

АРХЕОЛОГИЯ ПАЛЕОМЕТАЛЛА



Серия «Геоархеология. Этнология. Антропология»

2013. № 1 (2). С. 174–195

Онлайн-доступ к журналу:

<http://isu.ru/izvestia>

ИЗВЕСТИЯ

*Иркутского
государственного
университета*

УДК 549.2 (470.5)

Горно-металлургические центры бронзового века в Зауралье и Мугоджарах*

В. В. Зайков

Институт минералогии УрО РАН

А. М. Юминов

Институт минералогии УрО РАН

М. Н. Анкушев

Институт минералогии УрО РАН

В. В. Ткачев

Орский гуманитарно-технологический институт ОГУ

В. В. Носкевич

Институт геофизики УрО РАН

А. В. Епимахов

Южно-Уральский государственный университет

Аннотация. Изложены данные о Зауральском и Мугоджарском горно-металлургических центрах, на территории которых разрабатывались месторождения в гипербазитах, базальтовых и риолит-базальтовых вулканогенных комплексах. Результаты исследования металлических включений из древних шлаков Южного Урала свидетельствуют о том, что часто использовалось сырье из мышьяк- и никельсодержащих объектов. Это подтверждается ассоциацией мышьяковистых и никелистых корольков с включениями хромшпинелидов из рудовмещающих гипербазитов. Кроме того, выявлены шлаки с оловосодержащими микровключениями, что свидетельствует о производстве оловянной бронзы в Уральском регионе.

Ключевые слова: рудники, горно-металлургические центры, бронзовый век, шлаки, корольки меди, микровключения, малахит, хромит, халькозин.

* Работа выполнена при содействии междисциплинарного проекта УрО РАН 12-М-456–2024, гранта РГНФ 12–01–00293, задания Минобрнауки РФ «Использование природных ресурсов: опыт прошлого – будущему», гранта Министерства образования и науки Республики Казахстан № 1392/ГФ2 «Рудные районы и археометаллургия Мугалжар: междисциплинарное исследование освоения меднорудных ресурсов региона в эпоху палеометалла».

Введение

В бронзовом веке в Уральском регионе сложились четыре горно-металлургических центра (ГМЦ): Приуральский со знаменитыми месторождениями медистых песчаников, Средне-Уральский с малахитовыми залежами, Зауральский и Мугоджарский [Черных, 1970, с. 38–50; Геолого-минералогические исследования ..., 2005, с. 101–115; Ткачев, 2011а, с. 43–55]. Два последних с прожилково-вкрапленными окисленными медными рудами являются предметом наших исследований. Эти центры охватывают территорию протяженностью 1000 км и шириной 100–250 км (рис. 1).

Археологическими исследованиями, выполненными в 1950–1990 гг., были изучены отдельные рудники и выявлены некоторые геохимические особенности руд [Кузьмина, 1962, с. 84–92; Черных, 1970, с. 14–15]. Впоследствии было установлено, что разрабатывавшиеся залежи были представлены пятью основными типами и наиболее активно добывалось окисленное медное сырье из гипербазитов, приуроченных к глубинным разломам [Григорьев, 2003, с. 56–60; Геолого-минералогические исследования ..., 2005, с. 101–115].

Цель статьи – характеристика древних рудников, металлургических шлаков и изделий из металлов, выявленных в последние годы на территории Зауралья и Мугоджар. Актуальность исследования определяется необходимостью инвентаризации следов древней горной деятельности и разработкой способов определения типов использовавшегося сырья.

Работы проводились сотрудниками Института минералогии УрО РАН в содружестве со специалистами Челябинского и Южно-Уральского государственных университетов, Института истории и археологии УрО РАН, Института геофизики УрО РАН, Орского гуманитарно-технологического и Актюбинского геологоразведочного нефтяного институтов. Авторами составлялись крупномасштабные геологические схемы древних выработок, проводился отбор и анализ образцов медных руд и металлургических шлаков. Проведены опытно-методические работы по изучению георадарного поля на руднике Воровская Яма. Для исследований использовался георадар SIR-3000 (GSSI) с антенной 400 МГц, обработка данных проводилась с помощью программного обеспечения RADAN 6.6 (GSSI). В результате была определена небольшая мощность наносов (1–2 м), покрывающих днища карьеров.

Анализы выполнялись на приборах Института минералогии УрО РАН: рентгенофлуоресцентном INNOV (аналитик П. В. Хворов), микрозондовом JEOL-733 (аналитик Е. И. Чурин) и растровом РЭММА 202М (аналитик В. А. Котляров). Специально изучались минеральные и расплавные микровключения в шлаках для определения типа выплавляемых бронз и определения источников руд.

Преобладающим типом микровключений является хромит – FeCr_2O_4 – минерал из группы хромшпинелидов, в составе которого присутствуют в качестве примесей в различных пропорциях Mg, Al, Ti, Mn, Zn, V. Это тугоплавкий минерал; температура плавления высокохромистых разновидностей достигает 2180 °С [БСЭ, 1978, с. 400]. Хромит – типичный аксессуарный минерал гипербазитов, поэтому его присутствие в шлаках является индикатором ис-

пользования руд, пространственно связанных с этими породами. Гипербазиты формировались в мантии на глубинах в десятки километров и состоят из оливина, пироксенов и продуктов их изменения. В связи с тем, что воздействие шлакового расплава на хромиты минимально, изучение состава этого минерала в шлаках древних поселений позволяет оценить возможные источники медных руд, использовавшихся палеометаллургами конкретных археологических памятников. Более редким случаем являются включения сульфида халькозина, Cu_2S , зафиксированного в шлаках поселения Аркаим.

Древние рудники Зауральского горно-металлургического центра

Горно-металлургический центр располагается в лесостепной зоне и сопровождается поселениями бронзового века [Зданович, Батанина, 2007, с. 12–31]. Древние рудники приурочены к рудоносным вулканогенным комплексам и массивам гипербазитов в зонах Главного Уральского и Восточно-Уральского глубинных разломов. Авторами проведены работы на рудниках Никольском, Таш-Казган, Кичигинском, Соколки, Бакр-Узяк, Новониколаевском и Воровская Яма. Наиболее изученным является последний, где выполнены геолого-геохимические и геофизические исследования. Территория центра охвачена современными и старинными (XVIII–XIX вв. н. э.) разработками медных и золоторудных месторождений. К сожалению, многие следы горнорудной деятельности бронзового века, по которым были открыты эти месторождения, не сохранились.

Рудник Воровская яма, не затронутый геологоразведочными работами, обнаружен в междуречье Зингейка – Куйсак. Древняя выработка имеет округлую форму, диаметр 30–40 м и глубину 3–5 м. Котловина в северной и юго-западной частях окружена отвалами шириной от 5 до 15 м, высотой 0,8–1,2 м. По данным разведочной канавы их наиболее полный разрез состоит из трех горизонтов, разделенных слоями погребенных почв. У восточной выклинки северного отвала был обнаружен культурный слой протяженностью около 8 м и мощностью около 0,7 м, состоящий из двух горизонтов, каждый из которых перекрывался отработанной породой. Нижний содержал золу и кости домашних животных, верхний – остатки строительных конструкций и фрагменты керамических сосудов. По заключению Г. Б. Здановича [Зайков, Зданович, Юминов, 2000, с. 112–130], они характерны для синташтинской и алакульской культур.

В днище карьера вскрыты гранатсодержащие гипербазиты, пропитанные малахитом, в виде линзы мощностью 8 м и длиной 25 м. На глубине залегают породы с сульфидной вкрапленностью, которые не разрабатывались. В карьере найдены обломки древних металлургических шлаков, которые могли быть получены при пробных плавках руды.

В 2012 г. В. В. Носкевич и А. М. Юминов провели георадарную съемку рудника для определения первичной морфологии выработки. Выделено два георадарных комплекса: нижний, отбивающий кровлю коренных пород, и верхний, связанный с рыхлыми грунтами. Первичное положение днища вы-

работки находилось на глубине 1,5–2,0 м от современного положения. Это исследование является пионерным применительно к археологическим памятникам Урала и может служить методическим руководством для оценки первичной морфологии карьеров и количества извлеченных руд.

