинских погребальных комплексов.

Радиоуглеродное датирование

Согласно данным радиоуглеродного AMS-датирования, добыча медной руды в Южном Зауралье началась на рубеже III/II тыс. до н.э. и продолжалась здесь в течение всего бронзового века горняками различных культур [Ankusheva et al., 2022]. Соответствующие интервалу синташтинских древностей даты (табл. 1) получены из культурного слоя двух рудников – Новотемирского и Ишкининского (рис. 1; 2). Первый расположен в Чесменском районе Челябинской области. Рудопроявление приурочено к Куликовскому ультрабазитовому массиву, медно-железные руды залегают на контакте апогарцбургитовых серпентинитов с родингитами. К настоящему времени памятник

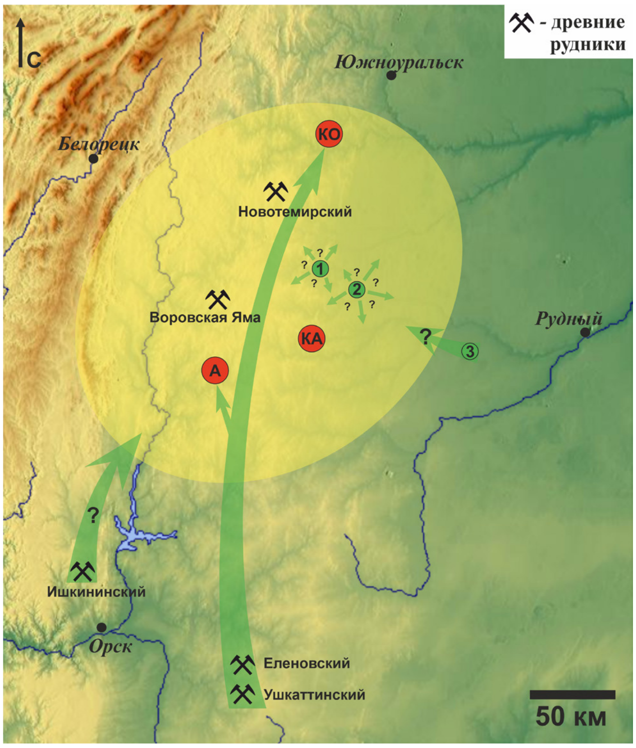

Рис. 1. Схема археологических памятников бронзового века, упоминаемых в статье: КА – могильник Каменный Амбар-5, КО – могильник Кривое Озеро, А – поселение Аркаим. Медно-порфировые месторождения: *1* – Успенско-Ольховская рудная зона; *2* – Михеевское месторождение; *3* – Баталинское месторождение. Желтым выделен ареал металлопроизводящих укрепленных поселений синташтинской культуры

Fig. 1. Layout of the Bronze Age archaeological sites mentioned in the article: KA – the Kamennyi Ambar-5 burial ground, KO – the Krivoe Ozero burial ground, A – the Arkaim settlement. Copper porphyry deposits. *1* – Uspensko-Olkhovka ore zone, *2* – Mikheevskoe deposit, *3* – Batalinskoe deposit. The area of metal-producing fortified settlements of the Sintashta culture is highlighted in yellow

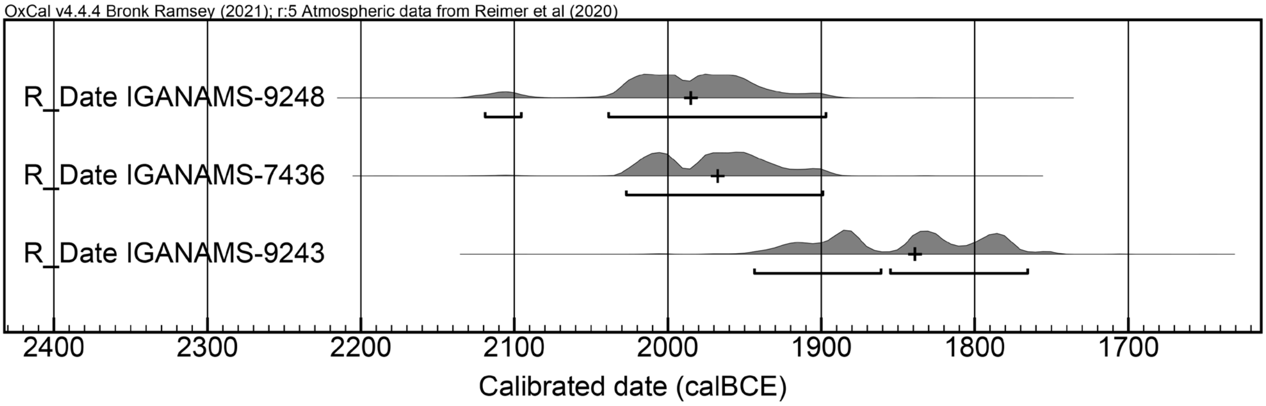

Рис. 2. Результаты радиоуглеродного AMS-датирования образцов из культурного слоя рудников Ишкининский (IGAN$_{AMS}$-9248) и Новотемирский (IGAN$_{AMS}$-7436, 9243)

Fig. 2. Results of radiocarbon AMS dating of samples from the cultural layer of the Ishkinino (IGAN$_{AMS}$-9248) and Novotemirsky (IGAN$_{AMS}$-7436, 9243) mines

представляет собой окруженный оплывшими задернованными отвалами одиночный карьер. Раскопом площадью 400 м^2 вскрыты участки отвалов рудника и несколько горных выработок различной морфологии. Радиоуглеродная серия по этому памятнику насчитывает 13 датировок, относящихся к периоду от рубежа III/II тыс. до н.э. и до современности [Ankusheva et al., 2022; Анкушева и др., 2022]. Две наиболее ранние из них – древесный уголь (IGAN$_{AMS}$-7436, 2028–1900 кал.л. до н.э. (2σ)) и кость КРС (IGAN$_{AMS}$-9243, 1944–1766 кал.л. до н.э. (2σ)) – происходят из заполнения металлургического горна, расчищенного на уровне материка. Несмотря на идентичный контекст залегания образцов, разница между датировками составляет порядка 100 лет. Одной из причин этого различия мог быть эффект «старого дерева». Пограничный характер полученного интервала (XX–XVIII вв. до н.э.) попадает на чрезвычайно динамичный период культурогенетических процессов Южного Зауралья [Краузе и др., 2019] и в отсутствии культурно диагностируемых артефактов может быть соотнесен с синташтинскими, абашевскими, петровскими и даже алакульскими древностями. Аргументами в пользу первых трех являются минералого-геохимические особенности шлаков из заполнения горна. Морфология образцов шлаковых лепешек, их минералогические особенности (сложены оливином, присутствуют реликты хромшпинелидов) и общая As-Ni геохимическая ассоциация сближает Новотемирские образцы со шлаками рубежа III/II тыс. до н.э. Южного Зауралья [Grigoriev, 2015. P. 270; Корякова и др., 2020; Анкушева и др., 2022]. Таким образом, несмотря на наличие соответствующих датировок, культурная принадлежность первооткрывателей Новотемирского медно-магнетитового месторождения остается под вопросом.

