

ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ МЕДИ И ЛЕГИРУЮЩИХ КОМПОНЕНТОВ В ШЛАКАХ ПОСЕЛЕНИЯ БРОНЗОВОГО ВЕКА УСТЬЕ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

И. А. Блинов, М. Н. Анкушев

Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс, Российская Федерация

Поселение бронзового века Устье принадлежит синташтинскому и петровскому культурно-историческим периодам, для которых характерны мышьяковые и оловянные бронзы соответственно. Медь и легирующие компоненты обнаруживаются при анализе металлургических шлаков. Это указывает на то, что легирование металлов происходило методом «руда — руда». Часть цветных металлов входит в состав неметаллических фаз — оксидов, силикатов, сульфидов, что является свидетельством высоких потерь в металлургическом процессе. Широкое применение олова в бронзах указывает на использование руд нетипичных для Южного Урала. Это дает основания утверждать, что существовали связи с сопредельными регионами и предполагать маршруты.

Ключевые слова: поселение Устье, бронзовый век на Южном Урале, металлургия бронзового века, древние металлургические шлаки, синташтинская культура, петровская культура.

Введение

На Южном Урале исследователями выделяется несколько культур, существовавших на протяжении бронзового века. Наиболее ранней, широко использовавшей медь и ее сплавы, является синташтинская, которая сменяется петровской [9]. Наиболее распространенным металлом в обоих случаях является чистая медь, однако вторым по распространенности и маркирующим является распространение в синташтинских памятниках мышьяковых бронз, а в петровских — оловянных [7]. В целом для синташтинских изделий более характерны мышьяковые бронзы (79,9 %), также тут были выявлены чистая медь (6,2 %), Cu + As + Sn (4,2 %), Cu + As + Zn (4,2 %), распространение типов Cu + Zn, Cu + As + Pb, Cu + As + Sb, Cu + As + Sn + Pb и Cu + Sn + Pb + Zn + As — по 1,1 %. Для петровской выявлены чистая медь (72,2 %) и оловянные бронзы (20,4 %). Количество мышьяковых бронз незначительно (0,5 %) [8].

Древнее поселение Устье находится в 30 км севернее города Каргалы, на севере степной части Южного Урала, в 5,8 км юго-западнее пос. Солнце Варненского района (рис. 1). Микрорайон поселения был открыт и впервые обследован разведочным отрядом археологической экспедиции ЧГПИ в 1983 г. Автором раскопок в 1984—1991 гг. был д. и. н. Н. Б. Виноградов. В последующее время на поселении работал большой коллектив исследователей широкого профиля из разных стран [8].

Укрепленное поселение Устье функционировало без значительного перерыва в конце среднего и начале позднего бронзового века. В его истории выделено два периода: синташтинский и петровский. Значительная часть артефактов, найденных на поселении, связана с металлургией и металлообработкой медных сплавов (остатки металлургических печей, медные руды, шлаки, капли и слитки

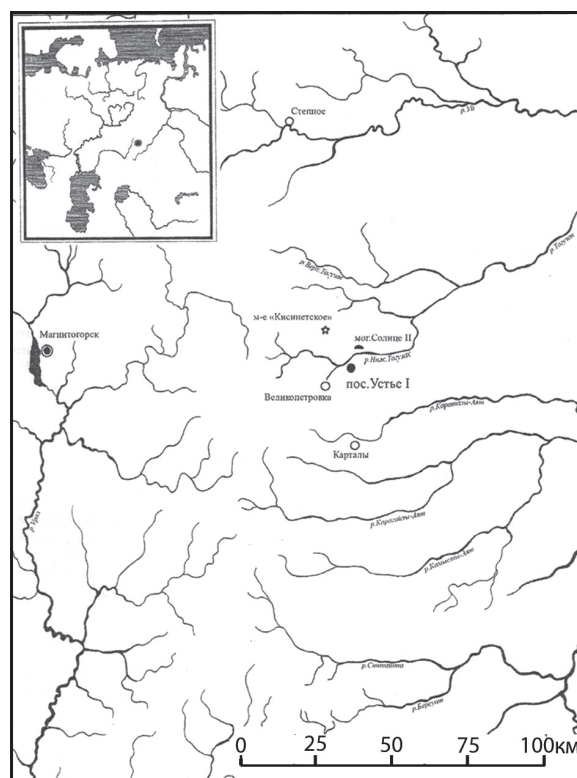


Рис. 1. Микрорайон древнего расселения «Устье» на карте Южного Зауралья (по: [8])

металла, заготовки-отливки, металлические изделия). Анализ металлических изделий проводился А. Д. Дегтяревой и С. В. Кузьминых. Ведущей металлургической группой в изделиях металла поселения Устье является «чистая» медь (53,4 % находок), вторая по численности группа мышьяковой меди и бронзы (25,4 % находок), далее идет группа оло-

вянных бронз (13,6 % находок), последняя группа представлена комплексной оловянно-мышьяковой бронзой (7,6 % находок) [8].