Рудник Новониколаевский, выявленный в 2012 г. А. М. Юминовым, находится на левом берегу р. Караталы-Аят. Древняя выработка имеет длину 35 м, ширину – 15–20 м, глубину 2 м. Выработка со всех сторон окружена отвалами высотой до 0,5 м и шириной 2–8 м, сложенными глинисто-щебнистым материалом. Под отвальными отложениями зафиксированы прослойки погребенной почвы. Обломки руд встречаются повсеместно, но в отдельных местах они группируются в скопления, где происходило их предварительное обогащение. В минеральном составе руд преобладают малахит и гетит, значительно реже отмечен азурит и магнетит. Содержание меди колеблется от 4 до 10 %, цинка – 0,5–1 %.

На руднике обнаружены каменные орудия древнего горного промысла: кайло, наковальня и пест. В непосредственной близости от карьера выявлено несколько крупных обломков керамических сосудов. По морфологическим особенностям и орнаментации данная керамика относится к алакульской культуре эпохи поздней бронзы и может быть датирована серединой II тыс. до н. э. (определения В. В. Ткачева).

Древние рудники Мугоджарского горно-металлургического центра

Центр приурочен к гипербазитовым массивам, базальтовым и кремнисто-базальтовым комплексам в зоне Главного Уральского разлома в степной и полупустынной зонах. Поселения исследовались только в его северной части (Ишкининское, Кудуксай, Шандаша, Ушкатта). Работы проведены на 19 рудниках, из которых 5 располагается на территории РФ, а 14 – в Казахстане. Изучение последних осуществлялось комплексной Российско-Казахстанской экспедицией под руководством В. В. Ткачева. Наиболее показательными рудниками являются Ишкининский, Еленовский, Ушкаттинский, Куркудукский. Древние карьеры в казахстанской части ГМЦ имеют поперечник в десятки метров и глубину 1–3 м, некоторые из них служили только для кратковременной добычи руд. Большая насыщенность центра рудниками бронзового века объясняется широким распространением рудоносных комплексов, высокой обнаженностью и сохранностью территории от современных горнодобывающих предприятий.

Ишкининский рудник располагается в 20 км к западу от г. Гай. Нашими предшественниками К. Д. Субботиным, А. П. Сидоренко, А. Г. Полуэктовым в 1940–1960 гг. при проведении геологоразведочных работ было выявлено восемь древних карьеров диаметром 20–80 м, глубиной до 20 м, из которых извлекались малахит-азуритовые, малахит-гетитовые и сульфидные руды [Зайков, Юминов, Ткачев, 2012, с. 37–46]. На месторождении разведаны массивные и прожилково-вкрапленные кобальт-медно-колчеданные руды, обработка которых пока нерентабельна.

Наиболее крупный карьер № 1 вытянут в меридиональном направлении согласно с ориентировкой восточной рудной зоны. Его длина 120 м, максимальная ширина около 40, глубина более 5 м. На днище зафиксированы три оплывших отвала, которые отсыпались друг на друга по мере отработки карьера в направлении с юга на север. Высота самого большого из них около 5 м. Самый глубокий карьер находится в западной зоне: один из разведочных шурфов на глубине 20 м вскрыл древнюю выработку, в которой добывались сульфидные руды и был обнаружен каменный молот поперечником около полуметра.

Верхняя часть северного отвала включает три горизонта, разделенных погребенными почвами, что свидетельствует о длительных перерывах в разработке рудника. В нижнем и среднем горизонтах обнаружены линзы, сложенные кусками медной руды азурит-малахитового и малахит-гетитового состава. Видимая мощность линз 0,6–0,8 м, протяженность 4–5 м. Положение обогатительной площадки предварительно намечено в понижении между северными флангами западной и восточной зон на участке размером 60×100 м. Здесь встречены многочисленные мелкие обломки малахитсодержащих руд, не связанные с коренными породами, и обнаружен каменный молот с желобком для привязывания рукояти.

Азурит-малахитовые руды отличаются повышенным содержанием меди (6–8 %), присутствует также мышьяк (1,1 %). Малахит-гетитовые разности сложены гетитом с жилками и гнездами малахита. Среднее содержание меди в них 2,6 %, мышьяка – 0,6 %, никеля – 0,2 %.

Древние выработки на площади Ишкининского кобальт-медно-колчеданного месторождения относятся к бронзовому веку. Это подтверждается присутствием на поселении Ишкиновка в 2 км севернее рудника обломков руды, металлургических шлаков, каменных терочных плит, пестов, молотов, заготовок горнопроходческих костяных клиньев [Ткачев, 2011б, с. 220–230; Зайков, Юминов, Ткачев, 2012, с. 37–46]. Калиброванные радиоуглеродные даты (вероятность 68,2 %), полученные в ИИМК РАН по погребенным почвам из-под отвалов карьеров, позволили выделить доверительный интервал в пределах 3100–2400 лет до н. э. (58,8 %) (определения Г. И. Зайцевой, П. Ф. Кузнецова), что соответствует раннему бронзовому веку. Абсолютный возраст, определенный по костям животных из культурного слоя поселения Ишкиновка, равен 1610–1210 лет до н. э. (вероятность 68,2 %). Он близок определениям, полученным для поселения Горного на Каргалинском рудном поле, – 1700–1500 лет до н. э. [Каргалы, 2002, с. 125–128].

Дергамышский рудник располагается в 50 км к северу от Ишкининского и представлен карьером на южном фланге залежи массивных сульфидных руд. Выработка имеет близкую к треугольной форму, поперечник 70–80 м, глубину 6–8 м. Она окружена прерывистым отвалом, наиболее выраженным в западной и восточной частях, где имеет высоту около 2–3 м при крутизне склонов 15–25. Медная минерализация (малахит и хризоколла) проявлена в северном и восточном бортах в щелбе серпентинитов. Руды сложены малахитовыми прожилково-вкрапленными разностями, имеют среднее содержание меди 6–7 %.

На дне карьера находится отвал опаловых пород в виде гряды высотой 1–2 м. Опалиты белые, желтоватые, оранжевые, красные со стекляннным блеском. Эти породы не встречены на других медных рудниках Урала, но они известны в Центральном Казахстане (Акбастау и Кусмурун), где характерны для золотоносных зон окисления сульфидных руд в аридных условиях.

Еленовский рудник расположен на левом берегу р. Киембай. Древний карьер имел размеры 30×40 м, глубину 5–6 м (прошедшее время использовано потому, что к настоящему времени на этом месте создан современный карьер). На месторождении выявлено пять линзовидных тел, сложенных кварц-хлорит-турмалиновыми породами и базальтами с прожилково-вкрапленной минерализацией. Карбонаты меди, представленные малахитом, образуют маломощные корки и тонкие прожилки в породах. Содержание меди от 2,25 до 10,35 %. Для зоны вторичного сульфидного обогащения характерны халькозин, борнит и ковеллин. По данным спектрального анализа, руды характеризуются аномальными содержаниями бора – одного из главных компонентов турмалина. Вблизи карьера расположена обогатительная площадка размером 10–15 м в поперечнике, покрытая рудным щебнем и дресвой.

В нескольких десятках метров от рудника располагался Еленовский могильник, состоящий из каменных кольцевых оград и курганов, сложенных из базальтов с корками и пленками малахита. Погребения, раскопанные в 1950 г., дали характерный кожумбердынский материал эпохи поздней бронзы [Сальников, Новиченко, 1962, с. 131–132].

В древности вблизи Еленовского рудника существовало металлургическое производство. Об этом свидетельствуют находки шлаков, медных капель, тиглей, литейных форм. Самые убедительные доказательства плавки руд были получены при исследовании поселения Кудуксай рядом с Еленовским рудником. Здесь была открыта печь шахтного типа с дымоходом длиной около 4,5 м. Выявлен очаг для тигельной плавки, в котором находились многочисленные куски металлургического шлака, обломки тиглей. Но самой ценной и редкой находкой является глиняное сопло в виде конусовидной трубочки. Рядом с печью был обнаружен небольшой рудный склад.

Подобные конструкции были зафиксированы в Восточном Оренбуржье и Западном Казахстане в начале 1960-х годов Е. Е. Кузьминой на поселении Шандаша и В. С. Сорокиным на поселении Тасты-Бутак. Эти сооружения до мельчайших деталей демонстрируют полное сходство с аналогичными конструкциями Центрального Казахстана, например, медеплавильными комплексами поселения Атасу [Кадырбаев, Курманкулов, 1992, с. 33–44; Кузнецова, Тепловодская, 1994, с. 51–55].

Согласно данным Е. Е. Кузьминой [1962, с. 84–92], разработка рудника началась во II тысячелетии до н. э. носителями алакульской культуры, что подтвердили последующие исследования в Еленовском микрорайоне.

