

ШЛАКИ РАННЕГО ЖЕЛЕЗНОГО ВЕКА БАШКИРСКОГО ПРИУРАЛЬЯ

С.А. Григорьев

EARLY IRON AGE SLAG BASHKIR'S CISURAL

S. Grigoriev

Ключевые слова: металлургия, медь, железо, анализ шлака, технология, рудные источники, Башкирия, ранний железный век

В статье рассматриваются итоги анализа небольшой серии шлака и медных капель с поселений раннего железного века Башкирского Приуралья. Шлаки относятся к плавке медных и железных руд. Анализ шлаков железной плавки показал, что они вполне соответствуют стандартам, отмеченным для Северной Евразии этого периода. Для выплавки металла использовалась окисленная железная руда, и мастерам удавалось достичь высоких температур при сохранении восстановительной атмосферы. Поэтому на этой основе невозможно предполагать источник данной технологии в Приуралье. Более определенная ситуация с плавкой медной руды. Она основана на окисленных рудах, что имеет точные параллели в иткульской культуре Зауралья и далее на востоке, в начале раннего железного века и в эпоху финальной бронзы. Поэтому можно предполагать, что восточный технологический импульс распространился вплоть до Приуралья.

Keywords: metallurgy, copper, iron, analysis of slag, technology, ore assets, Bashkortostan, the Early Iron Age

The article deals with the analysis of a small series of slag and copper drops from the settlements of the Early Iron Age on the territory of the Bashkir CisUrals. The slag results from the process of melting copper and iron ores. The analysis showed that iron ore slag meets all the technological requirements typical for Northern Eurasia of that period i.e. metallurgists used oxidized iron ore and the process of melting went at very high temperatures in reducing atmosphere. Therefore the results of iron ore analysis do not show the source of such melting technologies in the CisUrals though the analysis of copper ore slag can clarify the picture. The oxidized ores used in the process have exact analogues in Itkul culture of the Early Iron Age and the era of the Final Bronze Age on the TransUrals territory. Hence on its basis it is possible that such technological standards appeared in the East and then reached the CisUrals.

В общей сложности в исследуемую коллекцию попал 61 образец (табл. 1; рис. 1). Это недостаточная коллекция для сравнительно большого региона и шлаков разного типа, остатков медного и железного производства. К тому же, эти образцы неравномерно распределены по памятникам. Больше всего образцов происходит с Биктимировского городища (21 ед.), Шиповского могильника (17 ед.) и селища Курмантау-8/9 (9 ед.). С селища Курмантау-5 происходит только 4 образца, 2 образца шлака было выявлено на поселении Улак-6 и два кусочка малахита на руднике Олотау. Поэтому неудивительно, что на первом из этих памятников были обнаружены шлаки и слитки почти всех типов. На Шиповском могильнике присутствуют только слит-

ки меди, уплощенный и бесформенный тяжелый шлак, а на селищах Курмантау-8/9 и -5 все образцы представлены только слитками меди. Поэтому в последнем случае можно уверенно говорить, что здесь практиковалась лишь металлообработка. На всех прочих памятниках из-за единичности находок судить о типологическом наборе шлака невозможно.

Кроме того, 24 образца оказались слитками меди, а один ошлакованным предметом, вероятно, какой-то чашей, устанавливаемой на поде печи, что сокращает количество шлака до 34. Это нормальная цифра при исследовании металлургии одного поселения, но явно недостаточная для эпохи и региона.

Памятник	слиток меди	уплощенный шлак	бесформенный тяжелый шлак	шлаковая корка на керамике	шлак выпуклый	руда
Биктимировское городище	9		9	2	1	
Табынское городище					1	
Акбердинское (Кыз-кала-тау) городище			1			
Акбердинское II городище			1			
Шиповский могильник	2	8	7			
Селище Зинино-1		1	1			
Селище Курмантау-8/9	9					
Селище Курмантау-5	4					
Комплекс Улак-6				2		
Рудник Олотау						2
Итого	24	9	19	4	2	2

Прочие типы шлака представлены преимущественно тяжелым бесформенным шлаком и уплощенным шлаком. В принципе, разница в этих шлаках обычно в том, что уплощенные шлаки были менее вязкими. Два образца представлены шлаком, сформировавшимся на обмазке печи, а два – шлаком, сформировавшимся, вероятно, в углублении на поде печи, в результате чего нижняя поверхность этого шлака выпуклая.

Спектральный анализ

Медные капли

Проанализировано 25 капель металла, по три – с Шиповского и Курмантау-5, 10 – с Биктимировского и 9 – с Курмантау-8/9 (табл. 2;

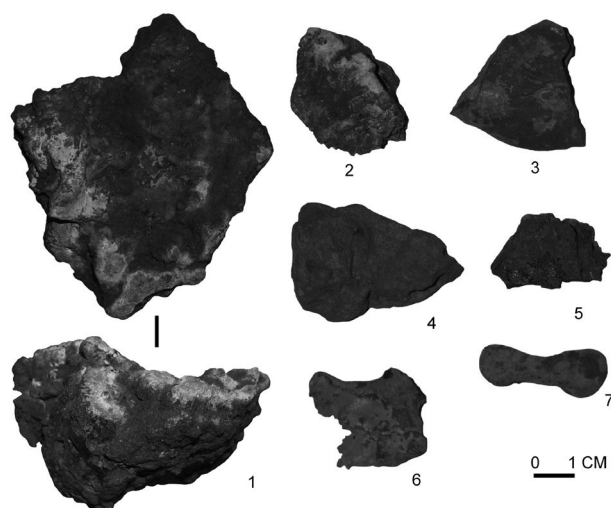


Рис. 1. Шлаки Южного Приуралья эпохи раннего железа: 1, 2 – Биктимировское городище, шлак железной плавки, обр. 2507 и 2499 соответственно; 3, 4 – Шиповский могильник, шлак медной плавки, обр. 2525 и 2526 соответственно; 5 – селище Зинино-1, шлак медной плавки, обр. 2529; 6, 7 – селище Курмантау-8/9, медь, обр. 2536 и 2533

рис. 2). Оснований для суждений о легировании на основе этих материалов нет. Это ожидаемая ситуация, поскольку легирование оловом осуществляется уже в процессе металлообработки. Эти капли получены, вероятно, в результате металлургического производства. Несколько повышенные концентрации олова (0,3% и выше) наблюдаются в двух образцах с Курмантау-5, четырех образцах с Биктимировского городища и в двух – с селища Курмантау-8/9.

Очень ограниченные закономерности видны и по распределению концентраций серебра. Пробы с Биктимировского городища распределены равномерно, а с Шиповского могильника и селища Курмантау-8/9 демонстрируют нулевые значения, в то время как пробы с селища Курмантау-5 содержат 0,003% серебра. Соответственно, можно предположить, что источники руды для меди с селища Курмантау-8/9 и Шиповского могильника отличались от источника с селища Курмантау-5. А содержание цинка в пробах с Шиповского могильника, наоборот, несколько выше (0,05-0,15%), чем с иных памятников (0,005-0,02%), поэтому, вероятно, источник этой меди отличается от источника меди селища Курмантау-8/9.

