

УДК 553+930.26

Докт. геол.-мин. наук ЗАЙКОВ В.В., канд. физ.-мат. наук КОТЛЯРОВ В.А., канд. геол.-мин. наук ЗАЙКОВА Е.В. (Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс, Россия), инж. ЗАДНИКОВ С.А. (Музей археологии и этнографии Слободской Украины ХНУ им. Каразина, г. Харьков)

## МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ МИКРОВКЛЮЧЕНИЙ В ДРЕВНИХ МЕТАЛЛАХ И ШЛАКАХ (НА ПРИМЕРЕ УРАЛА И ВОСТОЧНОЙ УКРАИНЫ)

**Постановка исследований.** В последние годы начаты исследования включений минералов в древних шлаках для определения источников минерального сырья [1]. Оказалось, что полученные сведения имеют металлогеническое значение [2]. С целью развития этого направления были взяты пробы из предметов, полученных при археологических раскопках разных памятников (помощь в подборе предметов из коллекций осуществляли С.А.Задников, А.Д.Таиров, Д.Г.Зданович, А.В.Епимахов, Т.С.Малютина). Изделия представлены: разнообразными металлическими заготовками, гривнами, браслетами, фольгой, серьгами, наконечниками. Возраст курганов и поселений датируется в интервале XVII-III века до н.э. [3, 11]. Исследование состава выполнено В.А.Котляровым и Е.И.Чуриным на микронзондовых анализаторах РЭММА-202М и JEOL-733 в Институте минералогии УрО РАН. Из представленных изделий были подготовлены тонкие срезы и изготовлены полированные шлифы. Анализ каждого фрагмента проводился в нескольких точках, после чего рассчитывались средние значения содержаний основных элементов. Для некоторых изделий получены микрогеохимические карты распределения основных компонентов. Оптические исследования позволили выявить включения халькозина, свинца, теллуридов, селенидов и осмия, что важно для оценки минерально-сырьевой базы регионов. Сводная характеристика включений дана в таблице 1.

Работы опираются на археологические исследования, проводимые в кооперации со специалистами Челябинского и Южно-Уральского государственных университетов, Центра Аркаим, Харьковского национального университета, Института истории и археологии УрО РАН, Орского гуманитарно-технологического института. На Урале исследованы артефакты из поселений и курганов бронзового и раннего железного веков [2-5, 10]. Украинский материал представлен археологическими находками из раскопок на Бельском городище скифского времени [6, 7].

*Микровключения хромитов в шлаках.* Установлено широкое распространение хромшпинелидов в шлаках из металлургических центров бронзового века на Южном Урале (Куйсак, Каменный Амбар, Аркаим, Кизильское, Аландское). Включения располагаются или непосредственно в шлаке, или внутри оплавленных обломков серпентинитов. Последние предпочтительнее для сравнений, так как не испытали непосредственное воздействие расплава. Хромиты эвтектические и субэвтектические, редко округлые, размер зерен 0,1–1,0 мм, часто встречаются силикатные включения. Магнетитовая кайма устанавливается во многих зернах шпинелей, ее толщина не превышает 75 мкм. В большинстве случаев кайма имеет простое строение, внутренние границы с хромшпинелидом ровные. По периферии иногда присутствуют кристаллы хроммагнетита.

*Микровключения никель-арсенидных и хром-ванадиевых штейнов в шлаках.* В корольках мышьяковой бронзы из шлаков поселения Устье выявлены каплеобразные включения с высоким содержанием мышьяка (2-5%) и никеля (3-4%). В этих «каплях» присутствуют жилки с содержанием As 40-44% и Ni 6-17%. Несколько меньше примеси

мышьяка и никеля установлено в каплях штейна на Аркаимском поселении, однако в них присутствуют округлые обособления с селеном (6-7%) и теллурием (0.6-1.1%). На поселении Аркаим в шлаках установлено присутствие ванадий- и хромсодержащих фаз.