Схожая ситуация – датировки рубежа III/II тыс. до н.э. в совокупности с отсутствием культурно диагностируемых артефактов – наблюдается на Ишкининском руднике. Ишкининское кобальт-медноколчеданное месторождение находится в Гайском районе Оренбургской области. Памятник включает в себя не менее 10 горных выработок: восемь карьеров и две вертикальные выработки (шахты). Единственная радиоуглеродная AMS-датировка (IGAN$_{AMS}$-9248, 2120–1898 кал.л. до н.э. (2σ)) выполнена по кости крупного копытного, найденной в прослойках северного отвала самого большого карьера № 1 в скоплении малахит-гетитовых руд («рудный склад № 2») [Зайков, Юминов, Ткачев, 2012. С. 41. Рис. 5, *3*]. Для этого памятника также имеется серия из четырех радиометрических дат по погребенной почве из-под отвалов карьеров №№ 6–9 (диапазон 4030±100 – 4730±120) [Ткачев, 2019. С. 43], видимо, выполненных по общему углероду (total carbon). Сегодня ведется активный поиск «датирующей фракции» столь сложного для определения возраста образца как почва [Чичагова, Зазовская, 2015. С. 173]. По этой причине до получения дополнительных данных приведенные даты, хотя и относятся к бронзовому веку, вряд ли могут быть использованы для уточнения культурных дефиниций. Так или иначе, ни Новотемирский, ни Ишкининский рудник сейчас не располагают культурно определимыми артефактами обсуждаемого периода. Это лишает безусловности вывод об их отработке именно синташтинскими горняками, в том числе, в свете увеличения базы источников по зауральским абашевским древностям, близким по хронологии [Епимахов и др., 2024. С. 45].

Синташтинские артефакты на рудниках

В качестве культурно диагностируемой категории артефактов для эпохи бронзы Северной Евразии традиционно используется керамика. К сожалению, находки последней исключительно редки как в коллекциях подъемных сборов, так и в культурном слое раскопанных рудников. Массово фрагменты сосудов бронзового века обнаружены

Таблица 1

Результаты радиоуглеродного AMS-датирования материалов из культурного слоя древних рудников, синхронные синташтинскому хронологическому интервалу (по: [Ankusheva et al., 2022. P. 16])

Table 1

Results of radiocarbon AMS dating of materials from the cultural layer of ancient mines synchronized with the Sintashta chronological interval (acc. to: [Ankusheva et al., 2022. P. 16])

Рудник	Контекст	Материал	Лаб. индекс и №	14C, BP	+/- 1σ	Кал. лет до н.э. (95,4%)	Медиана	C/Natm	δ15N, ‰	δ13C, ‰
Ишкининский	Карьер 1, восточная траншея, «рудный склад № 2»	Кость крупного копытного (коллаген)	$IGAN_{AMS}$-9248	3625	25	2120–1898	1986	3,24	4,98	-19,39
Новотемирский	Заполнение металлургического горна, ур. -234	Уголь	$IGAN_{AMS}$-7436	3610	20	2028–1900	1968	-	-	-
Новотемирский	Заполнение металлургического горна, ур. -234	Кость Bos Taurus (коллаген)	$IGAN_{AMS}$-9243	3530	25	1944–1766	1840	3,18	3,96	-20,32

только на руднике Воровская Яма, который расположен в Кизильском районе Челябинской области [Зайков и др., 2005. С. 103-104; Ankusheva et al., 2022]. Рудопроявление меди приурочено к дунит-клинопироксенит-габбровому массиву. Здесь, к северо-востоку от центрального карьера, раскопом общей площадью 320 м² исследован участок поселения горняков XVII–XVI вв. до н.э. Основываясь на данных радиоуглеродного датирования и керамическом облике подавляющего большинства найденных здесь сосудов, культурная принадлежность памятника определена как алакульская. Типологически более ранний (синташтинско-петровский) облик имеют только четыре фрагмента сосудов, залегающие в слое совместно с алакульскими (рис. 3).

1. Фрагмент плечика (рис. 3, *1*) происходит от остроребернoго сосуда средних размеров (шифр 374В/218). Орнамент в верхней части тулова представлен косозаштрихованными ромбами, выполненными гладким штампом, выше по шейке – тремя параллельными горизонтальными линиями, выполненными гребенчатым штампом. Цвет красно-серый. В формовочной массе крупнозернистая примесь талька, наблюдаются включения окатанного бурого железняка и пустоты от выгоревшей органики. Внешняя поверхность хорошо заглажена, на внутренней присутствуют борозды. «Ребро» при переходе от шейки к тулову и усеченно-коническая форма являются характерными признаками типа I керамики петровской культуры по типологии Н.Б. Виноградова [Виноградов, 1982; Алаева, 2016. С. 81].

2. Фрагмент тулова (рис. 3, *2*) происходит от сосуда средних размеров (шифр 374В/230), орнаментированного желобками многорядного зигзага с крутым падением сторон. Данный орнаментальный мотив широко распространен на керамике синташтинской культуры, часто покрывая всю поверхность тулова сосудов елочным узором [Ткачев, Хаванский, 2006. С. 64]. Цвет серо-коричневый. В формовочной массе примесь талька и органики, на внутренней поверхности присутствует пригар.

3. Фрагмент шейки (рис. 3, *3*) происходит от горшка средних размеров (шифр 374В/1301-1302). Острый угол между резко отогнутым венчиком и основной частью шейки находит свои параллели в комплексе остроребернных сосудов с усеченно-коническим туловом, характерных для синташтинских и петровских памятников (тип IA по типологии Н.Б. Виноградова) [Алаева, 2016. С. 80. Рис. 2]. Орнамент нанесен гребенчатым штампом и пред-

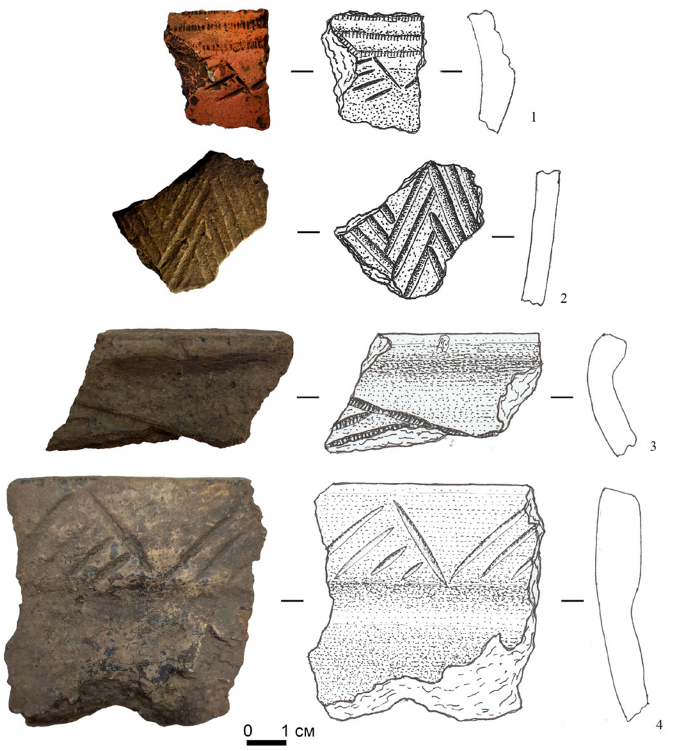

Рис. 3. Фрагменты керамических сосудов синташтинско-петровского облика (?) на руднике Воровская Яма

Fig. 3. Fragments of ceramic vessels of the Sintashta-Petrovka type (?) at the Vorovskaya Yama mine

ставлен частью геометрической косозаштрихованной фигуры (треугольника или ромба).

4. Фрагмент прямой высокой шейки с утолщением под венчиком («воротничком») (рис. 3, *4*) происходит от крупного сосуда (шифр 374В/1305). Орнамент нанесен гладким штампом по «воротничку» и представлен косо заштрихованными равносторонними треугольниками вершинами вверх. Цвет серо-коричневый, внешняя поверхность заглажена, на внутренней – борозды от заглаживания твердым инструментом. В формовочной массе примесь талька и органики. «Воротничок», неорнаментированная зона в нижней половине шейки и гладкий штамп в орнаментации выделены как маркеры типа IБ (петровского, раннеалакульского или кулевчинского этапов согласно типологии Н.Б. Виноградова) [Алаева, 2016. С. 80. Рис. 2].