Тем не менее, один лишь состав бронзовых изделий полностью не отражает состояние металлургии синташтинской и петровской культур. Легирующие добавки могут попадать в конечное изделие как при легировании на стадии шихтовки (смешении оловянных или мышьяковых руд с медными), так и при переплавке металла с добавлением туда уже готовых слитков легирующих компонентов. Узнать какой метод легирования использовали древние металлурги можно после исследования шлаков.

В ходе работы нами были изучены образцы шлаков с применением рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) и растровой электронной микроскопии с рентгеноспектральным микроанализом (РЭМ). Исследования обоими методами проводились в Институте минералогии УрО РАН, аналитик И. А. Блинов. РФА на портативном приборе Innov-X α 400, режимы Soil и Process Analytical. Особенностью метода является то, что анализируется небольшой участок площадью 1 см². С каждого образца сделано по одному анализу. Чувствительность прибора для наиболее распространенных примесей (Zn, Sn, Pb, As, Sb, Bi, Ni) составляет около 10 г/т. Всего изучено 206 образцов шлака.

Исследования на РЭМ проводились микроскопе Tescan Vega 3 с энерго-дисперсионным спектрометром (ЭДС) Oxford Instruments X-act. Для изучения были подготовлены полированные препараты, напыленные углеродом. Всего исследовано 8 препаратов, показавших наибольшие концентрации легирующих компонентов при исследованиях РФА. Металлы диагностировались по ЭДС, на котором отсутствовала характеристическая линия O и линии других неметаллов отсутствовали или были низкой интенсивности. Кислородные соединения диагностированы по наличию характеристической линии O. Оксиды меди диагностированы по соотношению Cu/O при анализе «по элементам».

Результаты

Характеристика шлаков

Образцы шлака визуально различаются по ряду признаков. При визуальном осмотре предшественниками было выделено две группы: лепешкообразные шлаки с утолщенными валиковыми краями по периферии, бугристой верхней и ровной пористой нижней поверхностями; ко второму типу относятся комочки бесформенного плотного шлака темного цвета с оплавленными внешними поверхностями [8]. Нами при осмотре было выделено три

типа шлака [2], главным образом по морфологии и развитию пористости (рис. 2).

Тип 1: плотные, непористые или слабопористые шлаки лепешковидной формы с гладкой поверхностью образца (48 образцов);

Тип 2: слабо- или среднепористые шлаки, с неровными, комковатыми поверхностями (121 образец);

Тип 3: сильнопористые, пемзовидные шлаки (36 образцов).

Общая выборка. Среди металлов выявлены Cu, Ni, Zn, As, Sn, Sb, Pb и Bi. Зачастую шлаки содержат по несколько металлов-примесей сразу. В целом, по всей коллекции Cu фиксируется в большинстве образцов (187 анализов, 91 % случаев), остальные металлы распространены реже: Pb (104 анализа, 50 % случаев), As (122 анализа, 49 % случаев), Zn (83 анализа, 40 % случаев), Bi (79 анализов, 38 % случаев), Sn (14 анализов, 7 % случаев), Ni (9 анализов, 4 % случаев), Sb (2 анализа, 1 % случаев) (табл. 1). Среди компонентов отмечается положительная корреляция Pb—Bi (0,87); Cu—Bi (0,76), Cu—Sn (0,63), отрицательная As—Sn (0,64).

Эти данные показывают, что наиболее распространенными компонентами, кроме Cu, являются Pb, As, Zn, Bi. Наличие положительной корреляционной связи нескольких компонентов свидетельствует, что это легирующие компоненты добавлены не случайно, а шли или как результат преднамеренного смешения или же как результат переплавки комплексных руд.

Статистическая обработка результатов анализа с выборками, разбитыми по морфологическим группам шлака, показывает следующие результаты.

Тип 1. Наиболее распространенными металлами являются Cu (46 анализов, 96 % случаев), Pb (31 анализ, 65 % случаев), As (29 анализов, 60 % случаев), Bi (28 анализов, 58 % случаев), Zn (9 анализов, 19 % случаев), Sn (3 анализа, 6 % случаев), Ni (2 анализа, 4 % случаев), Sb (1 анализ, 2 % случаев). Положительная корреляция наблюдается Pb—Bi (0,87) Cu—As (0,55). В этой группе относительно всей выборки повышено количество шлаков с As, Pb, Bi, понижено количество шлаков с Zn.

Тип 2. Наиболее распространенными металлами являются Cu (116 анализов, 96 % случаев), As (87 анализов, 72 % случаев), Pb (69 анализов, 57 % случаев), Bi (50 анализов, 41 % случаев), Zn (40 анализов, 33 % случаев), Sn (10 анализов, 8 % случаев), Ni (3 анализа, 2 % случаев), Sb (1 анализ, 1 % случаев). Положительная корреляционная связь отмечается Pb—Bi (0,89), Cu—Bi (0,76). Отрицательная корреляционная связь у Sn—Bi (–0,89); As—Sn (–0,64). В этой группе