Содержание кобальта и никеля в меди Шиповского могильника выше, чем на других памятниках, а в меди Биктимировского городища ниже. Медь с селищ Курмантау-5 и -8/9 демонстрирует средние значения.

Исходя из всех приведенных фактов, не исключено, что источники меди всех этих памятников разные. Но в меди Шиповского могильника диапазоны концентраций всех элементов шире, поэтому возможны разные источники. Резко выраженных пиков мы не видим по причине малого количества образцов.

Таблица 2

**Эмиссионный спектральный анализ шлака и меди памятников раннего железного века
Башкирского Приуралья
Анализ выполнен в комплексной лаборатории АО “Челябинскгеосъемка”**

Памятник	Образец	Материал	Ni	Co	Cr	Mn	V	Ti	Cu	Zn
Биктимировское	2497	плав форма	0,01	0,002	0,05	0,07	0,01	0,2	0,01	0,007
Биктимировское	2498	шлак	0,003	0,005	0,003	0,07	0	0,05	0,04	0,007
Биктимировское	2499	шлак	0,005	0,002	0,01	0,03	0	0,05	0,02	0,007
Биктимировское	2500	шлак	0,003	0,003	0	0,02	0	0,01	0,03	0,007
Биктимировское	2501	металл	0,0015	0	0,005	0,05	0	0,01	0,07	0,007
Биктимировское	2502	шлак	0,0015	0	0,015	0,05	0	0,01	0,07	0,01
Биктимировское	2503	шлак	0,003	0,0007	0,01	0,05	0	0,05	0,04	0,007
Биктимировское	2504	металл	0,007	0	0,005	0,03	0	0,005	>1	0,01
Биктимировское	2505	шлак	0,01	0,002	0,07	0,1	0,01	0,2	0,15	0,007
Биктимировское	2506	шлак	0,01	0,002	0,07	0,09	0,01	0,3	0,01	0,007
Биктимировское	2507	шлак	0,007	0,0007	0,003	0,1	0	0,03	0,05	0,007
Биктимировское	2508	металл	0,015	0,005	0,005	0,03	0	0,007	>1	0,02
Табынское	2509	шлак	0,003	0,001	0,003	0,15	0	0,05	0,07	0,007
Акбердинское	2510	шлак	0,003	0,002	0,005	0,1	0,002	0,015	0,7	0,015
Акбердинское II	2511	шлак	0,007	0,005	0,02	0,3	0,003	0,02	1	0,07
Шиповский	2512	металл	0,05	0,01	0,05	0,15	0,003	0,005	>1	0,07
Шиповский	2513	шлак	0,015	0,005	0,02	1	0,003	0,1	0,7	0,3
Шиповский	2514	шлак	0,015	0,005	0,02	0,3	0,001	0,05	>1	0,3
Шиповский	2515	шлак	0,007	0,005	0,01	0,7	0,001	0,07	0,7	0,2
Шиповский	2516	шлак	0,005	0,005	0,01	1	0,003	0,15	0,3	0,07
Шиповский	2517	шлак	0,003	0,003	0,005	0,15	0,001	0,03	1	0,03
Шиповский	2518	шлак	0,007	0,01	0,005	0,7	0	0,03	0,9	0,2
Шиповский	2519	шлак	0,01	0,015	0,003	0,15	0	0,02	1	0,05
Шиповский	2520	шлак	0,01	0,003	0,003	0,1	0,001	0,07	1	0,015
Шиповский	2521	металл	>0,01	0,1	0,007	0,05	0	0,005	>1	0,15
Шиповский	2522	металл	0,03	0,05	0,015	0,05	0,001	0,005	1	0,05
Шиповский	2523	шлак	0,003	0,005	0,005	0,07	0,002	0,02	0,5	0,02
Шиповский	2524	шлак	0,01	0,001	0,1	0,05	0,015	0,05	0,07	0,007
Шиповский	2525	шлак	0,005	0,003	0,005	0,15	0,001	0,03	1	0,03
Шиповский	2526	шлак	0,01	0,007	0,01	1	0,0015	0,03	0,7	0,3
Шиповский	2527	шлак	0,005	0,005	0,015	1	0,0015	0,05	>1	0,5
Зинино-1	2528	шлак	0,02	0,0007	0,1	0,2	0,05	0,2	0,1	0,005
Зинино-1	2529	шлак	0,05	0,01	0,03	0,07	0,002	0,1	0,2	0,007
Курмантау	2530	шлак	0,005	0,0007	0,05	0,03	0,001	0,03	0,2	0,007
Курмантау	2531	шлак	0,005	0	0,03	0,1	0	0,005	>1	0,2
Курмантау	2532	шлак	0,005	0	0,07	0,02	0	0	>1	0,01
Курмантау	2533	шлак	0,007	0	0,015	0,03	0	0	>1	0,015
Курмантау	2534	шлак	0,01	0	0,01	0,03	0	0,003	>1	0,015
Курмантау	2535	шлак	0,015	0,003	0,02	0,1	0	0,005	>1	0,015
Курмантау	2536	шлак	0,03	0,005	0,02	0,15	0	0,01	>1	0,02

Курмантау	2537	шлак	0,015	0	0,015	0,1	0	0,01	>1	>1
Курмантау	2538	шлак	0,007	0	0,01	0,05	0	0	>1	0,015
Акбердинское II	2539	шлак	0,005	0	0,007	0,05	0	0,05	>1	0,01
Курмантау-5	2233	шлак	0,02	0,003	0,01	0,05	0	0,05	>>1	0,02
Курмантау-5	2234	медь	0,015	0,007	0,003	0,3	0,003	0,1	>>1	0,02
Курмантау-5	2235	медь	0,007	0,003	0,007	0,07	0	0,05	>>1	0,007
Курмантау-5	2236	медь	0,03	0,003	0,007	0,05	0	0,05	>>1	0,01
Рудник Олотау	2336	руда	0,015	0,005	0,01	0,05	0,02	0,3	>1	0,015
Рудник Олотау	2337	руда	0,001	0	0,005	0,03	0,01	0,05	>>1	0,007
Ул-6	2338	шлак	0,007	0,002	0,1	0,07	0,015	0,3	0,03	0,01
Ул-6	2339	шлак	0,01	0,003	0,03	0,06	0,01	0,2	0,015	0,01
Биктимировское	2340	медь	0,007	0	0,01	0,06	0	0,01	>>1	0,005
Биктимировское	2341	медь	0,01	0,0005	0,001	0,03	0,01	0,015	0,6	0,015
Биктимировское	2342	медь	0,007	0	0,01	0,06	0	0,01	>>1	0,01
Биктимировское	2343	шлак	0,007	0	0,007	0,005	0	0,02	0,03	0,007
Биктимировское	2344	шлак	0,007	0,001	0,007	0,01	0,0015	0,015	0,05	0,007
Биктимировское	2345	медь	0,007	0,009	0,007	0,2	0	0,3	>>1	0,02
Биктимировское	2346	медь	0,005	0	0,007	0,06	0	0,03	>>1	0,01
Биктимировское	2347	медь	0,005	0,002	0	0,05	0,003	0,01	0,2	0,01
Биктимировское	2348	медь	0,007	0	0,01	0,06	0	0,015	>1	0,007
Биктимировское	2349	шлак	0,007	0,002	0,01	0,015	0	0,01	0,03	0,01
Биктимировское	2350	шлак	0,007	0,0015	0,003	0,015	0,0015	0,01	0,02	0,007
Чувствительность анализа			Ni	Co	Cr	Mn	V	Ti	Cu	Zn
			0,001	0,0005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,003