Табл. 1. Микровключения в древних шлаках и металлах

Тип включений	Минералы в шлаках, изделиях и штейнах	Морфология	Размеры	Особенности состава (вес. %)	Объекты
Минеральные	хромшпинелиды	Кристаллы, в шлаках и обломках серпентинитов	0.1-1.0 мм	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 52-44; MgO - 9-14; Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 9-14; MnO - 0.5-0.9	Многие поселения Урала
	халькозин	Обломки, оплавленные в шлаке	0.1-3.0 мм	Cu - 67; Fe - 5; S - 26	Аркаим, Урал
	теллуриды	Обломки зерен в меди	1-3 мкм	Bi, Cu, Te, Ag Bi, Pb, Cu, Sb	Бельск, Украина
	осмий	Зерна овальные в золотом браслете	10-40 мкм	Os - 50; Ir - 35; Ru - 15	Кичигино, Урал
	графит	Зерна округлые	50-100 мкм	Mn - 9.2; Ni - 7.4	Бельск, Украина
Расплавные	Cu-CuS	Корольки штейна с сульфидной графикой	5-20 мкм	Cu - 80; S - 20	Многие поселения Урала
	Cu-Fe-As	Корольки штейна	1-3 мм	Cu - 36; Fe - 34; As - 24	Устье, Урал
	Cu-As-Ni	Жилки в корольках меди	2-5 мкм	Cu - 40; As - 32; Ni - 2	Устье, Урал
	Cu-As-Se-Te-S	Включения в корольках меди	3-10 мкм	Cu - 67; Fe - 3; Se - 6; Te - 1; S - 14	Аркаим, Урал
	Pb	Включения в медных заготовках	3-10 мкм	Pb - 98	Каменный Амбар, Урал
	V-Cr	Включения в шлаках	10-50 мкм	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - 11; Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 5	Аркаим, Урал
	Sn-As-Bi-Co	Кристаллы в шлаках	50-200 мкм	SnO <sub>2</sub> - 44-97; As <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - 5-17; PbO <sub>2</sub> - 4-10; Bi <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - 1-2	Бельск, Украина

*Микровключения халькозина и халькозинсодержащих фаз в шлаках.* При исследовании шлаков из поселения Аркаим установлены включения дезинтегрированных зерен халькозина (Cu<sub>2</sub>S). Скопление вытянутых индивидов имеет размер 2-3 мм. Кроме того, в шлаках поселения Каменный Амбар выявлены капли, сложенные смесью халькозиновой, ковеллиновой и пирротиновой фаз. Размер их 50-100 мкм.

*Микровключения свинца в бронзовых изделиях.* На поселении Каменный Амбар (Южный Урал) исследована пластинчатая заготовка мышьяксодержащей бронзы (Cu 91-94%, Sn 3-6%, As 0.4-1.0%). В металле графической микроструктуры установлены



червеобразные вrostки свинца. В 80 км западнее на поселении Куйсак выявлена свинцовая заготовка в виде стержня диаметром 4-6 мм.

*Микровключения осмия в изделиях из золота.* При исследовании состава золотых изделий из коллекции А.Д.Таирова (Кичигинский курган близ Южно-Уральска) были выявлены включения осмия. Зерно округлой формы имеет размеры 10x36 мкм и имеет состав (%): Os 50; Ir 36; Ru 15. Он сходен по соотношению осмия, иридия и рутения с аналогичным минералом из золотых россыпей Кочкарского района на Южном Урале [8].

*Микровключения теллуридов и касситерита.* На Украине из раскопов Бельского городища, датируемого ранним железным веком, исследованы образцы меди, оловянной бронзы, свинца и шлаков. В чистой меди установлены включения теллуридов висмута, а в свинце – примесь сурьмы и серебра. В шлаках оловянной бронзы присутствуют выделения касситерита и медно-свинцовых графических срastаний. Шлаки такого состава ранее не были описаны.

*Микровключения графита в свинце.* На Бельском городище проведено микрогеохимическое картирование свинца, которым установлено присутствие выделений графита (?) округлой формы размером 40-500 мкм. Их количество составляет 10-20% объема породы. В некоторых включениях определено присутствие повышенных содержаний марганца и никеля. Природа данных включений не ясна.

**Заключение.** Выполненное исследование позволило наметить ранее не известные рудные узлы и определить вероятные источники минерального сырья, использованные древними металлургами.

На Урале прежде всего отмечается большое количество включений хромшпинелидов в шлаках большинства исследованных поселений. По составу большинство микровключений соответствует хромитам из медных руд в серпентинитах офиолитовых зон Южного Урала. В этих структурах известны кобальт-медно-колчеданные месторождения с примесью никеля в ультрамафитах Главного Уральского разлома [9]. Однако ареал хромит- и никельсодержащих шлаков охватывает и Восточно-Уральскую офиолитовую зону, где пока медное оруденение не известно. На этом слабо обнаженном отрезке предполагается выявление новых проявлений кобальт-медных руд.