Тем не менее, с учетом небольшого размера фрагментов и их малочисленности, уверенные выводы о наличии синташтинско-петровского этапа отработки на руднике Воровская Яма были бы преждевременны. Немногочисленные находки артефактов типологически более раннего облика без фиксации соответствующих строительных горизонтов – рядовая ситуация на неукрепленных поселениях позднего бронзового века Южного Зауралья [Григорьев, 2008. С. 176]. Контраргументом тезиса об открытии этого рудника синташтинскими горняками является также несовпадение состава обнаруженных на нем шлаков с таковыми из культурного слоя укрепленных поселений, в том числе ближайших – Сарым-Саклы и Куйсак. Маркером медного сырья рудника Воровская Яма является примесь Zn в рудах[1].Она фиксируется также в металлургических шлаках и ошлакованной керамике, найденных на руднике [Анкушев и др., 2017; Анкушева и др., 2023]. По данным рентгенофлуоресцентного анализа, высокое содержание Zn отмечено в большинстве образцов металлургических шлаков с близлежащих к руднику алакульских поселений – Кацбах I, Кацбах II, Лебяжье IV. Металлургические шлаки синташтинского поселения Сарым-Саклы, напротив, имеют иную геохимическую ассоциацию, и Zn в них не фиксируется [Анкушев и др., 2016].

Фрагменты медной руды в синташтинских погребениях

Предпочтительные типы месторождений – источников сырья для первых зауральских металлургов – ранее были установлены благодаря анализам шлаков (в гораздо меньшей степени – руд) при помощи оптической и электронной микроскопии. Основу синташтинской выборки составляли находки из культурного слоя укрепленных поселений. С.А. Григорьев выделил четыре минералогические группы шлака [Григорьев, 2013. С. 123–169]. I группа (основные минералы: оливин, магнетит, реликты хромшпинелидов и серпентинита) маркирует выплавку руд, приуроченных к ультрабазитам, II группа (кварц, оливин, магнетит) – из кварцсодержащих пород, для III группы (оливин, кварц, хромшпинелиды, магнетит) предполагается использование двухкомпонентной рудной шихты из ультраосновных и кварцевых пород либо добавление кварца в качестве флюса. Месторождения руды, связанные со шлаками IV группы (куприт, делафоссит) без применения высокопрецизионных и изотопных методов установить затруднительно. Автор подчеркивает, что единичные шлаки монокультурных синташтинских памятников (Кривое Озеро, Сарым-Саклы, Аландское) относятся к первой группе. Эксплуатация руды из кварцсодержащих пород, по его мнению, связана с петровскими слоями укрепленных поселений [Григорьев, 2013. С. 168]. Позднее довод о гомогенности комплекса шлаков синташтинской культуры был подтвержден на материалах поселений Сарым-Саклы и Левобережное [Анкушев и др., 2016; Анкушев, Петров, Блинов, 2018].

Для проверки этой гипотезы мы впервые обратились к изучению фрагментов руды из погребальных комплексов. Их преимущества заключаются в надежной культурно-хронологической атрибуции в условиях закрытого комплекса и, в отличие от шлаков, возможности определения несмешанного в шихте источника медных минералов. Основным недостатком является редкость подобных находок – учтенных образцов чуть более десятка [Епимахов, Берсенева, 2016], а также ритуальный характер комплексов.

В выборку включены пять фрагментов медных руд из двух некрополей Южного Зауралья. В могильнике Кривое Озеро (к. 10, я. 3), наряду с другими атрибутами металлопроизводства (шлаками, металлическим ломом), фрагмент руды был найден в индивидуальном захоронении мужчины старше 50 лет [Epimakhov et al., 2024]. Образцы могильника Каменный Амбар-5 происходят из трех различных погребений. В коллективном погребении четырех человек (к. 2, я. 12) два фрагмента руды были найдены у костей стоп женщины 38–49 лет [Епимахов, 2005. С. 48–54]. Контекст находки еще одного образца этого кургана (я. 17) не совсем ясен в силу того, что могила взрослой женщины и ребенка 8±2 лет была сильно потревожена [Епимахов, 2005. С. 61–63]. Последний образец этого могильника происходит из индивидуального захоронения женщины 22–25 лет [Епимахов, 2005. С. 100–104]. В некоторых случаях уточнение возраста и пола произведено по результатам углубленного антропологического и палеогенетического исследования [Judd et al., 2018; Narasimhan et al., 2019].

[1] По: Куладшев Ш. Минералогия рудоносных родингитов из зоны окисления древнего медного рудника Воровская Яма (Южный Урал). Выпускная квалификационная работа ЮУрГУ – 05.03.01. 2022.203-01-001. Миасс, 2022. 40 с.

Хронология комплексов обеспечена радиоуглеродными датами. Яма 3 кургана 10 некрополя Кривое Озеро продатирована по костям КРС из жертвенника ($IGAN_{AMS}$-10547, 1881–1696 кал.л. до н.э. (2σ)) [Epimakhov et al., 2024]. В яме 12 кургана 2 могильника Каменный Амбар-5 проанализированы кости покойного, заведомо одновременного интересующему нас скелету (OxA-12532, 2035–1886 кал.л. до н.э. (2σ)). В яме 3 кургана 4 этого же памятника образец отобран из костей скелета единственной погребенной (OxA-12534, 1942–1760 кал.л. до н.э. (2σ)) [Hanks et al., 2007].

Минералогия фрагментов медной руды и особенности состава минералов определены в пяти полированных аншлифах на СЭМ Tescan VEGA 3 sbu (ускоряющее напряжение 20 кВ, живое время 120 с, поглощенный ток на эталоне Co около 260 pA).

Могильник Кривое Озеро (курган 10, яма 3)

В небольшом фрагменте руды (2×3 см) основным рудным минералом является малахит, акцессорными – турмалин, кварц, пирит, гетит, рутил, халькопирит, акантит, иодаргирит. Турмалин является акцессорным минералом для золото-медно-порфировых месторождений [Sillitoe, 2010]. В окрестностях могильника, как и в основном ареале распространения синташтинских укрепленных поселений, на сегодняшний день неизвестны возможные источники такой руды. Местные месторождения, для которых доказана их разработка в бронзовом веке, содержат руды другого состава [Зайков и др., 2005; Ankusheva et al., 2022]. Ближайшие медно-порфировые месторождения с турмалиновой минерализацией, имеющие признаки разработки в древности – Еленовское и Ушкаттинское [Zaykov et al., 2005]. В образцах руды с древней выработки Еленовка и близлежащего поселения Байту также обнаружены турмалин и рутил [Frotzscher, 2021]. Исследование состава турмалина методом LA-ICP-MS в этих рудах показало его идентичность с образцом из погребения могильника Кривое Озеро и поселения Аркаим [Epimakhov et al., 2024].

Необходимо отметить, что металлургические шлаки из этого погребения происходят от выплавки руды другого состава. Все четыре исследованных образца схожи по минералого-геохимическим характеристикам и относятся к оливиновому хромитсодержащему типу [Ankushev et al., 2021] или минералогической группе I [Григорьев, 2013. С. 123]. Металлические включения в шлаке представлены каплями мышьяковой бронзы с примесями Fe, Ni, редко S. Минеральные включения представлены зернами хромшпинелидов и оплавленными реликтами серпентинитов. Это позволяет предполагать, что источники руды и легирующих добавок были связаны с месторождениями, приуроченными к ультрабазитовым массивам.