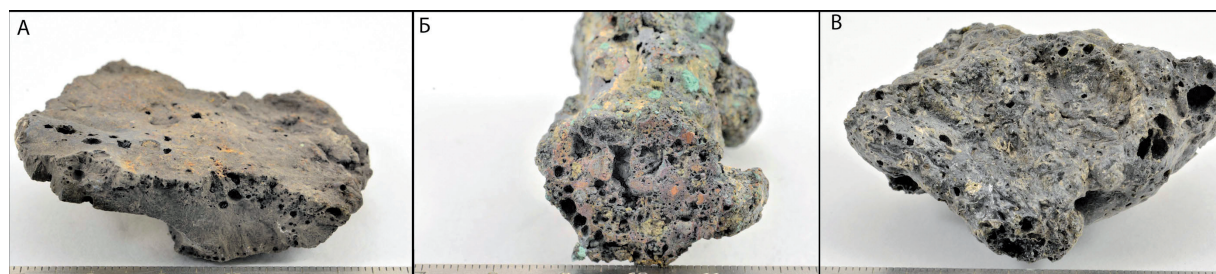


Рис. 2. Морфологические типы шлака. А — тип 1; Б — тип 2; В — тип 3

Таблица 1

Состав металлов и бескислородных соединений (мас. %)

№ п.п.	№ образца	Анализ	S	Cr	Fe	Ni	Cu	As	Ag	Sb	Se	Sn	Pb	сумма	вещество
1	161у-10472	15224с			5,31		94,15	0,68						100,14	металл
2	161у-3261	16097н	0,6		0,36	0,16	70,37	0,84				25,13	2,38	99,84	металл
3	161у-10864	16105а	1,17		2,43		94,03	2,33						99,96	металл
4	161у-10472	15224j			4,3	1,66	88,14	5,74						99,84	металл
5	161у-10864	16105т			0,52	0,81	91,22	7,33						99,88	металл
6	161у-10864	16107б			0,16	0,78	91,47	7,77						100,18	металл
7	161у-9187	16106г			1,14	0,57	86,15	11,88						99,74	металл
8	161у-10864	16105w	1,01		0,55	0,2	75,48	23,38						100,62	металл
9	161у-9187	16106h	0,91	0,23	3,68	1,79	68,55	24,19		0,38				99,73	металл
10	161у-10864	16105v			0,79		71,83	27,22						99,84	металл
11	161у-10864	16105s			0,47		71,96	27,65						100,08	металл
12	161у-10864	16107а			0,45		70,92	28,51						99,88	металл
13	161у-10472	15224f			1,58		69,51	29,68						100,77	металл
14	161у-1677	15225а			39,31	2,85	18,12	40						100,27	арсенидный штейн
15	161у-9187	16106f			1,02	44,11	9,13	45,43						99,69	арсенидный штейн
16	161у-3261	16097о			0,18	0,2	96,36					2,44		99,18	металл
17	161у-3261	16098о			3,05	0,22	66,84					28,97		99,08	металл
18	161у-10472	15224а			0,49		6,84		92,67					100	металл
19	161у-5132	16095f					99,2							99,2	металл
20	161у-1677	15225b	23,17		7,69		67,69	1,58						100,13	сульфид
21	161у-10864	16105b	18,95		3,57		76,9				0,58			100	сульфид
22	161у-10864	16105x	17,42		1,84		78,03	1,46			1,13			99,88	сульфид

Примечание: пустые клетки — содержания ниже предела обнаружения.

относительно всей выборки резко повышено количество шлаков только с As.

Тип 3. Наиболее распространенными металлами являются Zn (34 анализа, 94 % случаев), Cu (24 анализа, 67 % случаев), As (6 анализов, 17 % случаев), Ni (4 анализа, 11 % случаев), Pb (3 анализа, 8 % случаев). Положительная корреляция отмечается только в случае Cu—Zn (0,66). Третий тип шлака разительно отличается от общей выборки и от других типов. Здесь примечательно высокое содержание Zn, пониженное содержание Cu, As, Pb, общие содержания Bi ниже предела чувствительности.

Формы нахождения металлов

Нахождение того или иного компонента в шлаке не гарантирует его наличия в выплавленном металле, он может концентрироваться в силикатной или оксидной форме и не входить в состав металла. Для подтверждения того, что древние металлурги выплавляли бронзы путем легирования на стадии шихтования были проведены электронно-микроскопические исследования образцов шлаков 1 и 2 типов. Кроме этого, анализ форм нахождения легирующих компонентов помогает оценить потери металла, происшедшие при выплавке. Результаты анализов представлены в табл. 1 и 2.

Металлы

Металлы — именно те компоненты, ради которых и велась металлургическая деятельность, представляли в то время экономическую ценность.

Медь и бронзы. Выявлена единичная находка чистой меди, в которой примеси легирующих компонентов не выявлены (рис. 3а, табл. 1).

Чистая медь наиболее распространенный материал металлических изделий. Ввиду особенности выборки единичная находка королька чистой меди не представительна и предполагается, что она распространена намного чаще.

Медно-мышьяковый сплав в имеющейся выборке наиболее распространен. Выявлен в 5 образцах (13 анализов). Содержание металлов варьирует в пределах (мас. %) Cu 68,55—94,15; As 0,68—24,19; Fe 0,16—5,31. Ni выявлен в 7 из 13 анализов, его содержания варьируют 0,16—1,79. Единичные находки Cr и Sb, имеющие содержания 0,23 и 0,38 соответственно, выявлены в самом богатом As корольке. В трех анализа выявлена примесь S, содержания которой варьируют в пределах 0,6—1,17.