Ушкаттинский рудник находится в 40 км к югу от Еленовского рудника в верховьях р. Ушкатты. Оруденение сосредоточено в пироксенитах, слагающих невысокие гряды. Зона оруденения приурочена к контакту пироксенитов с базальтами, которая фиксируется в виде рассланцованных пород ши-

риной 5–15 м на протяжении 1 км. Здесь обнаружены 4 древних карьера. Самый крупный карьер № 1 длиной около 140 м и шириной до 25 м относится к категории линейных. Он представляет собой цепочку из шести небольших выработок, окруженных отвалами высотой не более 1 м. Они отсыпались на расстоянии 1–2 м от борта древней выработки, имеют многослойное строение. Породы содержат примазки и корки малахита, среднее содержание меди в обломках – около 6 %. На отвале одной из выработок был обнаружен каменный молот, использовавшийся для дробления руды.

В окрестностях Ушкаттинского рудника получены свидетельства металлургического производства, также связанные с населением кожумбердынской культурной группы, относящейся к алакульской линии развития. При раскопках поселения Ушкатта II было исследовано производственное помещение, в котором обнаружены кусочки руды и шлака, капли меди, фрагменты ошлакованного тигля и обломки глиняного сопла [Кузьмина, 1962, с. 11].

Куркудукская группа рудников представлена тремя карьерами, расположенными на расстоянии 0,7–1 км друг от друга. Рудное поле расположено в базальтовых лавах с яшмовыми прослоями. Оруденение связано с выходами бурых железняков, содержащих жилки малахита. Наиболее крупным является карьер Куркудук Южный, в котором древняя выработка имеет корытообразную форму размером 15×55 м глубиной около 1 м. Дно ровное плоское, осложнено тремя современными шурфами. Древний карьер окружен отвалом шириной 3–12 м и высотой до 1,5 м. Отвалы сложены суглинком с щебнем лимонитизированных базальтов и бурых железняков. Среднее содержание меди в рудах Куркудукских рудников составляет 7–8 %.

Вблизи карьера находится площадка размером 10–12 м, покрытая мелкодробленным (до 1 см) щебнем бурого железняка, многочисленными обломками и дресвой вторичных минералов меди. В отвалах древнего карьера найдены орудия горного промысла: каменные кайла, изготовленные из сургучно-красной яшмы, мотыга и каменный молот из габбро-диабазы.

Состав металлургических шлаков и расплавных микровключений

Обломки металлургических шлаков в количестве сотен образцов выявлены на большинстве поселений. Три образца найдены в карьере рудника Воровская Яма. Цвет их темно-серый, бурый, черный, структура неравномернозернистая, реже афировая (состоят полностью из стекла без минеральных включений). Минеральный состав разнообразен: основную массу образуют стекловатые агрегаты с выделениями оливина и пироксена с дендритами и кристаллами новообразованного магнетита и остаточными зернами хромитов.

Оптическим методом металлические включения выявлены только в 30 полировках, в том числе в половине установлены включения сложного состава. Размер включений 0,1–8 мм, форма округлая и вытянутая. Во многих из них видны следы распада твердых растворов на графические сростания меди и халькозина, овальные агрегаты медно-мышьяковых и медно-оловянных сплавов, разделенные линейными и дугообразными интерстициями. По сочетаниям металла выделяются следующие типы включений (табл. 1):

- однофазные (медь; мышьяковая бронза; сульфид меди);
- двухфазные (медь + халькозин, бронза мышьяковистая с каплями селенистых сульфидов, медь + куприт, бронза оловянная + медь);
- трехфазные (бронза никель-мышьяковая + сульфид меди + сплав Cu–Ni–As в интерстициях; бронза мышьяковая + сульфид меди + сплав Fe–Cu–As в интерстициях).

Двухфазные включения выявлены в шлаках из поселений Аландское, Аркаим, Устье, Каменный Амбар. В первом они представлены округлыми корольками бронзы мышьяковистой с никелем, содержащей сплав Cu–As–Ni. Размер корольков 0,2–1 мм. Наряду с ними присутствуют кавернозные включения неправильной формы (размер 0,1–0,3 мм), в которых сочетаются сплав Fe–Cu–As с примесью хрома. В интерстициях сосредоточен сплав Fe–Cu–As. Полировка из Аркаима характеризует включение поперечником 6–8 мм сложного строения. Периферия сложена хлоридами и оксидами меди, в центральной части располагаются графически построенные выделения мышьяковистой бронзы с каплями селенистых сульфидов. Содержание селена достигает 6–7 % при концентрации теллура около 1 %. Данные элементы, особенно селен, характерны для нижних горизонтов зон окисления колчеданных месторождений. В полировке из поселения Устье строение корольков ячеистое за счет выделений состава Cu–Ni–As, между ними заключены интерстиции, обогащенные мышьяком и никелем (до 43 и 18 % соответственно). Аналогичное строение и состав имеет двухфазное включение в шлаках поселения Каменный Амбар и Родники. Общим для всех поселений являются расплавленные включения с графическими прорастаниями куприта в меди.

Трехфазные включения установлены в шлаках из поселений Кизильское и Куйсак. Первая отобрана из шлака с включением королька размером 0,1–2 мм. Основная фаза представлена мышьяковой бронзой, содержащей около 3 % мышьяка и никеля. Вторая фаза представлена интерстициями с высоким содержанием мышьяка и никеля (30–40 %). В ней содержатся круглые и овальные выделения сульфида меди (величина их достигает 0,1 мм). В полировке из Куйсака выявлен трехфазный полуокисленный королек. Округлые выделения, имеющие состав Fe–As–Cu–Ni, разделены интерстициями с примерно равными содержаниями Cu, Fe, As. В интерстициях содержатся округлые выделения сульфида меди размером 0,1–0,2 мм.

Особенно интересны двухфазные оловосодержащие включения, выявленные в шлаках из поселения Каменный Амбар. Они сложены агрегатами дендритовидной, паркетовидной и леопардовой структур. На участках паркетовидной структуры скомбинированы лейсты шириной 1–3 мкм и длиной 20–40 мкм различных тонов, в которых содержания оксида олова меняются от 31–36 % (светлая фаза) до 41–54 % (темная фаза). Включения леопардовой структуры сложены стеклом, представленным двумя фазами: серой основы и черной – в интерстициях с содержаниями оксида олова 3 и 6 %. В стекле содержатся кристаллы магнетита, содержащие 6–7 % SnO₂. Выявление оловосодержащих шлаков свидетельствует о местном металлургическом переделе оловянных руд. Это чрезвычайно важное заключение пока, к сожалению, не-

возможно соотнести с конкретной фазой существования памятника, который с перерывами функционировал на протяжении всего II тысячелетия до н. э.

По результатам рентгенофлуоресцентного анализа шлаки поселения Кудуксай, связанного с Еленовским рудником, имеют повышенные содержания молибдена (0,01–0,03 %) и цинка (0,01–0,1 %), что свойственно и еленовским рудам. Это является свидетельством использования местного сырья для металлургического производства.

Состав минеральных микровключений в шлаках

Проведено изучение хромитов в шлаках из семи археологических памятников Южного Урала: Каменный Амбар, Синташта, Аркаим, Аландское, Устье, Куйсак, Родники. Проанализированы включения в 27 полировках, получено около 300 анализов, которые сопоставлены с их аналогами в рудах Ишкининского, Ивановского и Дергамышского месторождений, а также в руднике Воровская Яма.

Хромиты в образцах шлаков распределены неравномерно: от единичных зерен до нескольких десятков в одной полировке. Наиболее крупные из них имеют размер 0,5 мм. По морфологии преобладают гипидиоморфные зерна хромитов и округлые, возможно, оплавленные разности, реже встречаются ограниченные кристаллы. На многих зернах наблюдаются магнетитовая и хроммагнетитовая каймы, иногда сплошные, но чаще прерывистые. По морфологии различаются два типа кайм: однородная, повторяющая границы зерна, и неоднородная, представленная мелкими кристаллами магнетита и их сростками.

По данным химического анализа, определены типы хромитов по основному параметру – содержанию Cr_2O_3 . Границы определены по гистограмме, составленной для составов хромитов из шлаков поселения Ишкинино. Хромиты образуют три отличающиеся группы: низко-, средне- и высокохромистые с содержанием Cr_2O_3 : 46–50 %, 50–55 % и 55–60 %. Близкая группировка анализов свойственна окисленным рудам из Ишкининского рудника, являвшегося источником сырья для металлургов этого поселения. Причина разнообразия состава исследуемого минерала, видимо, заключается в том, что на Ишкинино руды образовались в тектонической зоне, где в результате перемещений оказались совмещены блоки разных гипербазитов.