Могильник Каменный Амбар-5

Все образцы руды соответствуют верхним горизонтам зоны окисления медных месторождений. Два идентичных образца из кургана 2 ямы 12 представлены срастаниями гипергенных минералов меди – малахита, хризоколлы и атакамита (рис. 4, *1, 2*; 5, *а, б*). Акцессорная минерализация представлена зернами кварца, иногда с включениями пирита, халькопирита, акантита, сфалерита. Основная масса образца из ямы 17 кургана 2 (рис. 4, *3*; 5, *в, г*) представлена малахитом и азуритом, широко распространены зерна кварца. Акцессорная минерализация представлена крупными зернами ксенотима (до 100 мкм), губчатыми агрегатами Mn-Pb-оксида и субмикронными зернами барита, моттрамита, капгароннита(?). Минералогия образца из ямы 3 кургана 4 более разнообразна (рис. 5, *д, е*). Основная масса представлена малахитом, широко распространены хризоколла, кварц и гетит. Акцессорная минерализация представлена атакамитом, чешуйками хлорита, реликтами пирита в гетите, включением халькопирита в зерне кварца, а также единичными мелкими зернами касситерита, моттрамита и Bi-минерала. Большое количество кварца и наличие таких минералов как ксенотим может свидетельствовать о происхождении этих образцов из зоны окисления медно-порфировых (или золото-медно-порфиро-

Рис. 4. Фрагменты медных руд из синташтинских погребений могильника Каменный Амбар-5. *1* – курган 2, яма 12 (размер фрагмента 1,9×1,5×1,5 см); *2* – курган 2, яма 12 (размер фрагмента 1×0,7×0,6 см); *3* – курган 2, яма 17 (размер фрагмента 2,3×1,9×1,2 см)

Fig. 4. Fragments of copper ores from the Sintashta burials of the Kamennyi Ambar-5 burial ground. *1* – mound 2, pit 12 (1.9×1.5×1.5 cm fragment); *2* – mound 2, pit 12 (1×0.7×0.6 cm fragment); *3* – mound 2, pit 17 (2.3×1.9×1.2 cm fragment)

вых) месторождений, связанных с гранитоидами. Ближайшими к поселению месторождениями этого типа являются Михеевское, Баталинское и Успенско-Ольховское рудное поле (рис. 1). Пока древние выработки на месторождениях этого типа в Южном Зауралье не обнаружены.

Сумма полученных фактов (табл. 2) позволяет сделать следующие наблюдения. Во-первых, синташтинское население использовало медно-порфировые месторождения, т.е. их отработка началась не позднее рубежа III/II тыс. до н.э. Это расширяет векторы поиска древнейших рудников Южного Зауралья и лишает ранее предполагаемого хронологического приоритета месторождения в ультрабазитах. Однако остается вопрос, почему

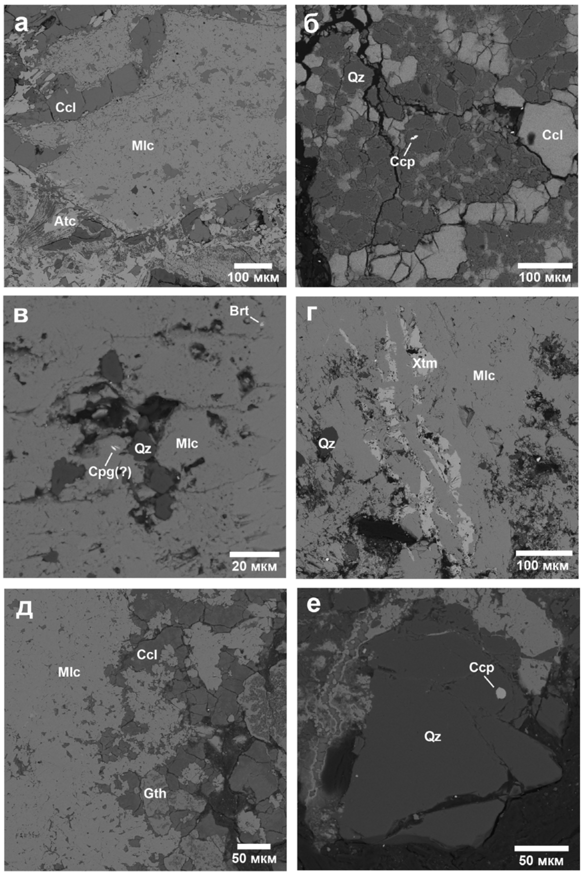

Рис. 5. Минералогия фрагментов медной руды могильника Каменный Амбар-5. *а* – срастания малахита (Mlc), хризоколлы (Ccl) и атакамита (Atc), курган 2, яма 12; *б* – зерна кварца (Qz) и агрегаты хризоколлы, в центре – реликт халькопирита (Ccp), курган 2, яма 12; *в* – зерна кварца, барита (Brt) и капгароннита(?) (Cpg) в малахите, курган 2, яма 17; *г* – зерна ксенотима (Xtm) и кварца в малахите, курган 2, яма 17; *д* – срастания малахита, хризоколлы и гетита (Gth), курган 4, яма 3; *е* – зерно кварца с включением халькопирита, курган 4, яма 3. *Фото в отраженных электронах*

Fig. 5. Mineralogy of copper ore fragments from the Kamennyi Ambar-5 burial ground. *а* – intergrowths of malachite (Mlc), chrysocolla (Ccl), and atacamite (Atc), mound 2, pit 12; *б* – quartz grains (Qz) and chrysocolla aggregates, in the center – a chalcopyrite relict (Ccp), mound 2, pit 12; *в* – grains of quartz, barite (Brt), and capgaronnite(?) (Cpg) in malachite, mound 2, pit 17; *г* – grains of xenotime (Xtm) and quartz in malachite, mound 2, pit 17; *д* – intergrowths of malachite, chrysocolla, and goethite (Gth), mound 4, pit 3; *е* – quartz grain with chalcopyrite inclusion, mound 4, pit 3. *BSE image*

минералогические маркеры медно-порфировых месторождений в меньшей степени представлены в шлаках, а на поселенческих памятниках без петровских слоев отсутствуют совсем [Григорьев, 2013. С. 168; Ankushev et al., 2021]. По мнению С.А.Григорьева, отказ от плавок руд, приуроченных к ультрабазитам, был связан как с территориальным расширением синташтинского ареала, так и наложением внешних импульсов в виде елунинских и сейма-турбинских металлургических технологий (переход на плавки сульфидов, внедрение оловянной лигатуры и переход на соответствующие приемы литейного и кузнечного производства и типы изделий) [Григорьев, 2013. С. 505].

Во-вторых, синташтинским жителям одного микрорайона (одного памятника?) были одновременно известны несколько источников руды. Это прямо подтверждается несовпадением минералогии шлаков и руд в погребении металлурга из могильника Кривое Озеро. Фрагменты руд с укрепленных поселений также демонстрируют схожую картину разнообразия минерального состава [Анкушев и др., 2021, Блинов, Виноградов, 2021]. Но, принимая во внимание более продолжительный характер функционирования поселений, разница минералогических групп ранее объяснялась культурно-хронологической спецификой технологий синташтинского и петровского этапов.