Медно-оловянные сплавы в имеющейся выборке встречаются редко, сделано 3 анализа из двух образцов. Содержание металлов варьируют в пределах (мас. %) Cu 66,84—96,36; Sn 2,44—28,97; Ni 0,16—0,22; Fe 0,18—3,05. В одном корольке выявлена примесь As 0,84; Pb 2,38; S 0,6.

Арсенидный сплав выявлен в двух образцах, сделано два анализа (табл. 1). В первом случае он представлен арсенидом железа и меди с содержаниями (мас. %) As 40,00; Fe 39,31; Cu 18,12; Ni 2,85. Второй арсенид никеля содержит As 45,43; Ni 44,11; Cu 9,13; Fe 1,02.

Железные сплавы присутствуют в двух образцах, в каждом из которых сделано по одному анализу. Содержания (мас. %) Fe 88,38 и 97,01, также от-

мечаются примесь Cu 5,1 и 0,73, также в первом случае выявлен As 6,41, во втором Mg 1,06; Ni 0,54; Si 0,28; Cr 0,15. По диаграмме состояния Cu—Fe температуре этого сплава соответствует температура приблизительно 1400—1450 °C [5].

Серебро образует единичные корольки размером до 2—3 мкм, находящиеся в купритовой матрице. В серебре содержатся примеси Cu 6,84; Fe 0,49 мас. %. Также выявлено еще в двух образцах мелкие выделения серебра размером менее 1 мкм (рис. 3а). Источником серебра могут быть сульфиды или галогениды, часто встречающиеся в зонах окисления колчеданных и других медных месторождений.

Единичные находки металлического висмута размером менее 1 мкм диагностированы по качественному спектру.

Сульфиды

В шлаках часто могут присутствовать капли штейна и новообразованных минералов. Личный опыт, сопоставление результатов оптического электронно-микроскопического исследований в древних и современных металлургических шлаках показывают, что применение одних оптических исследований для диагностики сульфидных включений недостаточно. При оптических исследованиях капли медного штейна можно легко спутать с некоторыми медными минералами, например халькопиритом.

В двух образцах выявлены капли медных сульфидов (рис. 3в), проанализировано три капли. Содержания (мас. %) S 17,42—23,17; Cu 67,69—78,03; Fe 1,84—7,69. В двух анализах примесь As 1,46—1,58; Se 0,58—1,13.

В одном образце встречены многочисленные вкрапленники сульфидов Pb и Bi размером менее 1 мкм (рис. 3а).

Оксиды

Медь и другие легирующие компоненты могут входить в несколько минеральных фаз класса оксидов. Компоненты, содержащиеся в шлаках формах оксидов и других кислородных соединений (силикатов и др.) являются по своей сути потерями при выплавке.

Куприт выявлен в трех образцах. Содержит примеси FeO до 2,16 мас. %.

Оксиды олова. Встречены в одном образце, сделано два анализа (рис. 3б, табл. 2). Встреченные оксиды олова не имеют природных аналогов. Содержания SnO₂ достигают около 59 мас. %, в обоих случаях отмечаются примеси SiO₂ (4—6 мас. %); FeO (6,99—9,47 мас. %); CuO (4—13 мас. %); Cl (0,1—0,2 мас. %). В одном из случаев фиксируются примеси NiO и PbO, в другом SO₃ и As₂O₅. Около 15—20 мас. % предположительно составляет вода.

Шпинелиды представлены хромшпинелидами и магнетитом.

Хромшпинелиды широко распространены в шлаках и являются реликтовыми минералами. В двух исследованных образцах выявлены зерна хромшпинелидов, измененные под воздействием расплава. При анализе помимо типичных для

Таблица 2

Состав оксидов, стекла шлаков и оксихлориды, содержащие примесь меди и других легирующих компонентов (мас. %).