Таблица 2 (продолжение)

**Эмиссионный спектральный анализ шлака и меди памятников раннего железного века
Башкирского Приуралья**

Анализ выполнен в комплексной лаборатории АО "Челябинскгеосъемка"

Памятник	Образец	Материал	Pb	Ag	As	Cd	Bi	Mo	Ba	Sr	W	Sn
Биктимировское	2497	плавформа	0,0015	3E-05	0	0	0	0,0001	0,07	0	0	0,0007
Биктимировское	2498	шлак	0	5E-05	0	0	0	0,0002	0,07	0	0	0
Биктимировское	2499	шлак	0	7E-05	0	0	0	0,001	0,02	0	0	0
Биктимировское	2500	шлак	0	7E-05	0,03	0	0	0,0015	0,03	0	0	0
Биктимировское	2501	металл	0	0,0001	0,01	0	0	0,0002	0,03	0	0	0,0005
Биктимировское	2502	шлак	0,003	7E-05	0,005	0	0,0007	0,0005	0,02	0	0,05	0,0005
Биктимировское	2503	шлак	0	3E-05	<0,005	0	0	0,0003	0,03	0	0	0
Биктимировское	2504	металл	0,2	0	0,15	0	0,015	0	0,04	0	0	>0,3

Биктимировское	2505	шлак	0,005	0,0001	0,005	0	0,005	0,0007	0,05	0	0,1	0,001
Биктимировское	2506	шлак	0,001	2E-05	0	0	0	0,00015	0,07	0	0,005	0,0007
Биктимировское	2507	шлак	0	7E-05	0	0	0	0,0015	0,03	0	0	0
Биктимировское	2508	металл	0,7	0	0,1	0	0,03	0	0,03	0	0,02	>0,3
Табынское	2509	шлак	0	0,0001	0,005	0	0	0,0003	0,03	0	0	0
Акбердинское	2510	шлак	0,005	5E-05	<0,005	0	0,0007	0,0005	0,04	0	0	0,0015
Акбердинское II	2511	шлак	0,005	3E-05	<0,005	0	0,0007	0,0007	0,03	0	0,01	0,0007
Шиповский	2512	металл	0,2	0	0,1	0	0,001	0,0007	0,015	0	0,01	0,015
Шиповский	2513	шлак	0,01	0,0001	0,01	0,001	0,0007	0,001	0,04	0	0,03	0,0005
Шиповский	2514	шлак	0,015	0,0002	0,01	0,0003	0	0,0015	0,03	0	0,005	0,001
Шиповский	2515	шлак	0,01	0,0005	0,03	0,0003	0	0,0007	0,03	0	0	0,0005
Шиповский	2516	шлак	0,005	5E-05	0,005	0	0	0,0007	0,04	0	0,02	0,0003
Шиповский	2517	шлак	0,005	7E-05	0,01	0	0,0007	0,0007	0,06	0	0,003	0,003
Шиповский	2518	шлак	0,007	0,0004	0,015	0,0003	0	0,001	0,03	0	0	0
Шиповский	2519	шлак	0,007	0,0003	0,01	0	0	0,0005	0,05	0	0	0,002
Шиповский	2520	шлак	0,0007	0,0001	0,005	0	0	0,0007	0,07	0	0	0,001
Шиповский	2521	металл	0,015	0	>1	0,0007	>0,03	0	0,03	0	0	0,003
Шиповский	2522	металл	0,1	0	0,3	0	0,015	0,001	0,01	0	0,05	0,003
Шиповский	2523	шлак	0,003	0,0002	<0,005	0	0	0,001	0,02	0	0,007	0,0007
Шиповский	2524	шлак	0,0007	0,0003	<0,005	0	0	0,0003	0,04	0	0,002	0,001
Шиповский	2525	шлак	0,0015	0,002	0,03	0	0,0005	0,0007	0,04	0	0,015	0,0015
Шиповский	2526	шлак	0,03	0,0005	0,07	0	0,0015	0,0007	0,03	0	0,05	0,0007
Шиповский	2527	шлак	0,015	0,0005	0,05	0	0	0,0005	0,03	0	0,007	0,0005
Зинино-1	2528	шлак	0,0007	2E-05	0	0	0	0,0001	0,02	0	0,001	0,0015
Зинино-1	2529	шлак	0,001	0,0002	<0,005	0	0	0,0015	0,03	0	0,01	0,0005
Курмантау	2530	шлак	0,001	0,0007	<0,005	0	0	0,0001	0,015	0	0,002	0,0015
Курмантау	2531	шлак	0,015	0	0,3	0	0,003	0	0,02	0	0	0,015
Курмантау	2532	шлак	0,003	0	>1	0	0,0007	0	0,01	0	0	0,0015
Курмантау	2533	шлак	0,003	0	1	0	0,002	0	0,02	0	0	0,003
Курмантау	2534	шлак	0,003	0	1	0	0,002	0	0,02	0	0	0,007
Курмантау	2535	шлак	0,07	0	0,2	0	0,005	0	0,03	0	0	>0,3
Курмантау	2536	шлак	>1	0	0,15	0	0,007	0	0,03	0	0	>0,3
Курмантау	2537	шлак	0,3	0	0,03	>0,03	0,003	0	0,05	0	0	0,05
Курмантау	2538	шлак	0,007	0	0,03	0	0,0015	0	0,03	0	0	0,005
Акбердинское II	2539	шлак	0,03	0	0,15	0	0,015	0	0,04	0	0	0,03
Курмантау-5	2233	шлак	0,5	>>0,003	0,1	nd	0,015	nd	0,015	nd	nd	>0,3
Курмантау-5	2234	медь	0,15	>0,003	0,05	nd	0,005	nd	0,03	nd	nd	>0,3
Курмантау-5	2235	медь	0,1	>0,003	0,1	nd	0	nd	0,015	nd	nd	0,03
Курмантау-5	2236	медь	0,07	>0,003	0,07	nd	0,015	nd	0,01	nd	nd	>0,3
Рудник Олотау	2336	руда	0,003	>0,003	0,007	nd	0	nd	0,03	nd	nd	0,01