Анализ химического состава хромитов из шлаков выявил следующие особенности (табл. 2). Наиболее развиты среднехромистые разности, установленные в шлаках практически всех поселений. На этом фоне выделяются комбинации низко- и среднехромистых хромитов на поселении Каменный Амбар и Устье, а на поселениях Куйсак и Родники присутствуют высокохромистые разности. Больше информации для определения источника руд дают геохимические особенности. Показательным является присутствие значимых количеств ZnO , CoO и NiO в хромитах из руд поселения Каменный Амбар и отчасти Устья. Их вероятным аналогом являются хромиты рудника Воровская Яма, в которых обнаружена примесь ZnO – 0,2–1,9 %. На этом основании можно предположить, что рудник Воровская Яма являлся источником металлургического сырья для указанных поселений.

Таблица 1

Результаты анализа расплавных включений в шлаках из Зауральского горно-металлургического центра

Состав	Номера полировок	Кол-во проб	Содержание, %						
			Cu	Fe	S	Se	Ni	As	Sn
Однофазные									
Cu	Арк-4279; -6710	11	98–100	–	–	–	–	–	–
Cu	КА 717–20, -22, -446, -1095	41	98–100	–	–	–	–	–	–
Cu+Fe	КА 715–171, 717–171, -1406	40	97–100	1–3	–	–	–	–	–
Cu+S	КА О85–134	6	67–69	–	30–32	–	–	–	–
Cu+As	КА 715–81, -551	22	97–98	–	–	–	–	1–2	–
Двухфазные									
Cu+As+Ni, основа	Ал О О	3	91–92	0–0,2	–	–	1–3	6–7	–
Cu+As+Ni+Fe, интерстиции	Ал О О	2	37–53	3–4	–	–	3–5	24–47	–
Cu+As+Ni, основа	Арк 4278		95–96	0,6–0,9	–	–	1–2	1–2	–
Cu+S+Se+Fe, интерстиции	Арк 4278		68–69	2–4	13–14	6–7	–	–	–
Cu+As+Ni, основа	Ус-845–1, -845–2	10	88–95	2–3	–	–	3–4	2–7	–
Cu-As+Fe+Ni, интерстиции	Ус-845–1	6	18–23	25–29	–	–	7–18	43–44	–
Трехфазные									
Cu+Fe+S, основа	Киз 155–1	6	70–74	4–5	21–23	–	–	–	–
Cu+As+Ni+Fe, интерстиции	Киз 155–1	2	89–92	2–3	0,5–1	–	3–4	3–4	–
Cu-Ni-As-Fe, интерстиции	Киз 155–1	6	30–40	4–5	0–0,5	–	31–40	31–35	–
Fe-As-Cu-Ni, основа	Кс 838	3	3–4	80–85	–	–	1–2	10–14	–
Fe-Cu-As-Ni, интерстиции	Кс 838	3	25–30	30–40	–	–	5–7	25–30	–
Cu+S+Fe, интерстиции	Кс 838	3	70–75	5–6	20–22	–	1	–	–
Cu+Fe+Se, основа	КА О1-Э38	22	66–68	8–9	–	–	1	–	–
Cu+As+Fe+Ni, интерстиции	КА О1-Э38, КА 717–1813	10	33–79	3–24	–	1	1–8	3–33	–
Cu+Fe+Ni, интерстиции	КА В-939	2	37–79	13–34	–	–	1–3	6–26	–
Cu+Sn, основа	КА 309–1568	13	91–96	–	–	–	–	–	4–8
Cu+Sn+Fe+As, интерстиции	КА 716–2237	4	53–72	1–3	–	–	–	1	19–35
Cu+Sn+Fe+S, интерстиции	КА 342–4	7	72–88	2	1	–	–	–	6–24

Примечание. Поселения: Арк – Аркаим, Ал – Аландское, КА – Каменный Амбар, Киз – Кизильское, Кс – Куйсак, Ус – Устье. Прочерк – содержания ниже предела обнаружения.

Таблица 2

Средние составы хромшпинелидов из металлургических шлаков

Объект	№	Кол-во анализов	Содержание, мас. %										
			Cr ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MgO	ΣFeO	MnO	TiO ₂	V ₂ O ₅	NiO	CoO	ZnO	Сумма
Синташта	Гр-4	9	54,97	10,09	8,80	27,09	0,21	0,15	0,05	–	–	–	101,36
	Гр-286	8	53,40	12,62	8,31	25,92	0,17	0,09	0,11	–	–	–	100,62
Аркаим	656	12	51,34	13,28	8,31	26,33	0,32	0,07	–	–	–	–	99,63
	726	8	52,23	13,10	7,30	26,98	–	–	–	–	–	–	100,23
	750	2	55,11	13,00	11,99	20,52	–	0,21	–	–	–	–	100,82
	1В-17	20	50,18	14,05	9,68	24,19	–	0,28	0,29	–	–	–	98,57
Аландское	В11051	12	53,13	12,42	23,56	10,99	0,18	0,18	–	–	–	–	100,46
	В-11-51	9	51,94	14,31	10,24	23,49	–	0,19	0,10	–	–	–	99,84
Устье	842	25	49,13	14,62	8,09	27,51	0,10	0,13	–	–	–	–	99,54
	877-1	18	52,18	12,89	8,96	24,86	0,12	0,14	0,18	0,07	–	–	99,39
	Гр-879	12	53,10	13,24	10,50	22,26	0,10	0,09	0,07	0,05	–	–	99,41
Родники	835	39	55,97	12,42	8,46	22,62	0,03	0,25	–	–	–	–	99,73
Куйсак	306/к681	18	56,03	12,43	7,12	23,78	0,03	0,29	–	–	–	–	99,68
	ГЗ-ш	26	55,07	12,96	9,19	21,44	0,32	–	–	–	–	–	98,98
	838К	31	50,99	13,22	9,02	24,99	–	0,22	0,25	–	–	–	98,60
Каменный Амбар	717 469 1	20	49,27	13,26	8,61	27,51	0,29	0,31	0,06	0,02	0,11	0,03	99,45
	717 521 1	32	54,40	11,30	8,70	23,51	0,22	0,22	0,08	0,01	0,10	0,01	98,56
	717 875	10	50,72	12,17	8,23	26,40	0,27	0,35	0,08	0,02	0,04	0,23	98,51
	717 876	20	52,81	13,86	9,40	22,84	0,23	0,29	0,03	–	–	0,17	98,59
	717 1007	21	51,14	11,52	7,97	27,17	0,26	0,21	0,03	–	0,02	0,17	98,47
	717 964	6	52,68	11,14	6,61	28,58	0,29	0,26	0,05	–	–	0,20	99,79
Ишкинино	Ish-1	17	53,81	14,18	11,05	20,79	–	0,12	–	–	–	–	99,95
	Ish-A2-1	6	60,02	8,32	7,91	22,41	0,04	0,11	–	–	–	–	98,85
	Ish-A2-3-1	12	50,78	17,22	10,86	19,84	0,01	0,14	–	–	–	–	98,84
	Ish-A2-3-2	12	52,66	15,47	9,71	21,18	0,04	0,09	–	–	–	–	99,20
	Ish-A2-3-3	12	56,78	12,48	10,61	19,07	0,05	0,10	–	–	–	–	99,08
	KV-1	21	49,35	15,41	9,05	24,42	0,03	0,23	–	–	–	–	98,47

Примечание: анализы выполнены на микроанализаторе JEOL-733. Аналитик Е. И. Чурин. Прочерк – количество ниже предела обнаружения.

Данные по составу хромитов из шлаков Южного Урала могут быть использованы при исследовании других регионов, в которых использовались аналогичные руды. К ним относятся Алтае-Саянская область, Северный Кавказ, Южная Турция, Северная Италия. Шлаки с включениями хромитов достоверно установлены на Кипре [Zwicker, 1990, с. 3–32] и это позволяет надеяться на перспективы сравнительного изучения состава минерала из разных горно-металлургических центров.

Состав металлических изделий

На основании изучения химического состава изделий из меди и медных сплавов, выявленных на поселениях и в курганах Южного Урала, установлены следующие типы металлов [Черных, 1970, с. 15; Зайкова, 2000, с. 104–111]:

Типы меди:

- чистая (примесь As, Sn, Ag < 0,1 мас. %);
- мышьяковистая (As 0,1–1,0 мас. %);
- серебристая медь (Ag 0,1–1,0 мас. %).