№ п/п.	№образца	анализ	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	V ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	MnO	FeO	NiO	CuO	Cu ₂ O	As ₂ O ₅	SnO ₂	PbO	Сумма	Минерал, тип вещества
1	161y-9187	16106j		3,92	18,36							0,93	0,99	33,45		42,66		0,4					100,71	хромшпинелид
2	161y-3261	16097e		0,62	1,64							0,29				97				0,44			100	магнетит
3	161y-3261	16097h		0,43	3,08	0,74						0,91				94,05				0,8			100	магнетит
4	161y-1677	15225i				3,8		0,66	0,31							61,88		6,16		6,55		0,92	80,28	оксид железа
5	161y-10864	16107d														2,16		97,97					100,13	куприт
6	161y-5132	16095h													0,37			99,76					100,12	куприт
7	161y-3261	16097d				4,32			0,18						6,99	0,63	12,52			59,2	0,27		84,11	оксид олова
8	161y-3261	16097m				6,11		1,02	0,11						9,47		4,17			1,5	59,16		81,56	оксид олова
9	161y-10472	15224e	0,1	0,1	10,06	21,96	0,77	0,52		0,14	0,17					58,36	0,39						99,73	стекло
10	161y-1677	15225i	0,74	0,64	16,3	51,93	0,42	0,2		3,41	5,75	0,74			0,21	18,74	0,42		4,9				104,4	стекло
11	161y-5132	16095b	0,1	0,96	0,86	17,28	0,47	0,31		0,31	0,86	0,21			0,1	19,05	0,55						99,8	стекло
12	161y-5132	16095d	0,1	1,33	2,74	35,26	0,58			0,55	2,3	0,39			0,46	25,46	0,57						100,23	стекло
13	161y-3261	16097b	0,1	6,29	0,1	31,12	3,14			0,1	0,1				0,31	33,09	0,65						100	стекло
14	161y-3261	16097c	1,62	0,94	2,94	37,1	2,88			2,93	14,83				0,1	27,16	5,19			2,07			99,34	стекло
15	161y-3261	16097j	2,39	0,35	5,89	36,04	5,19	0,26	0,11	4,06	14,08				0,1	52	9,48			1,77			97,01	стекло
16	161y-3261	16097i	0,1	0,14	3	28,3	0,64	0,57		0,1	0,6				0,55	21,97		33,31					89,28	стекло
17	161y-3261	16098c	2,66	0,1	7,35	33,7	5,25	0,5		0,97	16,79	0,24			0,54	9,98		66,71					98,49	стекло
18	161y-3261	16098n	1,15	0,18	7,22	33,57	5,95			3,92	14,86	0,18			0,1	26,88					0,53		99,52	стекло
19	161y-10864	16105u	1,26	0,58	8,59	42,78	1,45			4,33	14,58	0,17			0,1	27,73					3,57		98,76	стекло
20	161y-10864	16107f	0,41	0,23	16,12	49,31	1,81			5,15	7,14	0,26			0,1	28,96				2,06			98,06	стекло
21	161y-9187	16106d		19,31		34,73				0,18			0,38			45,15	0,26						100	оливин
22	161y-1677	15225c							18,28						5,49	1,59	65,57			2,45			93,38	атакамит
23	161y-3261	16097a							18,68						0,84		72,41						91,93	атакамит
24	161y-5132	16095o							32,28									67,72					100	меланоталлит

Примечание: пустые ячейки — содержания ниже предела обнаружения.

хромшпинелидов элементов отмечаются примеси CuO 0,4—1,58 мас. %.

Магнетит является обычным минералом в шлаках, однако обычно он представлен чистым оксидом железа реже с небольшой примесью Al, Mg. В одном образце выявлены магнетиты содержащие примеси до 0,8 мас. % SnO_2 и в одном Cu до 1,77 мас. %.

Силикаты

Силикатная часть представлена стеклом и вкрапленниками новообразованных и реликтовых минералов. Стекло отличается непостоянством состава (табл. 2), но во всех анализах присутствует примесь P_2O_5 от 0,42 до 5,95 мас. %. Отличительной

особенностью стекла в шлаках является его неоднородность. Содержания SiO_2 основного компонента варьирует от 17,28 до 51,93 мас. %. Медь и легирующие компоненты выявлены в 7 образцах, сделано 12 анализов. Медь входит главным образом в качестве примеси в стекле. Медь выявлена в 5 образцах, сделано 9 анализов. Содержания CuO варьируют от 0,39 до 66,71 мас. %. В одной пробе обнаружен мышьяк и в одной свинец с содержаниями As_2O_3 и PbO 4,9 и 0,53 мас. % соответственно. Олово выявлено в 3 образцах (4 анализа), содержания SnO_2 1,77—3,57 мас. %.

Кроме стекла медь, свинец и никель входят в состав кристаллических фаз. Никель до 0,3 мас. % входит в состав оливина.