Рудник Олотау	2337	руда	0,0015	>0,003	0,015	nd	0	nd	0,015	nd	nd	0,0001
Ул-6	2338	шлак	0,002	7E-05	0,007	nd	0	0,0007	0,15	nd	nd	0,0005
Ул-6	2339	шлак	0,002	7E-05	0,005	nd	0	0,0007	0,1	nd	nd	0,0005
Биктимировское	2340	медь	0,05	>0,003	0,015	nd	0,005	nd	0,015	nd	nd	0,1
Биктимировское	2341	медь	0,0015	0,0003	0,01	nd	<0,001	0,0005	0,15	nd	nd	0,02
Биктимировское	2342	медь	0,3	>0,003	0,07	nd	0,01	nd	0	nd	nd	0,3
Биктимировское	2343	шлак	0,0005	5E-05	0,01	nd	0	0,002	0,01	nd	nd	0
Биктимировское	2344	шлак	0,001	5E-05	0,01	nd	<0,001	0,0005	0,01	nd	nd	0
Биктимировское	2345	медь	>1	>0,003	0,07	nd	>0,03	nd	0,015	nd	nd	>0,3
Биктимировское	2346	медь	0,05	>0,003	0,015	nd	0,007	nd	0,015	nd	nd	0,05
Биктимировское	2347	медь	0,0015	0,0003	0,01	nd	0	0,0007	0,1	nd	nd	0,015
Биктимировское	2348	медь	0,02	>0,003	>1	nd	0,01	nd	0,03	nd	nd	0,01
Биктимировское	2349	шлак	0,0005	5E-05	0,005	nd	0	0,002	0,01	nd	nd	0,0005
Биктимировское	2350	шлак	0	5E-05	0,007	nd	0	0,003	0,015	nd	nd	0
Чувствительность анализа			Pb	Ag	As	Cd	Bi	Mo	Ba	Sr	W	Sn
			0,0007	3E-05	0,005	0,0003	0,0005	0,0001	0,01	0	0,001	0,0003

Таблица 2 (окончание)

Эмиссионный спектральный анализ шлака и меди памятников раннего железного века Башкирского Приуралья

Анализ выполнен в комплексной лаборатории АО "Челябинскгеосъемка"

Памятник	Образец	Материал	Be	Zr	Ga	Ge	Sb	Hg	Sc	Y	Yb	La	Li	Nb	Ta
Биктимировское	2497	п л а в форма	0,00015	0,01	0	1E-04	0	0	0	0,001	0,00015	0	0	0	0
Биктимировское	2498	шлак	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Биктимировское	2499	шлак	0	0	0	1E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Биктимировское	2500	шлак	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Биктимировское	2501	металл	0	0	0	1E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Биктимировское	2502	шлак	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Биктимировское	2503	шлак	0	0	0	1E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Биктимировское	2504	металл	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Биктимировское	2505	шлак	0,0001	0,01	0	1E-04	0	0	0,0005	0,0015	0,0002	0	0	0	0
Биктимировское	2506	шлак	0,00015	0,02	0	0	0	0	0,0005	0,002	0,0002	0	0	0	0
Биктимировское	2507	шлак	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Биктимировское	2508	металл	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Табынское	2509	шлак	0,00003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Акбердинское	2510	шлак	0,00003	0	0	7E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Акбердинское II	2511	шлак	0,00003	0	0	3E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Шиповский	2512	металл	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Шиповский	2513	шлак	0,00015	0,01	0	3E-04	0	0	0	0,003	0,0003	0	0	0	0
Шиповский	2514	шлак	0	0	0	3E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Шиповский	2515	шлак	0	0	0	0,005	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Шиповский	2516	шлак	0,0001	0,01	0	2E-04	0	0	0,0005	0,003	0,0003	0	0	0	0
Шиповский	2517	шлак	0	0	0	0,002	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Шиповский	2518	шлак	0,00003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Шиповский	2519	шлак	0	0	0	0,002	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Шиповский	2520	шлак	0	0	0	7E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Шиповский	2521	металл	0,00007	0	0	0,001	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0
Шиповский	2522	металл	0,00003	0	0	0,001	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0
Шиповский	2523	шлак	0	0	0	3E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Шиповский	2524	шлак	0,00003	0,01	0	0	0	0	0	0,0015	0,00015	0	0	0	0
Шиповский	2525	шлак	0	0	0	0,002	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Шиповский	2526	шлак	0,00007	0	0	7E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Шиповский	2527	шлак	0,0001	0	0	0,001	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Зинино-1	2528	шлак	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Зинино-1	2529	шлак	0,00003	0	0	1E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Курмантау	2530	шлак	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Курмантау	2531	шлак	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Курмантау	2532	шлак	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Курман-тау	2533	шлак	0,00003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Курман-тау	2534	шлак	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Курман-тау	2535	шлак	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Курман-тау	2536	шлак	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Курман-тау	2537	шлак	0,00003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Курман-тау	2538	шлак	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
А к б е р д инское II	2539	шлак	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0
Курман-тау-5	2233	шлак	nd	nd	nd	nd	0,1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Курман-тау-5	2234	медь	nd	nd	nd	nd	0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Курман-тау-5	2235	медь	nd	nd	nd	nd	0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Курман-тау-5	2236	медь	nd	nd	nd	nd	0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Р у д н и к Олоутау	2336	руда	nd	nd	nd	nd	0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Р у д н и к Олоутау	2337	руда	nd	nd	nd	nd	0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Ул-6	2338	шлак	nd	nd	nd	nd	0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Ул-6	2339	шлак	nd	nd	nd	nd	0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Биктимировское	2340	медь	nd	nd	nd	nd	0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Биктимировское	2341	медь	nd	nd	nd	nd	0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Биктимировское	2342	медь	nd	nd	nd	nd	0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Биктимировское	2343	шлак	nd	nd	nd	nd	0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Биктимировское	2344	шлак	nd	nd	nd	nd	0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Биктимировское	2345	медь	nd	nd	nd	nd	0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Биктимировское	2346	медь	nd	nd	nd	nd	0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Биктимировское	2347	медь	nd	nd	nd	nd	0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Биктимировское	2348	медь	nd	nd	nd	nd	0,2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Биктимировское	2349	шлак	nd	nd	nd	nd	0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Биктимировское	2350	шлак	nd	nd	nd	nd	0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Чувствительность анализа			Be	Zr	Ga	Ge	Sb	Hg	Sc	Y	Yb	La	Li	Nb	Ta
			0,00003	0	0	0,001	0	0,01	0,001	0,001	0,0001	0,01	0,01	0,003	0,1