Типы бронзы:

- мышьяковая (As 1–4 мас. %);
- оловянная (Sn 1–7 мас. %);
- свинцово-оловянная (Sn 1–7, Pb 1–5 мас. %);
- никелевая (Ni 1,0–5,0 мас. %).

Аркаим. Исследования состава металлических изделий показали, что большинство их сделано из чистой меди, лишь несколько шильев и ножей имеют состав мышьяковой бронзы, а один предмет – никелевой бронзы. При этом включения корольков меди в шлаке представлены никелистой бронзой, мельхиором, чистой медью. Исходя из данных по составу шлаков и обломков руды можно предположить, что для медеплавильного производства в Аркаиме использовались малахитсодержащие серпентиниты, бурые железняки, кварцевые жилы и хлорит-турмалиновые породы.

Синташта. В Институте археологии РАН спектральным методом проанализирована коллекция из 70 металлических изделий, что позволило определить геохимические типы металла [Зайкова, 2000, с. 104–111]. Почти половина предметов изготовлена из бронз, в подавляющем большинстве мышьяковых, остальные – из чистой меди. Присутствуют единичные изделия из оловянной бронзы, в основном представленные украшениями. Это свидетельствует о преобладании среди использованных руд мышьяксодержащих разновидностей либо о легировании меди мышьяковыми минералами. Что касается оловянной бронзы, из которой сделаны украшения, то источником сырья являются другие горно-металлургические центры, вероятнее всего Алтайский. Такие же украшения, по данным В. В. Ткачева, отмечены в могильниках близ Еленовского и Ушкаттинского рудников.

Каменный Амбар. Проанализированные пластины представлены бронзами оловянными и мышьяковыми с включениями свинец- и селенсодержащих фаз. Эти результаты надежно коррелируются с данными спектро-

аналитического изучения металла могильника Каменный Амбар-5, синхронного ранней фазе существования поселения. Согласно заключениям А. Д. Дегтяревой [2010, с. 10–25], основу коллекции составляют мышьяковая бронза и мышьяковистая медь. Исключением из этого «правила» являются украшения с большими концентрациями олова.

Степное-7. Проанализированные предметы представлены следующими группами: чистой медью (топоры, ножи, сплески, бляшки); мышьяковой бронзой (проколки, скрепки); оловянной бронзой. Последняя группа наиболее многочисленна и к ней относятся разнообразные украшения (браслеты, бусины, кольца, подвески) и инструменты (пинцет, шилья). Содержание олова находится в пределах 2–14 %. Среди уральских археологических памятников бронзового века могильник Степное-7 выделяется наиболее явственными оловянными бронзами. Этот факт мы увязываем с обнаружением в шлаках близлежащих поселений включений оловянных бронз, что свидетельствует о местном производстве данного металла. Следует отметить также, что комплекс поселения и могильника содержит одновременные материалы, и оловянные бронзы могли попасть в ранние слои на алакульском этапе функционирования. Для этого времени оловянистые бронзы являются типичным материалом для изделий из металла.

Обсуждение результатов

Выполненный анализ состава артефактов, обнаруженных на южно-уральских поселениях и рудниках бронзового века, позволяет оценить критерии определения источников минерального сырья. Прямой путь заключается в изучении состава специфических медьсодержащих обломков руды, обнаруженных на вскрытых поселениях. Такая ситуация известна на Аркаиме, где выявлены куски руды медно-турмалинового состава. Это редкий тип оруденения, пока известный только на Еленовском месторождении, поэтому был сделан вывод, что древние металлурги могли использовать руды из этого рудника [Бушмакин, Зайков, 1997, с. 221–232]. Но в большинстве случаев обломки представлены малахитом, по составу которого пока невозможно определить тип минерализации. В древности разрабатывались зоны окисления сульфидных месторождений, в которых возникший малахит переотлагался на верхних горизонтах залежей, теряя явственные индикаторные свойства исходного сырья.

Об использовании свинцовых руд свидетельствует находка свинцового прута на поселении Куйсак [Основы геоархеологии ..., 2011, с. 136] и свинцово-оловянных бронз в могильниках около Еленовского и Ушкаттинского рудников. Свинцовые проявления известны во многих местах на Южном Урале. Для определения мест добычи свинцовой руды необходимо проведение изотопно-геохимических исследований.

Минералогические критерии базируются на минеральных микровключениях в шлаках. Большое количество включений хромитов в отходах металлургического производства поселений Устье, Родники, Каменный Амбар, Куйсак, Аркаим, Синташта, Кизильское, Аландское свидетельствуют о по-

ставке сырья для поселений из медных руд в гипербазитах (рис. 1). Микровключения арсенидов поступали из мышьяксодержащих кобальт-медно-колчеданных руд, добывавшихся в этой же обстановке.

Микровключения халькозина в шлаках поселения Аркаим могут говорить об использовании нижних горизонтов зон окисления медно-колчеданных месторождений, где известны халькозиновые разности. На ближайшем руднике Бакр-Узьяк разрабатывалась зона окисления колчеданного месторождения. Возможным источником могли также быть рудники Таш-Казган и Никольский, где Е. Н. Черных [1970, с. 15] выделил особый тип руд ТК, обогащенный мышьяком и серебром.

Геохимические критерии основаны на исследовании расплавных включений в шлаках. Около половины их представлены чистой медью, примеси в которой не фиксируются использованными приборами. Наиболее вероятно, что эти руды добыты из проработанных зон окисления медных месторождений разного генезиса.

Исследованные расплавные включения в шлаках поселений Аландское, Аркаим, Устье, Кизильское, Куйсак имеют никель-мышьяковую специализацию, характерную для гипербазитовых руд. Это является дополнительным аргументом для суждения об источнике руд из гипербазитов. Об этом же свидетельствует присутствие на многих поселениях мышьяк-никелевых бронз. Расплавные включения, в которых ассоциируют селен и сера, говорят о разработке нижних горизонтов колчеданных месторождений, обогащенных селеном.

Проведен примерный расчет количества добытых руд исходя из объема извлеченных рудных тел (табл. 3). Авторами предложена следующая методика расчета. Для определения морфологических параметров древних выработок на основании инструментальной съемки составлялись крупномасштабные (1:1000; 1:2000) схемы их строения. Согласно эмпирическим данным, полученным при геологических и геофизических исследованиях рудника Воровская Яма, для карьеров округлой или овальной формы, эксплуатировавшихся в древности, объем разрабатываемого рудного тела в среднем составлял около 20 % от общего объема выработки. Вес добытой руды рассчитывался с учетом установленного объема рудной массы и удельного веса окисленной руды, характерного для каждого типа месторождения (2,9–3,0 т/м³). Среднее содержание меди в рудах по каждому руднику определялось серией химических анализов в объединенных пробах и отдельных штуфах. Для приближенной оценки количества выплавленного металла учитывался коэффициент извлечения металла при металлургическом переделе, равный 0,5 [Горная энциклопедия ..., 1987, с. 214]. Близкие показатели использовались при оценке продуктивности медных разработок в Донбассе [Бровендер, Гайко, Шубин, 2010, с. 213–219].