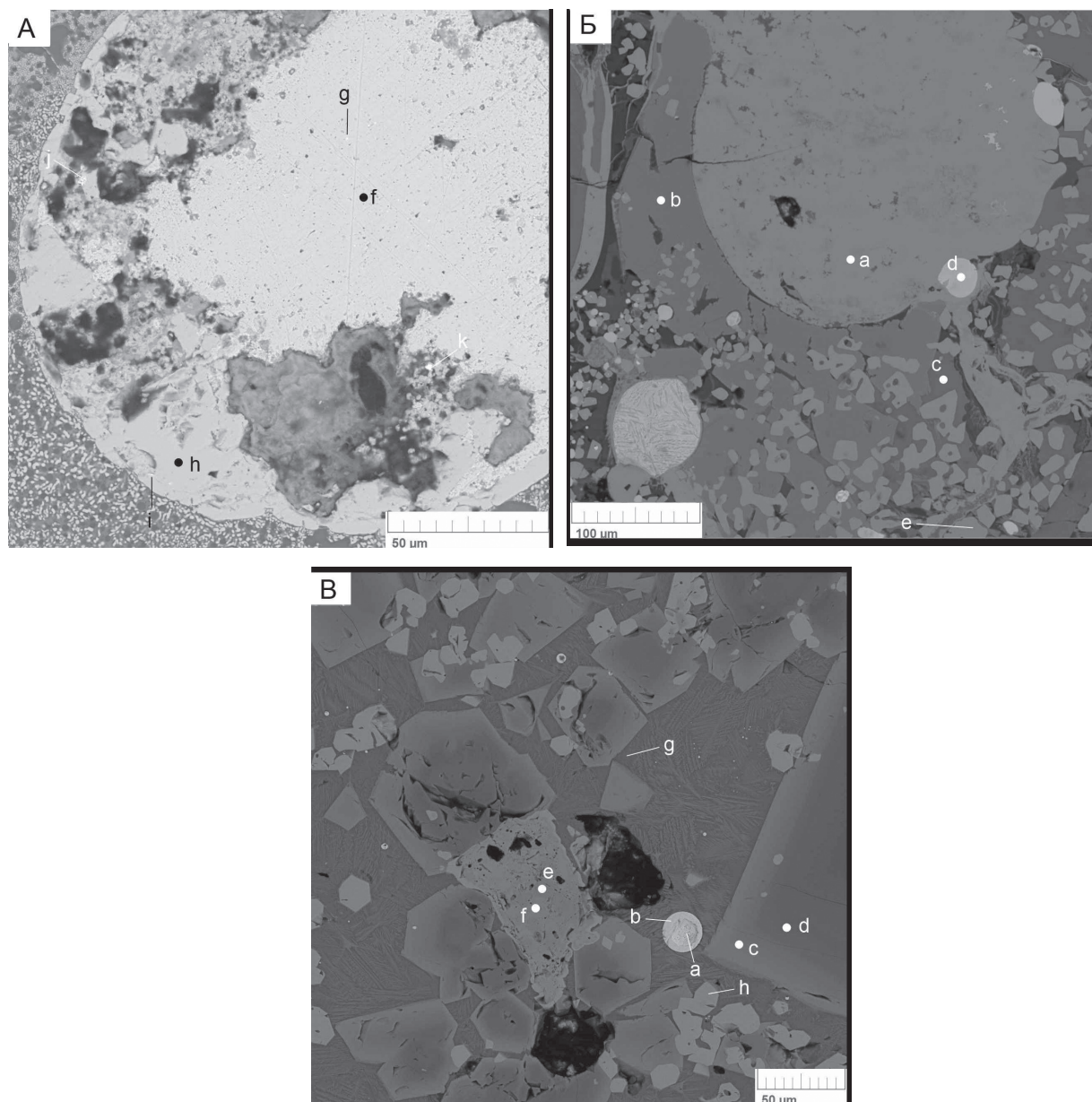


Рис. 3. Изображения в отраженных электронах: А — участка полировки образца 161у-5132. Буквам соответствуют: f — медь металлическая (анализ 16095f и далее соответственно); g — сульфид висмута; h — куприт; i — сульфид свинца; j — хлорид серебра; k — серебро металлическое. Б — участка полировки образца 161у-3261. Буквам соответствуют: a — атакамит (анализ 16097a и далее соответственно); b — стекло; c — стекло; d — оксид олова; e — магнетит. В — участка полировки образца 161у-10864: a — мышьяковистая медь (анализ 16105a и далее соответственно); b — сульфид меди; c, d — оливин; e, f — хромшпинелид; g — стекло; h — хром-магнетит; c-h без меди и легирующих компонентов

Оксихлориды

Оксихлориды представлены в трех образцах. В двух представлены атакамитом ($\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_3$) (рис. 3б), в третьем меланоталлитом (Cu_2OCl_2). Атакамит содержит примеси Fe, в одном из анализов также Ni и As. Меланоталлит отличается стехиометрической чистотой. Эти минералы являются, скорее всего, продуктами вторичного преобразования меди оставшейся в шлаках.

Обсуждение результатов

Нахождение нескольких легирующих компонентов в шлаках свидетельствует о том, что древние металлурги умели улавливать и конденсировать более легкоплавкие металлы (As, Pb, Zn и др.) и легирование происходило уже на этапе плавки [6].

Наличие третьего типа шлака — легкого, пористого и обогащенного Zn, обедненного другими металлами — скорее всего, показывает, что металлурги имели несколько типов рудного сырья и (или) разные технологии их переработки.

Вместе с тем, различия состава металла в готовых изделиях и в шлаках могут быть обусловлены тем, что, с одной стороны, не всегда известна форма нахождения этих компонентов, которая может быть связана с силикатами и (или) другими соединениями. С другой стороны, после выплавки металл мог претерпевать несколько этапов передела: чистка,ковка, возможно, переплавка и (или) сплавление с оловом и другими легирующими примесями.

Выводы

Состав корольков медных сплавов лишь качественно характеризует состав конечного металла, количественно он будет отличаться. Даже в одном образце шлака встречаются корольки разного состава. Однако состав металлических корольков подтверждает, что легирование металла проводилось на уровне шихтования.