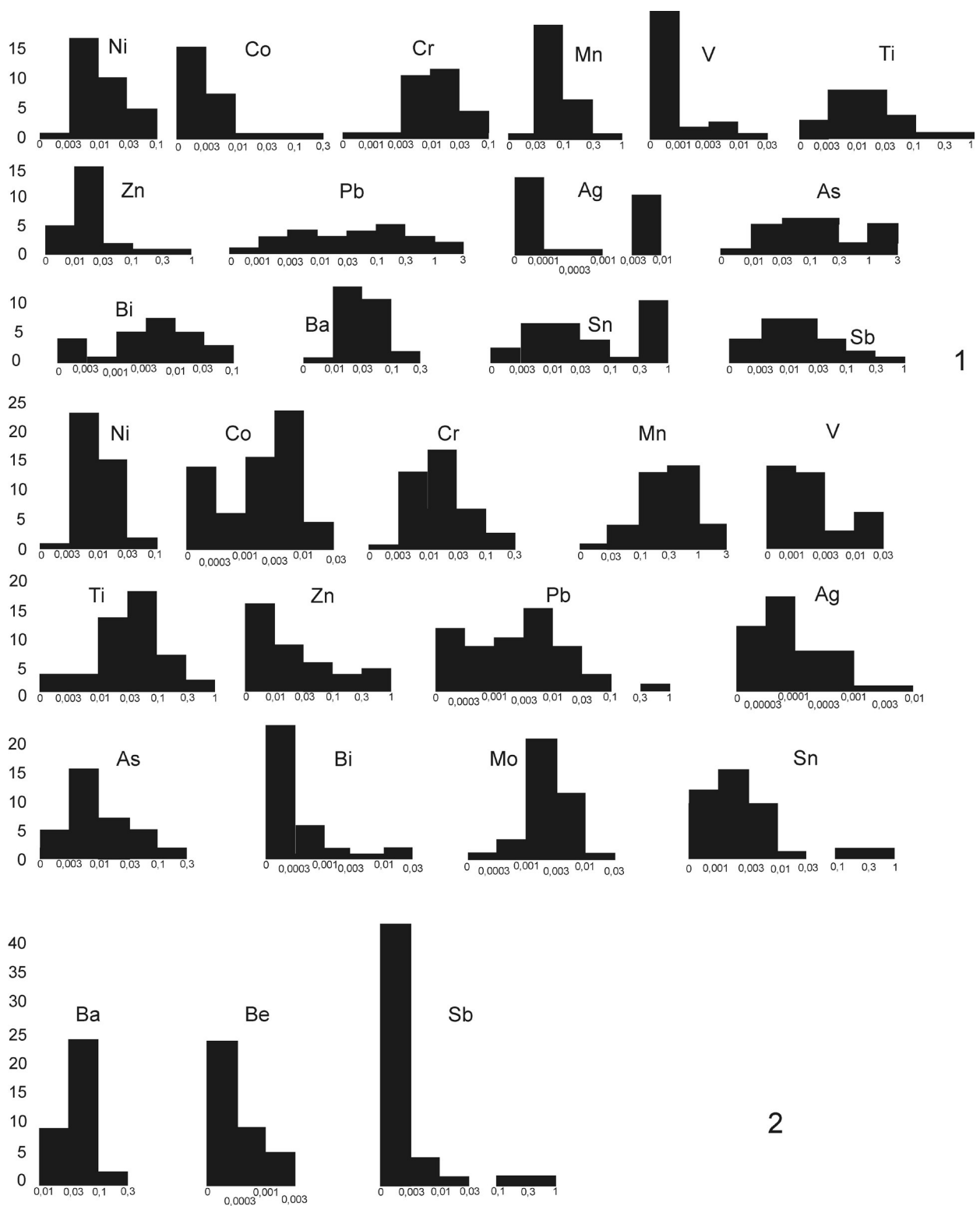


Рис. 2. Гистограммы распределения элементов-примесей в металле (1) и шлаке (2) памятников Башкирского Приуралья эпохи раннего железа

Таким образом, малое количество проанализированных образцов не позволяет пытаться выделять химико-металлургические группы, но складывается впечатление, что источники меди на этих памятниках (во всяком случае, на тех, где проанализировано большее количество образцов) были различны. Выделяется группа с повышенным содержанием олова. Примечательно то, что образцы этой группы распределены по трем памятникам: селище Курмантау-5, Биктимировское городище и селище Курмантау-8/9. Поскольку обычно за порог оловянистой бронзы принимается 1%, не исключено, что это результат рудной примеси. Диаграмма олова двухвершинная, поэтому, хотя в ней использовано мало образцов, не исключена преднамеренность добавок или выбор какого-то рудного источника. Последний вариант маловероятен, так как, судя по сопоставлению прочих микропримесей, источники сырья на этих памятниках разные, и маловероятно предполагать наличие нескольких аномальных месторождений, образцы с которых попали в эту небольшую выборку. Но обращает на себя внимание, что на всех этих памятниках шлаки медной плавки не обнаружены. Поэтому наиболее вероятно, что эти капли меди являются остатками металлообработки, но степень легирования была невысокой, менее 1%.

Шлаки

Проанализировано 34 образца шлака с городищ Акбердинское, Акбердинское II, Биктимировское и Табынское, селища Зинино-1, Шиповского могильника и комплекса Улак-6.

После построения частотных диаграмм распределения элементов-примесей выявилось, что шлак практически не содержит олова, что является вполне нормальной ситуацией. Единственный образец с Курмантау-5 продемонстрировал содержание олова 0,3%, что заставило первоначально предполагать плавку с легирующим компонентом или какой-то особый рудный источник. Но иных шлаков медной плавки на памятнике не обнаружено. Кроме того, есть капли меди от металлообработки с аналогичным содержанием олова. Поэтому, учитывая, что образец был очень мал, наиболее вероятно, что мы имеем дело с не-

большой ошлаковкой, возникшей в ходе литья бронзы.

Интересно то, что повышенные содержания сурьмы и мышьяка демонстрируют те же образцы с Курмантау и Акбердино, в которых зафиксировано несколько повышенное содержание олова. Это указывает на неслучайный характер этой ситуации. Но интерпретировать это на такой ограниченной базе нельзя. Мы вправе рассматривать, как минимум, две причины: преднамеренное легирование мышьяковым или сурьмяно-мышьяковым минералом в шихту, или плавку медных блеклых руд, в которых присутствуют эти элементы.

На Шиповском могильнике в каплях металла были обнаружены повышенные концентрации сурьмы и мышьяка, в то время как в шлаке с этого памятника мышьяк присутствует в умеренных количествах, а сурьма отсутствует. Но, скорее всего, это объясняется металлургическими переделами [Григорьев, 2013. С. 26-28].

Двухвершинными являются также диаграммы кобальта, свинца и цинка. В диаграмме кобальта это объясняется тем, что образцы с селища Курмантау-5 и Шиповского могильника приурочены к различным вершинам: к левой – из Курмантау-5 (0-0,0007%) и к правой – с Шипово (0,003-0,015%). Только два образца из Курмантау-5 показывают содержание кобальта 0,003%. А в диаграммах свинца и цинка левые пики сформированы благодаря образцам Биктимировского городища, а правые – Шиповского могильника. Та же тенденция наблюдается с марганцем – образцы с Шипово располагаются в правой части, а с Биктимирово – слева.

Таким образом, вероятнее всего, население этих поселений использовало разные рудные источники. В некоторых случаях мы можем говорить о совпадениях, но это касается единичных образцов, поэтому статистически недоказуемо.