На однозначность наших суждений также влияет ритуальный характер образцов. Интересующий нас тип находок обнаружен в разных типах погребений: индивидуальных, двойных и коллективных. Во всех достоверных случаях это взрослые индивиды женского, реже мужского пола. Расположение находок относительно скелета различно: есть два примера размещения в ногах погребенного и один вне очевидной связи с телом (в углу «головной» части могилы). Все погребения совершены за пределами центра кургана, но с разной степенью регулярности вписаны в круговую планировку подкурганного пространства. Мизерность серии не позволяет делать широкие обобщения, но обрядовые черты и остальной инвентарь (с оговорками о некоторых нестандартных атрибутах, сопровождавших мужчину из могильника Кривое Озеро) не выделяют описанные комплексы из синташтинской серии. Аргументы в пользу прижизненной специализации имеются только относительно погребенного в могильнике Кривое Озеро и связаны с наличием среди сопровождающего инвентаря свидетельств всех этапов металлопроизводства (руда, шлаки, готовые изделия, лом для переплавки), а также с антропологическими особенностями и нелокальным происхождением этого индивида [Epimakhov et al., 2024]. Что касается остальных, то не факт, что найденные фрагменты горных пород маркируют реально использовавшийся в металлургии тип сырья, а не являются символическим отображением иных идей.

Таблица 2. Минеральный состав руд из синташтинских погребений Южного Зауралья
Table 2. Mineral composition of ores from the Sintashta burials in the Southern Trans-Urals

Памятник	Количество исследованных фрагментов руды	Основные минералы	Акцессорные минералы	Предполагаемый источник
Каменный Амбар-5, курган 2, яма 12, скелет 3	2	Малахит, хризоколла, атакамит	Кварц, пирит, халькопирит, сфалерит, акантит	Зона окисления медно-порфирового месторождения
Каменный Амбар-5, курган 2, яма 17	1	Малахит, азурит, кварц	Ксенотим, барит, Mn-Pb-оксид, моттрамит, капгароннит (?)	Зона окисления медно-порфирового месторождения
Каменный Амбар-5, курган 4, яма 3	1	Малахит, хризоколла, кварц, гетит	Атакамит, хлорит, пирит, халькопирит, каолин, касситерит, моттрамит, Bi-минерал	Зона окисления медно-порфирового месторождения
Кривое Озеро, курган 10, яма 3	1	Малахит	Турмалин, кварц, пирит, гетит, рутил, халькопирит, акантит, иодаргирит	Еленовское медно-порфировое месторождение

Заключение

На сегодняшний день ни один из выявленных древних рудников не имеет строгих доказательств эксплуатации именно синташтинским населением. Под ними мы понимаем находки культурно определимых артефактов (прежде всего, керамики) в культурном слое горно-металлургических объектов, подтвержденные результатами радиоуглеродного датирования. Косвенными свидетельствами располагают рудники Воровская Яма, Новотемирский и Ишкининский: первый – единичными находками керамики более раннего облика, нежели основной алакульский комплекс, остальные – синхронными синташтинскому периоду датировками. Возможность эксплуатации Еленовского и Ушкаттинского рудников подтверждается составом турмалина в рудах, аналогичным обнаруженному в погребении могильника Кривое Озеро.

С уверенностью можно предположить, что перечень таких объектов не ограничивался однойдвумя позициями: синташтинских рудников было несколько. Различные источники меднорудного сырья установлены даже в рамках одного погребального памятника (могильники Кривое Озеро и Каменный Амбар-5), расстояние от места добычи до потребителей могло достигать 300–350 км. Скорее всего, эксплуатация освоенных синташтинскими горняками месторождений была продолжена в более поздние периоды, что усложняет идентификацию наиболее древних культурных слоев. Помимо перспективы полевых работ на рудниках, для решения проблемы источников сырья синташтинской металлургии необходимо провести систематическое исследование фрагментов медной руды из объектов с надежной культурно-хронологической привязкой и выделением устойчивых минералогических и геохимических маркеров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алаева И.П., 2016. Раннеалакульские памятники Урало-Казахстанского региона, *Вестник археологии, антропологии и этнографии*, № 2 (33), с. 78–85. DOI: https://doi.org/10.20874/2071-0437-2016-34-3-078-085

Анкушев М.Н., Алаева И.П., Медведева П.С., Чечушков И.В., Шарапов Д.В., 2016. Металлургические шлаки поселений бронзового века в долине р. Зингейка (Южный Урал), *Геоархеология и археологическая минералогия. Материалы III Всерос. молодежной науч. школы*. Миасс: УрО РАН, с. 116–120.

Анкушев М.Н., Юминов А.М., Блинов И.А., Котляров В.А., 2017. Металлургические шлаки древнего рудника Воровская Яма (Южный Урал), *Геоархеология и археологическая минералогия. Материалы IV Всерос. молодежной науч. школы*. Миасс: УрО РАН, с. 128–133.

Анкушев М.Н., Петров Ф.Н., Блинов И.А., 2018. Металлургические шлаки и медные руды поселения бронзового века Левобережное (Южный Урал), *Геоархеология и археологическая минералогия. Материалы V Всерос. молодежной науч. школы*. Миасс: УрО РАН, с. 155–161.

Анкушев М.Н., Зайков В.В., Молчанов И.В., Корякова Л.Н., Пантелеева С.Е., Юминов А.М., 2021. Металлургические шлаки и фрагменты руд с поселения бронзового века Каменный Амбар (Южное Зауралье): ключ к определению источников медного сырья, *Теория и практика археологических исследований*, т. 33, № 1, с. 34–57. DOI: https://doi.org/10.14258/tpai(2021)33(1).-03

Анкушева П.С., Алаева И.П., Анкушев М.Н., Батанина Н.С., Блинов И.А., Рассомахин М.А., Чикунова И.Ю., Юминов А.М., 2022. Доисторические технологии горного дела: рудник Новотемирский в Южном Зауралье, *Вестник Томского государственного университета. История*, № 76, с. 166–179. DOI: https://doi.org/10.17223/19988613/76/20

Анкушева П.С., Анкушев М.Н., Алаева И.П., Фомичев А.В., Блинов И.А., Артемьев Д.А., 2022. Медеплавильный горн на древнем руднике Новотемирский, *Поволжская археология*, № 1 (29), с. 34–48. DOI: https://doi.org/10.24852/pa2022.1.39.34.48

Анкушева П.С., Анкушев М.Н., Блинов И.А., Артемьев Д.А., Алаева И.П., 2023. Минералого-геохимическое исследование свидетельств алакульского металлопроизводства на руднике Воровская Яма (Южное Зауралье), *Российская археология*, № 3, с. 23–37. DOI: https://doi.org/10.31857/S0869606323030042

Блинов И.А., Виноградов Н.Б., 2021. Минеральный состав руд, использовавшихся на укрепленном поселении бронзового века Устье-I (Южное Зауралье), *Теория и практика археологических исследований*, т. 33, № 4, с. 166–184. DOI: https://doi.org/10.14258/tpai(2021)33(4).-10

Виноградов Н.Б., 1982. *Южное Зауралье и Северный Казахстан в раннеалакульский период (по памятникам петровского типа)*. Дисс. на соиск. … канд. истор. наук. М.: ИА АН СССР, 166 с.

Виноградов Н.Б., 2005. Металлопроизводство и синташтинская проблема, *Вестник ЧГПУ. Серия 1: Исторические науки*, вып. 3, с. 5–15.

Виноградов Н.Б., Дегтярева А.Д., Кузьминых С.В., Медведева П.С., 2017. *Образы эпохи. Могильник бронзового века Кривое Озеро в Южном Зауралье*. Челябинск: АБРИС, 400 с.