Температура выплавки металлов определена по наличию корольков металла существенно железистого состава с температурами, соответствующим 1400—1450 °C и оливинов соответствующих составу форстерит-фаялит приблизительно 50 % для обоих компонентов, что соответствует температуре линии солидуса около 1300 °C [1]. Неизбежные при таких температурах высокие потери легирующих легкоплавких металлов в первую очередь Sn и As, вероятно, минимизированы особенностями конструкции печей, а также высокими концентрациями As, которые компенсируют неизбежные потери. Образование арсенидных сплавов косвенно свидетельствуют о первоначально высоких содержаниях «легирующих руд» в шихте, смешиваемых в близких пропорциях с медными. Это в свою очередь ставит вопрос об источниках сырья. Маловероятно, что незначительные примесные количества мышьяка в медных рудах могли обеспечить столь высокие концентрации в металле и шлаке. Скорее всего, древние металлурги добавляли мышьяковый концентрат или эксплуатировали рудники с распространением комплексной Cu—As минерализации, где была значительна доля мышьяковых минералов. Мышьяковая минерализация развита на Южном Урале, и источник сырья, скорее всего, был местный.

Широкое использование оловянных лигатур, начиная с петровского времени, указывает на то, что имело место использование не характерного для Южного Урала полезного ископаемого — олова [10]. Это дает основания утверждать о наличии связей с сопредельными регионами и предполагать их возможные маршруты.

Представляется, что маршрут поступления олова в петровское время пролегал через современный Казахстан, поскольку именно в петровское время оформляется свита родственных алакульских культур на Южном Урале, в лесостепи Среднего Приоболья и в степях Северного и Центрального Казахстана, где уже в это время сформировался мощный очаг металлопроизводства с активным потреблением олова в качестве легирующего металла [3; 4]. Источником олова могли быть рудники верховьев Ишима, Прибалхашья или гор Памира [10].

Авторы благодарны Н. Б. Виноградову, А. М. Юминову, В. В. Зайкову, П. С. Медведевой за консультации и помощь в организации работ.

Исследования проведены в рамках гранта РФФИ тип а2, № 17-31-01086.

Литература и источники

1. Барабанов, В. Ф. Генетическая минералогия / В. Ф. Барабанов. — М.: Недра, 1977. — 327 с.
2. Блинов, И. А. Геохимические особенности металлургических шлаков и руд укрепленного поселения бронзового века Устье (Южное Зауралье) / И. А. Блинов, М. Н. Анкушев, Н. Б. Виноградов, А. М. Юминов // *Геоархеология и археологическая минералогия* — 2015. — Миасс: Институт Минералогии УрО РАН, 2015. — С. 128—136.
3. Виноградов, Н. Б. Культурно-исторические процессы в степях южного Урала и Казахстана в начале II тыс. до н. э.: автореф. дис. ... д-ра ист. наук / Н. Б. Виноградов. — М.: Институт археологии Российской академии наук, 2007. — 47 с.
4. Виноградов, Н. Б. Металлургия и металлообработка в жизни обитателей укрепленного поселения Устье 1 / Н. Б. Виноградов, А. Д. Дегтярева, С. В. Кузьминых // *Вестник археологии, антропологии и этнографии*. — 2013. — № 3 (22). — С. 4—30.
5. Вол, А. Е. Строение и свойства двойных металлических систем. / А. Е. Вол, И. К. Каган. — Т. 3. — М.: Наука, 1976. — 814 с.
6. Дегтярева, А. Д. Древнее металлопроизводство Южного Зауралья / А. Д. Дегтярева. — Новосибирск: Наука, 2010. — 162 с.
7. Дегтярева, А. Д. Металлопроизводство петровских племен (по материалам поселения Кулевчи 3) / А. Д. Дегтярева, С. В. Кузьминых, Л. Б. Орловская // *Вестник археологии, антропологии и этнографии*. — 2001. — Вып. 3. — С. 23—52.
8. Древнее Устье: укрепленное поселение бронзового века в Южном Зауралье: коллект. моногр. / отв. ред. Н. Б. Виноградов; науч. ред. А. В. Епимахов. — Челябинск: АБРИС, 2013. — 482 с.
9. Епимахов, А. В. Радиоуглеродная хронология памятников бронзового века Зауралья / А. В. Епимахов, Б. Хэнкс, К. Ренфрю // *Российская археология*. — 2005. — № 4. — С. 92—102.
10. Родионов, С. М. Металлогения олова востока России / С. М. Родионов. — М.: Наука, 2005. — 327 с.

БЛИНОВ Иван Александрович, научный сотрудник, Институт минералогии УрО РАН (г. Миасс).
E-mail: blinov@mineralogy.ru

АНКУШЕВ Максим Николаевич, младший научный сотрудник, Институт минералогии УрО РАН
(г. Миасс). E-mail: ankushev_maksim@mail.ru

Поступила в редакцию 26 февраля 2018 г.

DOI: 10.14529/ssh180201

FORMS OF COPPER AND ALLOYING COMPONENTS IN THE SLAGS OF THE ANCIENT SETTLEMENT USTYE (SOUTH URAL)

I. A. Blinov, blinov@minerlory.ru

M. N. Ankushev, ankushev_maksim@mail.ru

Institute of Mineralogy of the Ural Branch of RAS, Miass, Russian Federation

The Ustye Bronze Age settlement belongs to the Sintashta and Petrovka cultural-historical period, when arsenic and tin bronzes respectively dominated. The copper and alloying elements were examined during the analysis of metallurgical slags that manifested the alloyage of metals was carried out used the 'ore-to-ore' method. Partially, non-ferrous metals were included in non-metallic phases as followed: oxides, silicates, and sulfides that indicated high losses during the metallurgical process. The tin was widely used in bronzes that marks the usage of unusual ores for the Southern Urals. It is fair to consider the relationships with adjacent regions and suggest the routes.