Химический анализ

Был осуществлен общий химический анализ четырех образцов шлака (табл. 3): образцы шлака железодельного производства с Биктимировского городища (2349, 2507) и образец с Табынского городища (2509). Последний

Таблица 3

Химический анализ шлака (%)

№	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	K ₂ O	Cu	TiO ₂	Σ
2349	23.00	5.38	0	47.11	8.92	1.67	0.07	0.25	86.4
2507	11.58	1.96	0	66.23	3.28	0.95	0		84.00
2509	14.86	2.71	22.68	44.50	8.20	2.09	0.18		95.22
2518	24.70	2.59	13.10	43.90	2.11	0.31	4.57		91.28

Анализ выполнен в комплексной лаборатории АО «Челябинскгеосъемка»

идентичен образцам железной плавки, но в нем присутствуют примеси меди. Наконец, проанализирован образец шлака медной плавки (2518) с Шиповского могильника.

Необходимо отметить, что в образцах 2349 и 2507 были определены не все компоненты, что означает, что приводимые цифры подлежат некоторой, хотя и незначительной, корректировке.

При просмотре результатов анализа видно, что в образцах 2507 и 2518 содержание оксидов кальция и калия составляет суммарно 2,5-4%, что соответствует количеству этих компонентов, которое может перейти в шлак из золы. Но в образцах 2349 и 2509 их содержание заметно выше, поэтому можно допустить присутствие этих компонентов в руде или преднамеренные добавки флюса, содержащего кальций и калий, например, костей животных. Содержание глинозема (Al_2O_3) во всех шлаках не слишком велико, то есть, в их формировании оплывшая обмазка почти не принимала участие. Исключением является образец 2349, где его содержание достигает 5,38%, что допускает протекание обмазки. Этот анализ оставил открытым вопрос об образце 2509, в котором спектральным анализом выявлено присутствие меди. Общее ее содержание в этом шлаке составляет 0,18%, что может объясняться как качественной плавкой медной руды, так и использованием железной руды, взятой на медном месторождении. В образце медной плавки (2518) потери меди и медной руды в шлаке составили 4,57%. Это чуть больше, чем в прочих медных шлаках этой группы.

Бросается в глаза обилие железных оксидов. Для шлаков железодельательного производства это стандартная ситуация, а для шлаков медной плавки встречается далеко не всегда. Расчеты соотношения основных и кислотных окислов позволили высчитать коэффициент кислотности (табл. 4). Он для всех образцов оказался минимальным (2,03-5,2). Шлаки такого состава при определенных условиях должны очень хорошо кристаллизоваться, если скорость остывания расплава не была слишком высокой. Кроме того, это указывает на связь руды, в том числе медной, с железосодержащими породами.

Таблица 4

Коэффициент кислотности (К) шлака и группа

№	К	группа
2507	5,20	ультраосновная
2509	4,41	ультраосновная
2518	2,18	ультраосновная
2349	2,03	ультраосновная

Кроме того, была рассчитана вязкость этих шлаков для температуры 1400°C (табл. 5). Она

оказалась очень низкой для всех шлаков, что типично для шлаков ультраосновного состава.

Таблица 5

Вязкость шлака

№	K_z	η 1400 (Pa·s)
2507	5,13	0,50
2509	4,29	0,69
2518	2,17	1,81
2349	1,98	2,02

Химические анализы позволяют также построить фазовую диаграмму системы $FeO-Al_2O_3+SiO_2-CaO$ и вычислить температуру, при которой шлак может быть расплавлен. Как видно из рис. 2, все проанализированные шлаки плавятся при температуре около 1300°C, лишь образец 2349 может быть расплавлен при температуре около 1220°C.

Минералогия шлаков

Минералогический состав шлаков изучался с помощью микроскопа в отраженном свете.

Минералогия железодельательных шлаков

В коллекции присутствует некоторое количество образцов шлака железной плавки. Все они происходят с Биктимировского городища и один с комплекса Улак-6. В этой серии отдельно можно выделить три образца Биктимировского (2497, 2505, 2506) и образец с Уака-6 (2338), которые являются *ошлакованной керамической массой*, сформировавшейся в результате ошлаковки пода или стенок печи (рис. 4, 3). Этот факт примечателен тем, что обмазка стенок и пода являлась обязательной, но их ошлаковка происходит чаще в случаях высоких температур, что, в целом, типично для плавки железа. Эти образцы представлены толстой керамической прокаленной массой, на которой присутствует корка пористого стекловидного шлака. Практически единственным включением в нем являются мелкие скелетные призмы, фактически – иголки фаялитовой кристаллизации. Поскольку для формирования фаялита необходимы оксиды железа, более вероятно, что этот шлак формируется на контакте обмазки и шлаковой массы, сформированной из руды. И это формирование проходило в высокотемпературной зоне. В образце 2505 присутствуют светлые мелкие неоплавленные включения вюстита, а в образце 2338 отмечена мелкая кристаллизация магнетита и оплавленная частица восстановленного железа. Вероятно, температура была близка температуре плавления вюстита, и атмосфера плавки была восстановительная, хотя, возможно, условия колебались на разных этапах плавки. В двух образцах обнаружено по небольшому зерну хромита, но, в силу своей единичности, это не является маркером

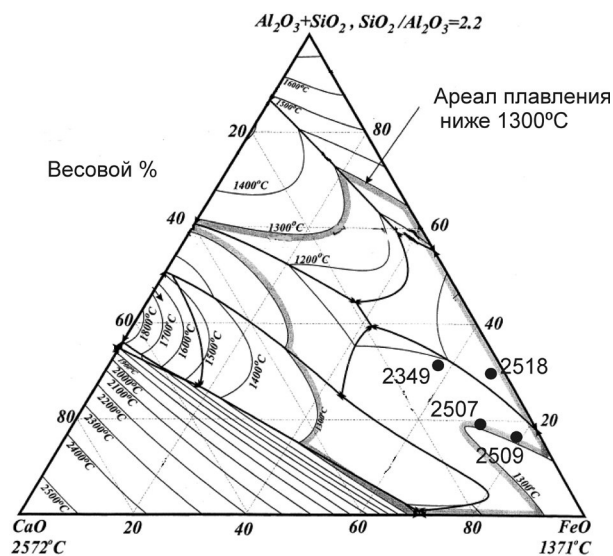


Рис. 3. Фазовая диаграмма системы FeO-Al₂O₃+SiO₂-CaO

происхождения руды из ультраосновных серпентинизированных пород, как в синташтинских шлаках.