По присутствию в медных корольках шлаков мышьяк- и никельсодержащих фаз на поселениях Устье и Аркаим сделан вывод, что в этих металлургических мастерских использовалась преимущественно медная руда из мышьяк- и никельсодержащих медно-арсенидных месторождений. Такие объекты также присутствуют в ультраосновных породах офиолитовых зон (Ишкининское, Ивановское, Дергамышское). В этих же шлаках установлены ванадий-, селен- и теллурсодержащие фазы, которые присутствуют в нижних горизонтах зон окисления некоторых медноколчеданных месторождений Урала (Куль-Юрт-Тау, Летнее, Гайское). Если это заключение справедливо, то следует признать в качестве одного из источников сырья ковеллинсодержащие сыпучки, под которыми залегают сульфидные руды.

О возможности использования сульфидных руд древними металлургами свидетельствуют частые графические срastания меди с халькозином. Пока не ясно, были ли это случайные примеси в рудах, или халькозиновые и халькопиритовые разности использовались сознательно.

Доказано использование древними металлургами свинцовых руд на Урале. Соответствующими объектами могли служить галенит-баритовые жилы среди карбонатовых трахириолит-трахибазальтовых вулканов и постскладчатых зон разломов [2].

Выявление в золотом браслете из Кичигинского кургана (Ю. Урал) включения осмия позволяет наметить источник сырья. Таковыми могут быть россыпи, сформировавшиеся при размыве ультрабазитов зоны Восточно-Уральского разлома, либо руды из золотоносных ультраосновных пород.

На Украине ситуация в металлогеническом отношении иная, так как предполагается, что использовались импортные источники сырья. Судя по присутствию в меди включений серебро- и висмутсодержащих теллуридов, руды могли добываться в Трансильвании. В этой провинции известны медьсодержащие золото-теллуридные месторождения [6].

В дальнейшем целесообразно провести систематическое изучение археологических находок современными методами для выявления минеральных включений в шлаках и металлах и продолжить оценку их металлогенического значения. Необходимо провести изотопный анализ свинец- и осмийсодержащих металлов и шлаков для более точного определения возможных источников минерального сырья.

Авторы благодарны за помощь и предоставленные материалы Е.В.Белогуб, А.Д.Таирову, А.В.Епимахову, Г.Б.Здановичу, Т.С.Малютиной, А.М.Юминову, В.А.Котлярову, Е.И.Чурину. Работа выполнена при содействии РФФИ (07-05-00260), РГНФ (08-06-00136), Министерства образования и науки РФ (РНП.2.1.1.1840), интеграционных проектов УрО – СО РАН.

#### Библиографический список

1. Григорьев С.А., Дунаев А.Ю., Зайков В.В. Хромшпинелиды как индикатор источника медных руд для древней металлургии // Доклады РАН. – 2005. - Том 400, № 2. - С. 228–232.
2. Зайков В.В. Значение gearхеологических исследований для региональной минерации. // Рудогенез. - Миасс: ИМИн УрО РАН, 2008. - С.105-108.
3. Зданович Г. Б., Батаннина И.М. Аркаим – страна городов. - Челябинск: ЧелГУ, 2007. - 300 с.
4. Таиров А.Д. Кочевники Урало-Казахстанских степей в VII-VI вв. до н.э. - Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. - 274 с.
5. Koryakova L., Epimakhov A. The Urals and Western Siberia in the Bronze and Iron Ages. - Cambridge: University press, 2007. - 383 p.
6. Косиков В.А. Производство бронз и художественных изделий в Скифии в VII-V вв. до н.э. - Донецк: Аверс Ко. ЛТД, 1994. - 250 с.
7. Шрамко И. Б. Развитие кузнечного ремесла у племени бассейнов Ворсклы и Псла в скифскую эпоху // Древности-1994. Харьковский историко-археологический ежегодник. – Харьков: АО «Бизнес Информ», 1994. – С. 43–57.
8. Минералогия Урала. Элементы, карбиды, сульфиды. - Свердловск: УрО РАН, 1990. - 390 с.
9. Мелекесцева И.Ю. Гетерогенные кобальт-медно-колчеданные месторождения в ультрамафитах палеоостроводужных структур. - М.: Наука, 2007. - 245 с.
10. Епимахов А.В. Ранние комплексные общества Центральной Евразии. - Челябинск: ОАО «Челябинский дом печати», 2005. – 190 с.
11. Черных Е. Н. Древнейшая металлургия Урала и Поволжья. - М.: Наука, 1970. - 180 с.

© Зайков В.В., Котляров В.А., Зайкова Е.В., Задников С.А., 2008