Keywords: Settlement Ustye, The bronze age in the Southern Urals, Metallurgy of the Bronze Age, Ancient metallurgical slag, Sintashta's culture, Petrovka's culture

This work was supported by grant type a2, № 17-31-01086 from the Russian Foundation for Basic Research.

References

1. Barabanov, V. F. *Geneticheskaya mineralogiya* [Genetic mineralogy] / V. F. Barabanov. M.: Nedra, 1977. 327 s.
2. Vinogradov, N. B. *Kul'turno-istoricheskie processy v stepyah yuzhnogo Urala i Kazakhstana v nachale II tys. do n. eh* [Cultural and historical processes in the steppes of the southern Urals and Kazakhstan at the beginning of the 1th millennium BC] / N. B. Vinogradov // Avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoj stepeni doktora istoricheskikh nauk [Author's thesis for the degree of Doctor of Historical Sciences]. Moskva: Institut arheologii Rossijskoj akademii nauk. 2007. 47s.
3. Blinov, I. A. *Geohimicheskie osobennosti metallurgicheskikh shlakov i rud ukreplennogo poseleniya bronzovogo veka Ust'e (Yuzhnoe Zaural'e)* [Geochemical features of metallurgical slags and ores of the fortified settlement of the Bronze Age Ustye (Southern Trans-Urals)] / I. A. Blinov, M. N. Ankushev, N. B. Vinogradov, A. M. Yuminov // *Geoarheologiya i arheologicheskaya mineralogiya—2015* [Geoarchaeology and archeological mineralogy—2015]. Nauchnoe izdanie. Miass: Institut Mineralogii UrO RAN, 2015. C. 128—136.
4. Vinogradov, N. B. *Metallurgiya i metalloobrabotka v zhizni obitatelej ukreplennogo poseleniya Ust'e I* [Metallurgy and metal working in the life of the inhabitants of the fortified settlement Ustye 1] // N. B. Vinogradov, A. D. Degtyareva, S. V. Kuz'minyh // *Vestnik arheologii, antropologii i ehtnografii* [Bulletin of Archeology, Anthropology and Ethnography]. 2013. № 3 (22). S. 4—30.
5. Vol, A. E. *Stroenie i svoystva dvoynih metallicheskikh sistem* [The structure and properties of binary metal systems]. T. 3. / A. E. Vol, I. K. Kagan. M.: Nauka, 1976. 814 s.
6. Degtyareva, A. D. *Drevnee metalloproduzvodstvo Yuzhnogo Zaural'ya* [Ancient metal production of the Southern Trans-Urals] / A. D. Degtyareva Novosibirsk: Nauka, 2010. 162 s.
7. Degtyareva, A. D. *Metalloproduzvodstvo petrovskih plemen (po materialam poseleniya Kulevchi 3)* [Metal production of Petrova's tribes (by the materials of the settlement Kulevchi 3)] / A. D. Degtyareva, S. V. Kuz'minyh, L. B. Orlovskaya // *Vestnik arheologii, antropologii i ehtnografii* [Bulletin of archeology, anthropology and ethnography]. 2001. Vyp. 3. S. 23—52.
8. *Drevnee Ust'e: ukreplennoe poselenie bronzovogo veka v Yuzhnom Zaural'e* [Ancient Ustye: fortified settlement of the Bronze Age in the Southern Trans-Urals]: kollekt. monogr. / otv. red. N. B. Vinogradov; nauch. red. A. V. Epimahov. CHelyabinsk: Abris, 2013. 482 s.
9. Epimahov, A. V. *Radiouglerodnaya hronologiya pamyatnikov bronzovogo veka Zaural'ya* [Radiocarbon chronology of the monuments of the Bronze Age of the Trans-Urals] / A. V. Epimahov, B. Hehns, K. Renfryu // *Rossiyskaya arheologiya* [The Russian's archaeology]. 2005. № 4. C. 92—102.
10. Rodionov, S. M. *Metallogeniya olova vostochno Rossii* [Metallogeny of tin of the east of Russia] / S. M. Rodionov. M.: Nauka, 2005. 327 s.

Received February 26, 2018

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Блинов, И. А. Формы нахождения меди и легирующих компонентов в шлаках поселения бронзового века Устье (Южный Урал) / И. А. Блинов, М. Н. Анкушев // Вестник ЮУрГУ. Серия «Социально-гуманитарные науки». — 2018. — Т. 18, № 2. — С. 6—13. DOI: 10.14529/ssh180201

FOR CITATION

Blinov I. A., Ankushev M. N. Forms of copper and alloying components in the slags of the ancient settlement Ustye (South Ural). *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Social Sciences and the Humanities*. 2018, vol. 18, no. 2, pp. 6—13. (in Russ.). DOI: 10.14529/ssh180201