Шесть других образцов с Биктимировского городища (2349, 2350, 2498-2500, 2507) являются *нормальным шлаком*, полученным при плавке железной руды (рис. 4, 1, 2). Вероятно, к этой же группе относится образец 2509 с Табынского городища. В целом, его микроструктура идентична микроструктуре всей группы, но есть особенность в виде меди, присутствующей в форме большого количества мелких частиц, правильные корольки не типичны, но из-за малого размера общее содержание меди незначительно. Это подтверждают и данные спектрального анализа, указывающие на 0,07% меди. Поэтому, более вероятно, что это шлак железной плавки, проведенной по вполне стандартной технологии, руда была взята на каком-то медном месторождении, например, осуществлена разработка так называемой «железной шляпы» медно-колчеданного месторождения.

В единичном виде подобные случаи известны в это время в Зауралье и не исключено, что для плавки меди и железа руда иногда отбиралась на одних месторождениях [Григорьев, 2013. С. 584, 594]. Правда, можно допускать и вариант, что это шлак, полученный при плавке первичного медного сульфида, халькопирита, но очень технологичный, с минимальными потерями меди. Подобные шлаки были известны в лесостепной Евразии в эпоху ПБВ и представлены в РЖВ Приуралья в ананьинской культуре. Вопрос этот слишком важен, чтобы отвечать на него на основании единственного образца шлака, без проведения анализов проб руды. Поэтому пока мы оставляем этот образец среди серии железнотделательных шлаков.

Основой шлака является пористое стекло темно-серого цвета, вероятно, фаялитового состава. В одном образце фаялитовая кристаллизация не прошла (2498), в других распространены зародыши фаялитовой кристаллизации и изредка встречаются длинные игольчатые кристаллы фаялита или его скелетные призмы. Только в двух образцах (2349, 2350) встречаются более крупные призматические и таблитчатые кристаллы. Причинами плохой кристаллизации фаялита могут быть нехватка необходимых компонентов, отсутствие восстановительной атмосферы или высокая скорость остывания расплава в зоне температур плавления и кристаллизации фаялита. Но, как мы увидим ниже (а также мы знаем это из обсуждаемых выше химанализов), плавка велась в условиях восстановительной атмосферы и материала для формирования фаялита было вполне достаточно. Это подтверждается обилием вюстита. Показательно также образцы 2350 и 2500, в которых фиксируются мелкие зародыши оливиновой кристаллизации. Их достаточно много, они образуют плотные группы, срастаются, но в крупных кристаллы не прорастают, что указывает, вероятно, именно на относительно высокую скорость кристаллизации.

Ведущим включением в шлаке этой группы является вюстит. Подавляющее большинство этих включений расплавлено и есть участки шлака, где присутствует большое количество расплава вюстита или крупные оплавленные дендриты. Он формируется, вероятнее всего, из минералов железа. Он образует также подобие рядов, результат кристаллизации из расплава. На одном участке образца 2499 зафиксирована цепочка кристаллов вюстита кубической формы, которая, могла, сформироваться путем восстановления из кристаллизовавшегося из расплава дендрита магнетита. Встречены скопления оплавленных частиц вюстита, сохраняющих контур первичного зерна, то есть, сформированы они за счет распада какого-то железного оксида.

Выявлены также редкие мелкие включения восстановленного железа. В образце 2500 найдены также мелкие частицы кварца, но доказательств того, что он связан с рудонесущей породой, нет.

Минералогия медных шлаков

Шлак медной плавки обнаружен на нескольких памятниках: Акбердинское (Кыз-кала-тау) городище (2510), Акбердинское II городище (2511), Шиповский могильник (2513-2520, 2522, 2523, 2525, 2526) и селище Зинино-1 (2529).

Шлак представлен пористым стеклом, в котором в разной степени прошла кристаллизация фаялита. Есть образцы, в которых фаялитовая кристаллизация не отмечена (2511, 2520, 2522,

2523). В других она присутствует в виде мелких призм или скелетных игл. Большие кристаллы не прорастают, формы вытянутые, поэтому кристаллизация фаялита проходила, вероятно, сравнительно быстро (рис. 4, 5). Но в ряде случаев эти кристаллы могут располагаться очень плотно, то есть самого материала, необходимого для формирования фаялита, было достаточно и причина небольшого размера кристаллов именно в высокой скорости кристаллизации. Иглы и призмы фаялита разнонаправлены. Следовательно, не существовало какого-то направления кристаллизации, остывание проходило равномерно со всех сторон, шлак не выпускался, а остывал в печи. В образце 2529 с селища Зинино-1 призмы фаялита крупнее.

Вторым распространенным включением в этом шлаке является магнетит. Типичны его очень мелкие скелеты, дендриты и октаэды, иногда магнетит кристаллизуется из расплава, образуя мелкие решетчатые структуры или дендриты. Кристаллизация магнетита из расплава заметна и так как иногда она осуществляется вокруг уже восстановившихся частиц меди. Обычно его содержание не превышает 5%, но в образце 2522 на некоторых участках содержание его может достигать 50–60%. В образце 2529 с селища Зинино-1 отмечена интересная особенность. Здесь встречаются как дендриты, так и иглы магнетита. Последние часто становятся основой для кристаллизации призм фаялита. Часть магнетита в образце заметно светлее и он сильно оплавлен, видимо, происходит его трансформация в вюстит, оплавление и достаточно быстрое формирование фаялита из вюстита и силикатного расплава (рис. 4, 4).

В трех образцах (2519, 2525, 2526) выявлено скопление частиц магнетита, распавшихся из какого-то железного оксида. Это хорошо заметно по тому, что скопления сохраняют границы первичного зерна (рис. 4, 6). Внутри этих скоплений выявлены мелкие частицы малахита, небольшое зерно куприта и деформированные корольки меди. Все это указывает на то, что оруднение было связано с железосодержащей породой. В образце 2529 с селища Зинино-1 встречены крупные зерна кварца, но нет фактов, указывающих на то, что это рудовмещающая порода.

Кроме описанных выше случаев есть иные факты, указывающие на характер использованной руды. Это обнаруженные зерна малахита, замещаемые купритом (2513, 2519, 2520) или куприта (2518, 2525). В одном образце (2517) обнаружено включение халькозина в оторочке куприта, а в другом королек халькозина (2529). В двух образцах (2522, 2523) присутствует большое количество включений расплавленного мед-

ного сульфида, в котором восстанавливается расплав меди.

Таким образом, руда представлена преимущественно окисленными минералами и, в меньшей степени, вторичными сульфидами, такими как ковеллин и халькозин.

Потери меди в шлаке, в среднем, невелики, хотя в разных образцах они различаются. Медь представлена небольшими корольками, иногда они могут быть деформированы, что указывает на относительно большую вязкость расплава. В единичных случаях медь представлена небольшими частицами, она не расплавлена. Поэтому не исключено, что она восстанавливалась в конце плавки, когда температура падала, но атмосфера оставалась восстановительной. Изредка медные корольки окружены купритовой каймой, но очень вероятно, что это вторичное окисление, уже в культурном слое памятника. Обычные крупные корольки куприта в этом шлаке не представлены. В одном случае (образец 2519) встречены мелкие корольки куприта, а в другом (2525) расплавленный куприт в виде заполнения трещин. То есть, атмосфера плавки была явно восстановительной.