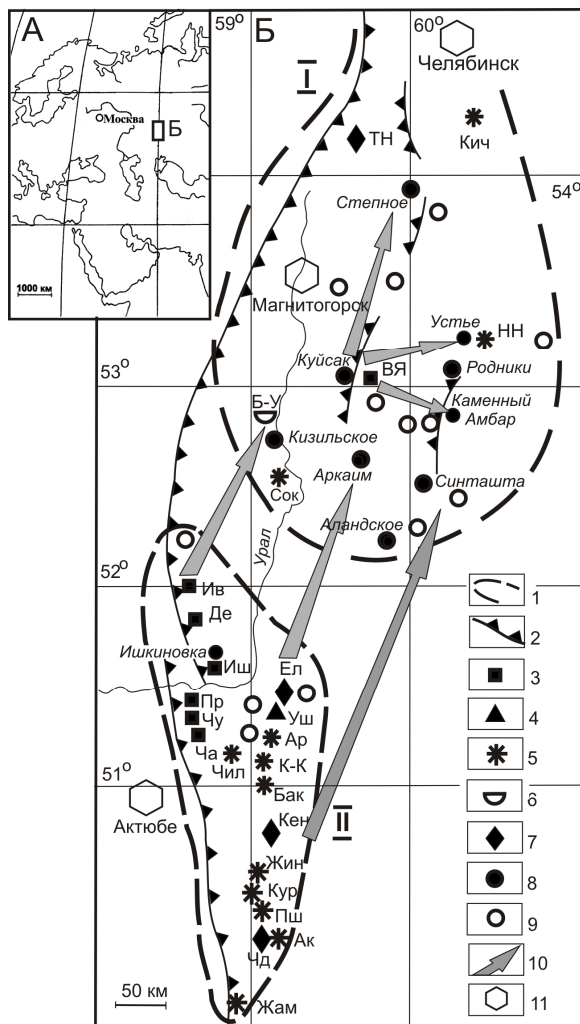


Рис. 1. Схема размещения древних рудников и поселений в Зауралье и Мугоджарах. 1 – границы горно-металлургических центров: I – Зауральского, II – Мугоджарского; 2 – фрагменты зон Главного Уральского и Восточно-Уральского разломов с массивами гипербазитов; 3–7 – древние рудники: 3 – в гипербазитах, 4 – в пироксенитах, 5 – в базальтовых и кремнисто-базальтовых комплексах, 6 – в риолит-базальтовых комплексах; 7 – в контактах гранитоидных интрузий; 8–9 – поселения бронзового века: 8 – в шлаках выявлены хромиты, 9 – в шлаках не выявлены хромиты; 10 – предполагаемые главные пути поставки руд в древние металлургические центры; 11 – основные города.

Древние рудники: ТН – Таш-Казган и Никольский; Кич – Кичигинский; НН – Новониколаевский; ВЯ – Воровская Яма; Б-У – Бакр-Узяк; Сок – Соколки; Ив – Ивановский; Де – Дергамышский; Иш – Ишкининский; Пр – Придорожный; Чу – Чудской; Ча – Чанчар, Чил – Чилик-тинский; Ел – Еленовский; Уш – Ушкатинский; Ар – Аралча; К-К – Кызыл-Кибачи; Бак – Баксай; Кен – Кенгияк, Жин – Жинишке; Кур – Куркудук; Пш – Пшенсай; Чд – Чуулдак; Ак – Актогай; Жам – Ю. Жамантау

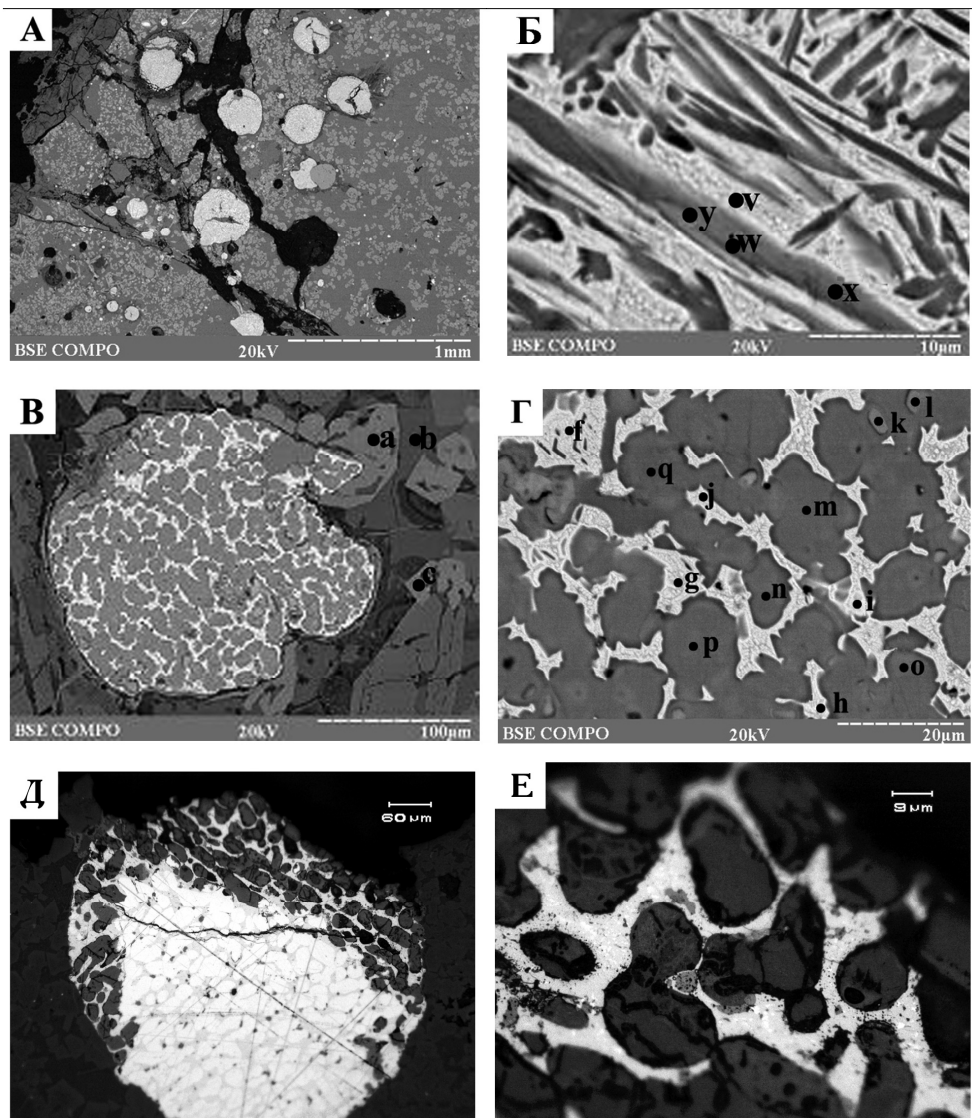


Рис. 2. Расплавные включения в шлаках поселений Каменный Амбар (А-Г, обр. 716–2221) и Родники (Д-Е, обр. 835–3). Изображения в обратно рассеянных электронах. А – Группа оловосодержащих расплавных включений в шлаке; Б – фрагмент оловосодержащего расплавного включения паркетовидной структуры; В – оловосодержащее расплавное включение леопардовой структуры; Г – фрагмент оловосодержащего расплавного включения леопардовой структуры; Д – корольек меди с выделениями куприта (темное) по периферии; Е – фрагмент королька меди (светлое) с выделениями куприта (черное) и зернами сульфида меди (серое).
Размер включений в мм и микронах показан на снимках