Григорьев С.А., 2008. Пространственный анализ памятников эпохи бронзы Южного Зауралья, *Вопросы археологии Урала*, вып. 25, отв. ред. В.Т. Ковалева. Екатеринбург; Сургут: Магеллан, с. 175–193.

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

Григорьев С.А., Дунаев А.Ю., Зайков В.В., 2005. Хромшпинелиды как индикатор источника медных руд для древней металлургии, *Доклады Академии наук*, т. 400, № 2, с. 228–232.

Дегтярева А.Д., 2009. Химико-металлургические группы металла синташтинской культуры, *Вестник археологии, антропологии и этнографии*, № 11, с. 29–41.

Епимахов А.В., 2005. *Ранние комплексные общества Севера Центральной Евразии (по материалам могильника Каменный Амбар-5)*. Кн. 1. Челябинск: Челябинский дом печати, 192 с.

Епимахов А.В., Берсенева Н.А., 2016. Металлопроизводство, погребальная обрядность и социальная идентичность (синташтинские древности Южного Урала), *Археология, этнография и антропология Евразии*, № 1, т. 44, с. 65–71. DOI: https://doi.org/10.17746/1563-0102.2016.44.1.065-071

Епимахов А.В., Анкушева П.С., Киселева Д.В., Корякова Л.Н., Косинцев П.А., Краузе Р., Молчанов И.В., Пантелеева С.Е., Рассадников А.Ю., Столярчик Э., Шарапова С.В., Чечушков И.В., 2024. Изотопия стронция как инструмент диахронного анализа животноводства бронзового века (микрорайон Коноплянка в Южном Зауралье), *Геоархеология и археологическая минералогия. Материалы XI Всерос. науч. конф. с междунар. участием им. В.В. Зайкова*. Миасс; Челябинск: ЮУрГГПУ, с. 43–48.

Зайков В.В., Юминов А.М., Дунаев А.Ю., Зданович Г.Б., Григорьев С.А., 2005. Геолого-минералогические исследования древних медных рудников на Южном Урале, *Археология, этнография и антропология Евразии*, № 4 (24), с. 101–114.

Зайков В.В., Юминов А.М., Ткачев В.В., 2012. Медные рудники, хромитсодержащие медные руды и шлаки Ишкининского археологического микрорайона (Южный Урал), *Археология, этнография и антропология Евразии*, № 2 (50), с. 37–46.

Корякова Л.Н., Краузе Р., Пантелеева С.Е., Столярчик Э., Булакова Е.А., Солдаткин Н.В., Рассадников А.Ю., Молчанова В.В., Анкушев М.Н., Молчанов И.В., Якимов А.С., Федорова Н.В., Носкевич В.В., 2020. Поселение Коноплянка 2 в Южном Зауралье: новые аспекты исследования, *Уральский исторический вестник*, № 4 (69), с. 61–73. DOI: https://doi.org/10.30759/1728-9718-2020-4(69)-61-73

Краузе Р., Епимахов А.В., Куприянова Е.В., Новиков И.К., Столярчик Э., 2019. Петровские памятники бронзового века: проблемы таксономии и хронологии, *Археология, этнография и антропология Евразии*, № 1 (47), с. 54–63. DOI: https://doi.org/10.17746/1563-0102.2019.47.1.054-063

Ткачев В.В., 2019. Ишкининский горнорудный комплекс эпохи бронзы на Южном Урале в контексте радиоуглеродного датирования, *Археология, этнография и антропология Евразии*, № 3 (47), с. 38–47. DOI: https://doi.org/10.17746/1563-0102.2019.47.3.038-047

Ткачев В.В., 2024. Историко-металлургическая таксономия: геоархеологический и археометаллургический аспекты, *Российская археология*, № 3, с. 89–100. DOI: https://doi.org/10.31857/S0869606324030068

Ткачев В.В., Хаванский А.И., 2006. *Керамика синташтинской культуры*. Орск; Самара: ОГТИ, 180 с.

Черных Е.Н., 2007. *Каргалы: Феномен и парадоксы развития. Каргалы в системе металлургических провинций. Потаенная (сакральная) жизнь архаичных горняков и металлургов*. T. V. М.: Языки славянской культуры, 200 с.

Чичагова О.А., Зазовская Э.П., 2015. Радиоуглеродное датирование: прошлое, настоящее, будущее – развитие идей И.П. Герасимова, *Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева*, № 81, с. 160–176. DOI: https://doi.org/10.19047/0136-1694-2015-81-160-176

Ankushev M.N., Artemyev D.A., Blinov I.A., Boganov S.V., 2021. Bronze Age metallurgical slags from the South Urals: types, mineralogy and copper sources, *Periodico di Mineralogia*, vol. 90, p. 173–193. DOI: https://doi.org/10.13133/2239-1002/17314

Ankusheva P.S., Zazovskaya E.P., Yuminov A.M., Ankushev M.N., Alaeva I.P., Epimakhov A.V., 2022. Radiocarbon Chronology of Bronze Age Mines in the Southern Trans-Urals: First Results, *Archaeological and Anthropological Sciences*, vol. 14 (11), no. 218. DOI: https://doi.org/10.1007/s12520-022-01681-5

Bronk Ramsey C., 2017. Methods for Summarizing Radiocarbon Datasets, *Radiocarbon*, vol. 59 (6), p. 1809–1833. DOI: https://doi.org/10.1017/RDC.2017.108

Epimakhov A.V., Ankushev M.N., Ankusheva P.S., Artemyev D.A., Blinov I.A., Kiseleva D.V., Kitov E.P., Chechushkov I.V., Vinogradov N.B., 2024. Were metalworkers itinerant? Interdisciplinary analysis of a metalworker's burial at the Krivoe Ozero Late Bronze Age cemetery (southern Trans-Urals, Russia), *Archaeological and Anthropological Sciences*, vol. 16, no. 111. DOI: https://doi.org/10.1007/s12520-024-02006-4

Frotzscher M., 2021. Mineralogical characterisation of ore samples from the Trans-Urals, *The Bronze Age in the Karagaily-Ayat Region (Trans-Urals, Russia). Culture, Environment and Economy*, eds. L.N. Korjakova, R. Krause. Bonn: Habelt-Verlag, p. 415–450. (Frankfurt Archaeological Studies. 43)

Grigoriev S.A., 2015. *Metallurgical Production in Northern Eurasia in the Bronze Age*. Oxford: Archaeopress, 831 p.

Hanks B.K., Epimakhov A.V., Renfrew A.C., 2007. Towards a Refined Chronology for the Bronze Age of the Southern Urals, Russia, *Antiquity*, vol. 81, iss. 312, p. 353–367. DOI: https://doi.org/10.1017/S0003598X00095235

Judd M.A., Walker J., Ventresca Miller A., Rajev D., Epimakhov A., Hanks B., 2018. Life in the fast lane: settled pastoralism in the Central Eurasian Steppes during the Middle Bronze Age, *American Journal of Human Biology*, vol. 30, iss. 4, no. e23129. DOI: https://doi.org/10.1002/ajhb.23129

Narasimhan V.M., Patterson N., Moorjani P. et al., 2019. The Formation of human population in South and Central Asia, *Science*, vol. 365 (6457), no. eaat7487. DOI: https://doi.org/10.1126/science.aat7487

Reimer P., Austin W., Bard E. et al., 2020. The IntCal20 northern hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 CAL kBP), *Radiocarbon*, vol. 62 (4), p. 725–757. DOI: https://doi.org/10.1017/RDC.2020.41

Sillitoe R.H., 2010. Porphyry Copper Systems, *Economic Geology*, vol. 105, p. 3–41. DOI: http://dx.doi.org/10.2113/gsecongeo.105.1.3

REFERENCES

Alayeva, I.P., 2016, "The early sites of the Alakul culture in the Ural-Kazakhstan region", *Vestnik Arheologii, Antropologii i Etnografii*, no. 2 (33), pp. 78–85. DOI: https://doi.org/10.20874/2071-0437-2016-34-3-078-085

Ankushev, M.N., Alayeva, I.P., Medvedeva, P.S., Chechushkov, I.V., Sharapov, D.V., 2016, "Metallurgical slags of Bronze Age settlements in the valley of the Zingeyka River (Southern Urals)", *Geoarchaeology and archaeological mineralogy. Materials of the III All-Russian Youth Scientific School*, UrO RAN, Miass, pp. 116–120. (In Russ.)