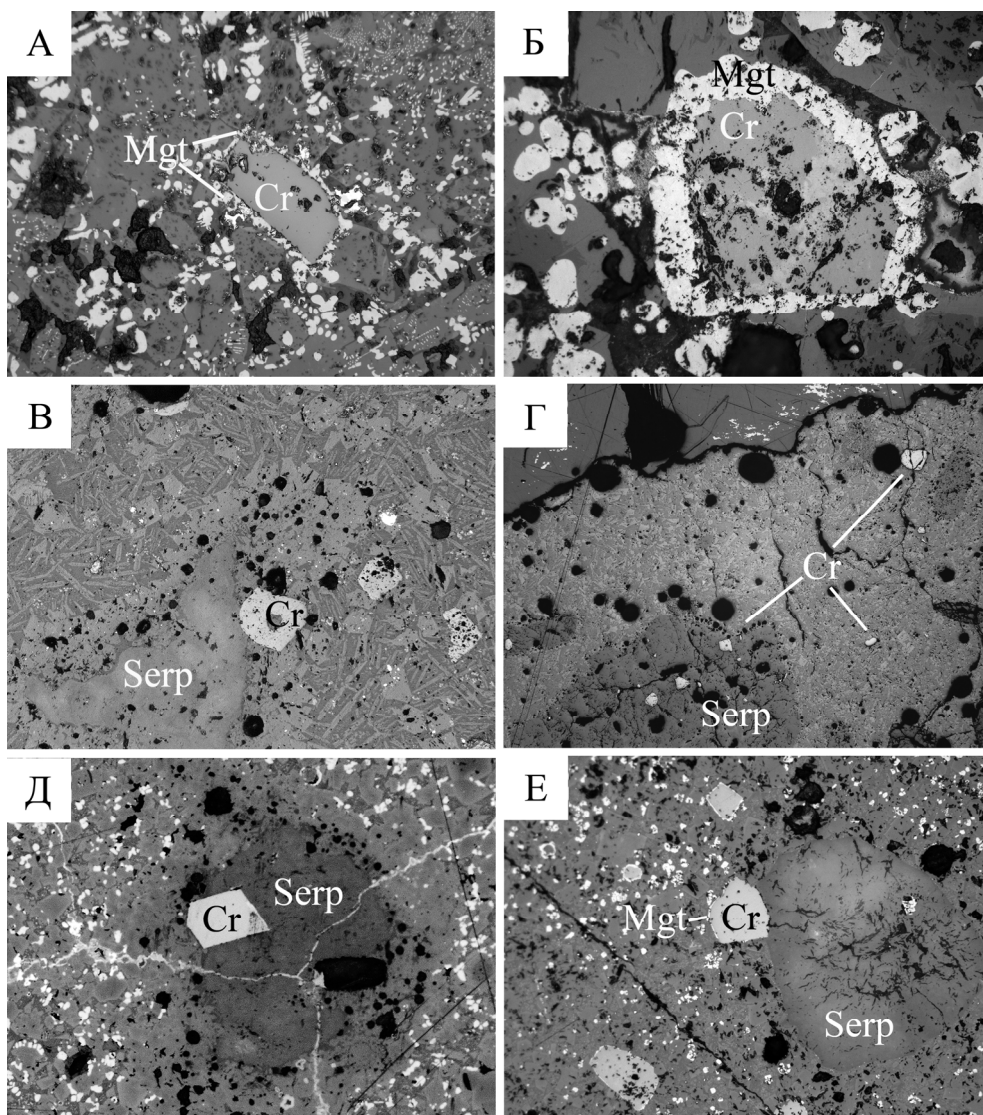


Рис. 3. Фотографии шлаков с микровключениями хромитов. Отраженный свет.

Поселение Каменный Амбар: А – обрастание выделения хромита мелкими кристаллами магнетита (обр. 716–527); Б – выделения хромита со сплошной магнетитовой каймой (обр. 716–117–5); В – кристаллы хромитов в обломках серпентинитов и оплавленные зерна хромитов в шлаке (обр. КА 1).

Поселение Аландское: Г – кристаллы хромитов в шлаке (обр. Б11–51).

Поселение Степное: Д – кристалл хромита в обломке серпентинита (обр. Ст-11).
Поселение Аркаим: Е – кристаллы хромита с тонкой магнетитовой каймой (обр. 1В-13).

Ширина снимков А, Б, В, Д, Е – 1 мм, снимка Г – 5 мм

Таблица 3

Расчет предполагаемого количества добытой руды и металла
на основных медных рудниках Южного Урала

№	Название рудника	Параметры горных выработок			Объем рудной массы, м ³	Удел. вес руды, т/м ³	При- мерный вес до- бытой руды, т	Среднее содер- жание меди, мас. %,	Кол-во меди в добы- той руде, т	Кол-во выплав- лено- го ме- талла, т
		глу- би- на, м	площадь, м ²							
			карье- ра	руд. тела						
1	Воровская Яма	6	750	150*	900	3,0	2700	5,15	139	70
2	Дерга-мышский	12	3300	660	7920	2,9	22 968	6,50	1493	746
3	Ишкинин-ский	3–7	5684	1137	5684	2,9	16 484	5,26	867	434
4	Ушкат-тинский	2	1115	223	446	2,9	1293	5,74	74	37
5	Куркудук	2	2045	409	818	2,9	2372	7,34	174	87
6	Еленов-ский	6	1275	255	1530	2,9	4437	6,53	290	145
ИТОГО							50 254	–	3037	1519

Примечания. Цифрами обозначены: 1–3 рудники в гипербазитах; 4 – рудник в пироксенитах; 5 – рудники в кремнисто-базальтовом комплексе, 6 – рудник в контакте с гранитоидами. * – площадь рудного тела определена с помощью горных выработок.

Для наиболее крупных рудников Зауралья и Мугоджар была определена цифра добычи около 50 тыс. т медных руд, из которых могло быть получено порядка 1500 т меди. Разработки, по имеющимся оценкам для рудника Ишкининский, происходили в интервале времени 2400–1500 лет до н. э., причем горняки трижды возвращались на рудное поле. Время функционирования поселений эпохи бронзы в Зауралье по радиологическим данным определено в 2150–1500 лет до н. э., однако основная масса курганных захоронений приходится на четырехвековой отрезок XVII–XIV вв. до н. э. [Епимахов, 2009, с. 92–104]. Если принять время действия рудников за половину этой цифры, то их общая усредненная производительность могла составить около 7,5 т руды в год, что не кажется чрезмерным для двадцати карьеров. Количество шлаковых отходов при металлургическом переделе руд, обогащенных до 30 % меди, составит четверть от общего количества руд и, соответственно ежегодно близ мастерских будет накапливаться по 60 т шлаков, на каждую мастерскую по 3 т, или 1 м³.

Вероятные пути распространения медного сырья предварительно на-мечены на рис. 1. Ведущим типом использовавшихся руд являлись малахитовые и азурит-малахитовые разности, добытые в гипербазитах. Этот путь проходит от рудников зоны Главного Уральского разлома и Западных Мугоджар в направлении поселений Аркаим, Аландское и Синташта. Аркаим питался еще

двумя источниками: медно-турмалиновой рудой месторождения Еленовского и халькозиновыми разностями из зоны окисления месторождения Бакр-Узяк. Рудник Воровская Яма поставлял сырье для поселения Каменный Амбар, таковой же источник предполагается для поселений Куйсак, Устье, Степное.

Выводы

1. В Зауральском и Мугоджарском горно-металлургических центрах добывались медные руды, связанные с месторождениями в гипербазитах, базальтовых и риолит-базальтовых вулканогенных комплексах, контактах гранитоидных интрузий. Преобладающим методом добычи был карьерный, что определялось прожилково-вкрапленным характером первичных руд. В наиболее крупных рудниках, по предварительным данным, было добыто около 50 тыс. т руды.

2. Результаты исследования металлических включений из древних шлаков Южного Урала свидетельствуют о том, что часто использовалось сырье из мышьяк- и никельсодержащих объектов. Таковыми могут быть кобальт-медноколчеданные залежи, содержащие в продуктах окисления повышенные содержания мышьяка и никеля. Это подтверждается ассоциацией мышьяковистых и никелистых королек с включениями хромшпинелидов из рудовмещающих серпентинитов.

3. Судя по наличию в шлаках королек с сульфидами, древними металлургами использовались как малахитсодержащие, так и сульфидные руды из нижних горизонтов зон окисления.

3. На поселении Каменный Амбар выявлены шлаки с оловосодержащими микровключениями, что свидетельствует о производстве оловянной бронзы в Уральском регионе. Источником сырья, по имеющимся данным, являлись рудники Казахстана.

4. Задачей дальнейших исследований является применение для исследования руд и продуктов их передела более точной аналитической аппаратуры, методов LA-ICP-MS и изотопной геохимии. Это позволит более точно сравнить руды из древних карьеров с включениями в шлаках и правильно определить источники минерального сырья для конкретных поселений палеометаллургов. Ближайшей задачей является минералого-геохимическое исследование всех находок шлаков и шлаков, выявленных на поселениях и в могильниках.

Благодарности

Авторы благодарят за помощь В. Ф. Коробкова, В. А. Котлярова, Е. И. Чурина, П. В. Хворова, Е. В. Зайкову, О. Л. Бусловскую.

Список литературы

Большая советская энциклопедия / под ред. А. М. Прохорова. – М. : Сов. энциклопедия, 1978. – Т. 28. – 620 с.

Бровендер Ю. М. Определение объемов горных работ и оценка добычи медных руд на древних разработках Картамышского рудопоявления Донбасса / Ю. М. Бровендер, Г. И. Гайко, Ю. П. Шубин // Матеріали та дослідження з археології Східної України. – Луганськ, 2010. – Вип. 9. – С. 213–219.

Бушмакин А. Ф. Еленовское медно-турмалиновое месторождение – вероятный источник руды для медеплавильного производства Аркаима / А. Ф. Бушмакин, В. В. Зайков // Уральский минералогический сборник. – 1997. – № 7. – С. 221–232.

Горная энциклопедия / гл. ред. Е. А. Козловский. – М.: Сов. энциклопедия, 1987. – Т. 3. – 592 с.

Геолого-минералогические исследования древних медных рудников на Южном Урале / В. В. Зайков, А. М. Юминов, А. Ю. Дунаев, Г. Б. Зданович, С. А. Григорьев // Археология, этнография и антропология Евразии. – 2005. – № 4. – С. 101–115.