Ankushev, M.N., Yuminov, A.M., Blinov, I.A., Kotlyarov, V.A., 2017, "Metallurgical slags of the ancient Vorovskaya Yama mine (Southern Urals)", *Geoarchaeology and archaeological mineralogy. Materials of the IV All-Russian Youth Scientific School*, UrO RAN, Miass, pp. 128–133. (In Russ.)

Ankushev, M.N., Petrov, F.N., Blinov, I.A., 2018, "Metallurgical slags and copper ores of the Bronze Age settlement Levoberezhnoye (Southern Urals)", *Geoarchaeology and archaeological mineralogy. Materials of the V All-Russian Youth Scientific School*, UrO RAN, Miass, pp. 155–161. (In Russ.)

Ankushev, M.N., Zaikov, V.V., Molchanov, I.V., Koryakova, L.N., Panteleeva, S.E., Yuminov, A.M., 2021, "Metallurgical slags and ore fragments from the Kamenny Ambar Bronze Age settlement (Southern Urals): a key to the knowledge of copper sources", *Theory and Practice of Archaeological Research*, vol. 33, no. 1, pp. 34–57. (In Russ.) DOI: https://doi.org/10.14258/tpai(2021)33(1).-03

Ankusheva, P.S., Alayeva, I.P., Ankushev, M.N., Batanina, N.S., Blinov, I.A., Rassomakhin, M.A., Chikunova, I.Yu., Yuminov, A.M., 2022, "Prehistoric technologies of mining: Novotemirsky mine in the Southern Trans-Urals", *Tomsk State University Journal of History*, no. 76, pp. 166–179. (In Russ.) DOI: https://doi.org/10.17223/19988613/76/20

Ankusheva, P.S., Ankushev, M.N., Alayeva, I.P., Fomichev, I.A., Artemyev, D.A., 2022, "The Copper Smelting Furnace at the Novotemirsky Ancient Mine", *The Volga River Region Archaeology*, no. 1 (29), pp. 34–48. (In Russ.) DOI: https://doi.org/10.24852/pa2022.1.39.34.48

Ankusheva, P.S., Ankushev, M.N., Blinov, I.A., Artemyev, D.A., Alayeva, I.P., 2023, "Mineralogical and geochemical research on evidence of Alakul metal production at the Vorovskaya Yama mine (Southern Trans-Urals)", *Russian Archeology*, no. 3, pp. 23–37. (In Russ.) DOI: https://doi.org/10.31857/S0869606323030042

Blinov, I.A., Vinogradov, N.B., 2021, "Mineral Composition of Ores Used at Ustye-I, a Fortified Settlement of the Bronze Age (Chelyabinsk Region)", *Theory and Practice of Archaeological Research*, vol. 33, no. 4, pp. 166–184. (In Russ.) DOI: https://doi.org/10.14258/tpai(2021)33(4).-10

Vinogradov, N.B., 1982, *The Southern Trans-Urals and Northern Kazakhstan in the early Alakul period (according to monuments of the Petrovsky type)*. Dissertation ... Candidate of Historical Sciences, IA AN USSR, Moscow, 166 p. (In Russ.)

Vinogradov, N.B., 2005, "Metal production and the Sintashta problem", *Bulletin of the ChSPU, Series 1: Historical Sciences*, vol. 3, pp. 5–15. (In Russ.)

Vinogradov, N.B., Degtyareva, A.D., Kuzminykh, S.V., Medvedeva, P.S., 2017, *Images of an era. The grave-digger of a Bronze Age the Krivoe Ozero of the South High Urals*. ABRIS, Chelyabinsk, 400 p. (In Russ.)

Grigoriev, S.A., 2008, "Spatial analysis of Bronze Age monuments of the Southern Trans-Urals", *Ural Archaeology Issues*, vol. 25, ed. V.T. Kovaleva, Magellan, Ekaterinburg, Surgut, pp. 175–193. (In Russ.)

Grigoriev, S.A., 2013, *Metallurgical production in Northern Eurasia in the Bronze Age*. Cicero, Chelyabinsk, 660 p. (In Russ.)

Grigoriev, S.A., Dunaev, A.Yu., Zaikov, V.V., 2005, "Chromites: an indicator of copper ore source for ancient metallurgy", *Doklady Earth Sciences*, vol. 400, no. 1, pp. 95–98.

Degtyareva, A.D., 2009, "Chemical and metallurgic groups of metal in Sintashta culture", *Vestnik Arheologii, Antropologii i Etnografii*, no. 11, pp. 29–41. (In Russ.)

Epimakhov, A.B., 2005, *Early Complex Societies of the north of Central Asia (based on the materials of the Kamennyy Ambar burial ground-5).* Book 1. Chelyabinsk House of Printing, Chelyabinsk, 192 p. (In Russ.)

Epimakhov, A.V., Berseneva, N.A., 2016, "Metal-Production, Mortuary Ritual, and Social Identity: The Evidence of Sintashta Burials, Southern Urals", *Archaeology, Ethnology & Anthropology of Eurasia*, no. 1, vol. 44, pp. 65–71. (In Russ.) DOI: https://doi.org/10.17746/1563-0102.2016.44.1.065-071

Epimakhov, A.V., Ankusheva, P.S., Kiseleva, D.V., Koryakova, L.N., Kosintsev, P.A., Krause, R., Molchanov, I.V., Panteleeva, S.E., Rassadnikov, A.Yu., Stolyarchik, E., Sharapova, S.V., Chechushkov, I.V., 2024, "Strontium isotopy as a tool for diachronic analysis of Bronze Age animal husbandry (Konoplyanka microdistrict in the Southern Trans-Urals)", *Geoarchaeology and archaeological mineralogy. Materials of the XI All-Russian Scientific Conference with international participation named after V.V. Zaikov,* YuUrGGPU, Miass, Chelyabinsk, pp. 43–48. (In Russ.)

Zaykov, V.V., Yuminov, A.M., Dunaev, A.Y., Zdanovich, G.B., Grigoriev, S.A., 2005, "Geologo-Mineralogical Studies of Ancient Copper Mines in the Southern Urals", *Archaeology, Ethnology & Anthropology of Eurasia*, no. 4 (24), pp. 101–114.

Zaykov, V.V., Yuminov, A.M., Tkachev, V.V., 2012, "Copper Mines, Chromite Copper Ores and Slags of the Ishkinino Bronze Age Archaeological Microregion, the Southern Urals", *Archaeology, Ethnology & Anthropology of Eurasia*, no. 2 (50), pp. 37–46. DOI: https://doi.org/10.1016/j.aeae.2012.08.004

Koryakova, L.N., Krause, R., Panteleeva, S.E., Stolyarchik, E., Bulakova, E.A., Soldatkin, N.V., Rassadnikov, A.Yu., Molchanova, V.V., Ankushev, M.N., Molchanov, I.V., Yakimov, A.S., Fedorova, N.V., Noskevich, V.V., 2020, "The settlement of Konoplyanka 2 in the Southern Trans-Urals: new aspects of research", *Ural Historical Journal*, no. 4 (69), pp. 61–73. DOI: https://doi.org/10.30759/1728-9718-2020-4(69)-61-73

Krause, R, Epimakhov, A.V., Kupriyanova, E.V., Novikov, I.K., Stolarczyk, E., 2019, "The Petrovka Bronze Age Sites: Issues in Taxonomy and Chronology", *Archaeology, Ethnology & Anthropology of Eurasia*, no. 1 (47), pp. 54–63. DOI: https://doi.org/10.17746/1563-0110.2019.47.1.054-063

Tkachev, V.V., 2019, "The Ishkinino Bronze Age Mining Complex in the Southern Urals: Radiocarbon Dating", *Archaeology, Ethnology & Anthropology of Eurasia*, no. 3 (47), pp. 38–47. (In Russ.) DOI: https://doi.org/10.17746/1563-0102.2019.47.3.038-047

Tkachev, V.V., 2024, "Historical metallurgical taxonomy: geoarchaeological and archaeometallurgical aspects", *Russian Archeology*, no. 3, pp. 89–100. (In Russ.) DOI: https://doi.org/10.31857/S0869606324030068

Tkachev, V.V., Khavansky, A.I., 2006, *Ceramics of the Sintashta culture*. OGTI, Orsk, Samara, 180 p. (In Russ.)

Chernykh, E.N., 2007, *Kargaly: The phenomenon and paradoxes of development. Kargaly in the system of metallurgical provinces. The hidden (sacred) life of archaic miners and metallurgists*. Vol. V. Languages of Slavic cultures, Moscow, 200 p. (In Russ.)

Chichagova, O.A., Zazovskaya, E.P., 2015, "Radiocarbon dating: Past, Present-day and Future – Development of I.P. Gerasimov's Ideas", *Dokuchaev Soil Bulletin*, no. 81, pp. 160–176. (In Russ.) DOI: https://doi.org/10.19047/0136-1694-2015-81-160-176

Ankushev, M.N., Artemyev, D.A., Blinov, I.A., Boganov, S.V., 2021, "Bronze Age metallurgical slags from the South Urals: types, mineralogy and copper sources", *Periodico di Mineralogia*, vol. 90, pp. 173–193. DOI: https://doi.org/10.13133/2239-1002/17314

Ankusheva, P.S., Zazovskaya, E.P., Yuminov, A.M., Ankushev, M.N., Alaeva, I.P., Epimakhov, A.V., 2022, "Radiocarbon Chronology of Bronze Age Mines in the Southern Trans-Urals: First Results", *Archaeological and Anthropological Sciences*, vol. 14 (11), no. 218. DOI: https://doi.org/10.1007/s12520-022-01681-5

Bronk Ramsey, C., 2017, "Methods for Summarizing Radiocarbon Datasets", *Radiocarbon*, vol. 59 (6), pp. 1809–1833. DOI: https://doi.org/10.1017/RDC.2017.108

Epimakhov, A.V., Ankushev, M.N., Ankusheva, P.S., Artemyev, D.A., Blinov, I.A., Kiseleva, D.V., Kitov, E.P., Chechushkov, I.V., Vinogradov, N.B., 2024, "Were metalworkers itinerant? Interdisciplinary analysis of a metalworker's burial at the Krivoe Ozero Late Bronze Age cemetery (southern Trans-Urals, Russia)", *Archaeological and Anthropological Sciences*, vol. 16, no. 111. DOI: https://doi.org/10.1007/s12520-024-02006-4

Frotzscher, M., 2021, "Mineralogical characterisation of ore samples from the Trans-Urals", *The Bronze Age in the Karagaily-Ayat Region (Trans-Urals, Russia). Culture, Environment and Economy*, eds. L.N. Korjakova, R. Krause, Habelt-Verlag, Bonn, pp. 415–450. (Frankfurt Archaeological Studies. 43)

Grigoriev, S.A., 2015, *Metallurgical Production in Northern Eurasia in the Bronze Age*. Archaeopress, Oxford, 831 p.

Hanks, B.K., Epimakhov, A.V., Renfrew, A.C., 2007, "Towards a Refined Chronology for the Bronze Age of the Southern Urals, Russia", *Antiquity*, vol. 81, iss. 312, pp. 353–367. DOI: https://doi.org/10.1017/S0003598X00095235

Judd, M.A., Walker, J., Ventresca Miller, A., Rajev, D., Epimakhov, A., Hanks, B., 2018, "Life in the fast lane: settled pastoralism in the Central Eurasian Steppes during the Middle Bronze Age", *American Journal of Human Biology*, vol. 30, iss. 4, no. e23129. DOI: https://doi.org/10.1002/ajhb.23129

Narasimhan, V.M., Patterson, N., Moorjani, P. et al., 2019. "The Formation of human population in South and Central Asia", *Science*, vol. 365 (6457), no. eaat7487. DOI: https://doi.org/10.1126/science.aat7487

Reimer, P., Austin, W., Bard, E. et al., 2020, "The IntCal20 northern hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 CAL kBP)", *Radiocarbon*, vol. 62 (4), pp. 725–757. DOI: https://doi.org/10.1017/RDC.2020.41

Sillitoe, R.H., 2010, "Porphyry Copper Systems", *Economic Geology*, vol. 105, pp. 3–41. DOI: http://dx.doi.org/10.2113/gsecongeo.105.1.3

Сведения об авторах

Полина Сергеевна Анкушева, кандидат исторических наук, Южно-Уральский федеральный научный центр минералогии и геоэкологии УрО РАН, Российская Федерация, г. Миасс. E-mail: polenke@mineralogy.ru, ORCID: 0000-0002-1826-9919

Максим Николаевич Анкушев, кандидат геолого-минералогических наук, Южно-Уральский федеральный научный центр минералогии и геоэкологии УрО РАН, Российская Федерация, г. Миасс. E-mail: ankushev_maksim@mail.ru, ORCID: 0000-0001-9628-5546

Иван Александрович Блинов, кандидат геолого-минералогических наук, Южно-Уральский федеральный научный центр минералогии и геоэкологии УрО РАН, Российская Федерация, г. Миасс. E-mail: ivan_a_blinov@mail.ru, ORCID: 0000-0001-7397-4760

Андрей Владимирович Епимахов, доктор исторических наук, доцент, Южно-Уральский федеральный научный центр минералогии и геоэкологии УрО РАН, Российская Федерация, г. Миасс. E-mail: epimakhovav@susu.ru, ORCID: 0000-0002-0141-1026

Information About the Authors

Polina S. Ankusheva, Cand. Sc. (History), South Ural Federal Research Center of Mineralogy and Geoecology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Russian Federation, Miass. E-mail: polenke@mineralogy.ru, ORCID: 0000-0002-1826-9919

Maksim N. Ankushev, Cand. Sc. (Geological and Mineralogical), South Ural Federal Research Center of Mineralogy and Geoecology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Russian Federation, Miass. E-mail: ankushev_maksim@ mail.ru, ORCID: 0000-0001-9628-5546

Ivan A. Blinov, Cand. Sc. (Geological and Mineralogical), South Ural Federal Research Center of Mineralogy and Geoecology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Russian Federation, Miass. E-mail: ivan_a_blinov@mail.ru, ORCID: 0000-0001-7397-4760

Andrey V. Epimakhov, D.Sc. (History), associate professor, South Ural Federal Research Center of Mineralogy and Geoecology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Russian Federation, Miass. E-mail: epimakhovav@susu.ru, ORCID: 0000-0002-0141-1026