Григорьев С. А. Исследование хромшпинелидов и проблема рудной базы синташтинской металлургии / С. А. Григорьев // Изв. Челябинск. науч. центра. – 2003. – Вып. 3. – С. 56–60.

Дегтярева А. Д. История металлопроизводства в эпоху бронзы / А. Д. Дегтярева. – Новосибирск: Наука, 2010. – 162 с.

Епимахов А. В. От археологии памятника к археологии социума: эпоха бронзы Южного Зауралья / А. В. Епимахов // Проблемы истории, филологии, культуры. – 2009. – Вып. 3 (25). – С. 92–104.

Зайков В. В. Воровская Яма – новый рудник бронзового века / В. В. Зайков, Г. Б. Зданович, А. М. Юминов // Археологический источник и моделирование древних технологий. – Челябинск: Центр Аркаим, 2000. – С. 112–130.

Зайков В. В. Рудники, хромитсодержащие медные руды и шлаки Ишкининского археологического микрорайона (Южный Урал) / В. В. Зайков, А. М. Юминов, В. В. Ткачев // Археология, этнография и антропология Евразии. – 2012. – № 2 (49). – С. 37–46.

Зайкова Е. В. Геохимические типы меди и бронз в металлических изделиях поселения Синташта / Е. В. Зайкова // Археологический источник и моделирование древних технологий. – Челябинск: Центр Аркаим, 2000. – С. 104–111.

Зданович Г. Б. Аркаим – Страна городов: пространство и образы / Г. Б. Зданович, И. М. Батанина. – Челябинск: Крокос, 2007. – 260 с.

Кадырбаев М. К. Культура древних скотоводов и металлургов Сары-Арки (по материалам Северной Бетпак-Далы) / М. К. Кадырбаев, Ж. Курманкулов. – Алмата: Гылым, 1992. – 247 с.

Каргалы / Е. Н. Черных, Ю. М. Лебедева, И. В. Журбин, Х. А. Лопес-Саец, П. Лопес-Гарсия, М. И. Н. Мартинес-Наваррете; сост. и науч. ред. Е. Н. Черных. – М.: Языки славянской культуры, 2002. – Т. 2. – 182 с.

Кузьмина Е. Е. Археологические исследования памятников Еленовского микрорайона андроновской культуры / Е. Е. Кузьмина // КСИА. – 1962. – Вып. 88. – С. 84–92.

Кузнецова Э. Ф. Древняя металлургия и гончарство Центрального Казахстана / Э. Ф. Кузнецова, Т. М. Тепловодская. – Алматы: Гылым, 1994. – 207 с.

Основы геоархеологии / В. В. Зайков, А. М. Юминов, Е. В. Зайкова, А. Д. Таиров. – Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2011. – 263 с.

Сальников К. В. Памятники эпохи бронзы в Домбаровском районе Оренбургской области / К. В. Сальников, А. С. Новиченко // СА. – 1962. – № 2. – С. 124–133.

Ткачев В. В. Уральско-Мугоджарский горно-металлургический центр эпохи поздней бронзы / В. В. Ткачев // РА. – 2011а. – № 2. – С. 43–55.

Ткачев В. В. Ишкининский археологический микрорайон эпохи бронзы: структура, периодизация, хронология // КСИА. – 2011б. – Вып. 225. – С. 220–230.

Черных Е. Н. Древнейшая металлургия Урала и Поволжья / Е. Н. Черных. – М.: Наука, 1970. – 180 с.

Zwicker U. Archaeometallurgicfl on the Copper- and Copper-Alloy-Production in the Area on the Mediterranean Sea (7000–1000 B. C.) / U. Zwicker // Bulletin of the Metals Museum. – 1990. – Vol. 15. – P. 3–32.

Mining and Metallurgical Centers of the Bronze Age in the Transurals and Mugodzhar

V. V. Zaykov, A. M. Yuminov, M. N. Ankushev,

V. Tkachev, V. V. Noskevich, A. V. Epimakhov

Abstract. The article presents the data of the Transurals and Mugodzhar mining and metallurgical centers, which territories were used as deposits in ultrabasic, basalt and rhyolite-basalt volcanic rocks. The main method of extraction was mining, determined by the vein-disseminated nature of primary ore. The most abundant mines of the Transurals and Mugodzhar area estimated approx. 50 000 MT of copper ore, corresponding to 1500 MT of possibly extracted copper. For the Ishkininskiy mine the existing knowledge tells that the extractions were held in 2400–1500 BC, besides, the miners returned to their work for three times. Using the radiocarbon method the settlement is dated 2150–1500 BC but the main mound burial places are dated XVII–XIV BC. A special analysis of mineral and micro-inclusions in the melt slags was held to determine types of bronze and investigate the ore source. Studies were made using the equipment of the Mineralogy Institute of UB RAS: X-ray fluorescence INNOV, microprobe JEOL-733 and raster РЭММА 202М. The preliminary type of micro-inclusions is a chromite – FeCr_2O_4 – mineral of chromospinelide group that has Mg, Al, Ti, Mn, Zn, V as impurities in different proportions. The chromite slag presence indicates the use of ores associated with ultrabasic rocks. Due to the minimal impact of the molten slag on the chromite, the study of this mineral permits to evaluate the possible ore sources used by paleometallurgists. A rare event is an inclusion of sulphide chalcocite Cu_2S , traced in the slags of settlements Arkaim and Kamenniy Ambar (Stone Barn). The results of the study of metal inclusions from ancient slags in the Southern Urals show that the raw materials of arsenic and nickel-containing objects was often used. This fact is supported by associating arsenic and nickel metals with the inclusions of chromospinelides from the ore-bearing ultrabasic rocks. In addition, there were found the slags with the tinny microinclusions, indicating the existence of tin bronze production in the Urals.

Key words: mines, mining and metallurgical centers, Bronze Age, slags, microinclusions, malachite, chromite, chalcocite.

Зайков Виктор Владимирович – доктор геолого-минералогических наук, профессор главный научный сотрудник, Институт минералогии УрО РАН 456317, Россия, г. Миасс, Ильменский заповедник, zaykov@mineralogy.ru

Юминов Анатолий Михайлович – кандидат геолого-минералогических наук научный сотрудник, Институт минералогии УрО РАН 456317, Россия, г. Миасс, Ильменский заповедник, umin@mineralogy.ru

Zaykov Victor Vladimirovich – Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor Chief Researcher, Institute of Mineralogy, UB RAS Ilmensky Reserve, Miass, Russia, 456317, zaykov@mineralogy.ru

Yuminov Anatoliy Mihaylovich – Ph. D. in History Researcher, Institute of Mineralogy, UB RAS Ilmensky Reserve, Miass, Russia, 456317, umin@mineralogy.ru

Анкушев Максим Николаевич – аспирант, Институт минералогии УрО РАН 456317, Россия, г. Миасс, Ильменский заповедник, ankushev_maksim@mail.ru

Ткачев Виталий Васильевич – кандидат исторических наук, доцент директор научно-исследовательского археологического центра, филиал Оренбургского государственного университета «Орский гуманитарный-технологический институт», 462403, Россия, г. Орск, пр. Мира, 15А, vit-tkachev@yandex.ru

Носкевич Владислав Витальевич – кандидат физико-математических наук научный сотрудник, Институт геофизики УрО РАН 620016, Россия, г. Екатеринбург, ул. Амундсена, 100, ubistu@gmail.com

Епимахов Андрей Владимирович – доктор исторических наук, доцент ведущий научный сотрудник, Институт истории и археологии УрО РАН 454080, Россия, Челябинск, пр. Ленина, 76-403, eav74@rambler.ru

Ankushev Maxim Nikolaevich – Postgraduate Student, Institute of Mineralogy, UB RAS Ilmensky Reserve, Miass, Russia, 456317, ankushev_maksim@mail.ru

Tkachev Vitaliy Vasilevich – Ph. D. in History Director of the Archaeological Research Center, Orsk Humanities and Technology Institute (branch), the Orenburg State University 15 A, Mira pr., Orsk, Russia, 462403, vit-tkachev@yandex.ru

Noskevich Vladislav Vitalevich – Ph. D. in Physic and Mathematic Researcher, Institute of Geophysics, UB RAS 100, Amundsen str., Ekaterinburg, 620016, Russia, ubistu@gmail.com

Epimakhov Andrey Vladimirovich – Doctor of Historical Sciences, Docent Leading Researcher, Institute of History and Archaeology, UB RAS 76-403, Leninsky prospect, Chelyabinsk, Russia, 454080, eav74@rambler.ru