Реконструкция технологии

Выводы по технологии плавки железных руд

В плавку поступала окисленная железная руда, что является стандартной ситуацией в кричном производстве. Более точно определить тип руды не представляется возможным, поскольку происходит ее перерождение в результате металлургических реакций. В результате, ее остатки фиксируются лишь в отдельных случаях, в виде скопления распадающихся зерен магнетита и вюстита. Поскольку руда была окисленная, присутствие сульфидов не могло обеспечить восстановительную атмосферу, необходимую для плавки железа. Поэтому это решалось конструкцией печи и обилием качественного угля. Ввиду отсутствия надежной информации по печам этого времени и этого региона, мы можем лишь предполагать, что для создания восстановительной атмосферы они должны обладать длинной реакционной зоной. То есть, это должны были быть или горизонтальные вытянутые канавообразные печи или, что более вероятно, шахтные печи высотой не менее 1,2–1,5 м при диаметре менее 1 м. В этом случае создавались более благоприятные условия для генерации монооксида углерода, основного восстановителя руды при металлургических реакциях.

Данных об использовании флюсов нет. В принципе, при плавке железной руды для создания жидкотекучего шлака могли добавлять кварц. Здесь, впрочем, как и в иных районах Урала этого времени, данных о подобных добавках

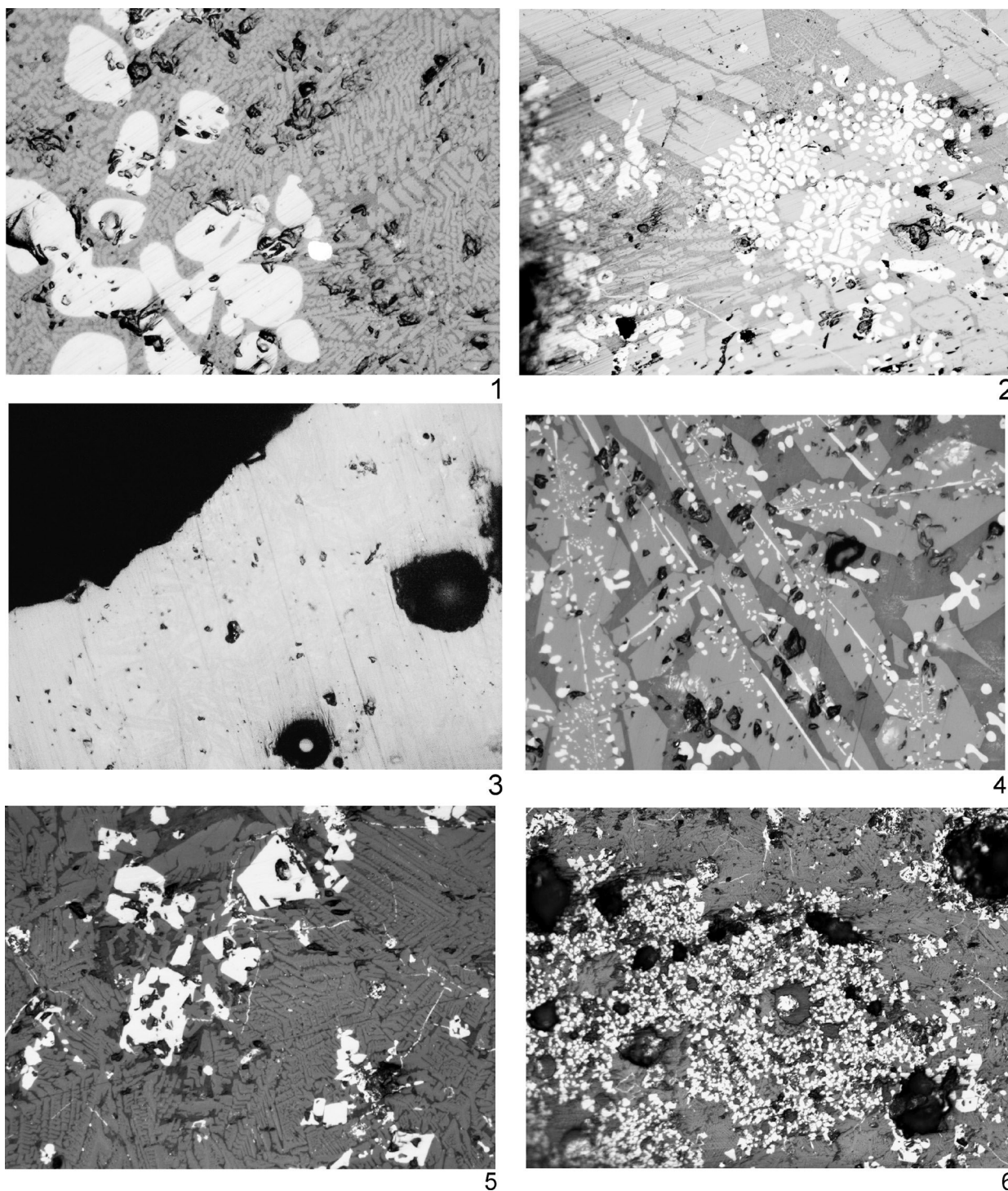


Рис. 4. Микроструктуры шлака: 1 – Биктимировское городище, обр. 2350, шлак железной плавки: оплавленные дендриты вюстита (светло-серые) в стекле (темно-серый фон), заполненном плотными мелкими скелетными кристаллами фаялита (серые), ярко-белое включение – оплавленная частица железа; 2 – Биктимировское городище, обр. 2350, шлак железной плавки: оплавленные частицы вюстита, сохраняющие форму первичного рудного зерна, призматические и тонкие скелетные кристаллы фаялита (светло-серые) в стекле (темно-серый фон) с мелкими порами (черные); 3 – комплекс Улак-6, обр. 2338, шлак железной плавки: мелкие слабо различимые зародыши фаялитовой кристаллизации в пористом стекле; 4 – селище Зинино-1, обр. 2529, шлак медной плавки: формирование призматических кристаллов фаялита на оплавленных дендритах вюстита; 5 – Шиповский могильник, обр. 2525, шлак медной плавки: мелкие плотно расположенные призмы фаялита (серые), октаэдры и скелеты магнетита (светлые) в стекле (темно-серое); 6 – Шиповский могильник, обр. 2526, шлак медной плавки: мелкие плотно расположенные призмы фаялита (серые) и скопление частиц магнетита (светлые), повторяющих контуры первичного зерна; светлое пятно в его центре – медь

нет, отдельные включения кварцевых частиц редки и связаны, по-видимому, с рудной породой или обмазкой печи. Более вероятно, что созданию более жидкого шлака способствовала зола, что известно по этнографии Африки [Amborn, 1976. S. 10, 11; Childs, 1996. P. 286; Schmidt, 1997. P. 104, 115]. Но, судя по химическому анализу железного шлака Башкирии, в данном случае это существенной роли не играло.

В печи, из-за длины ее реакционной зоны, создавались разные химические и температурные условия, что и вызывало несколько различные микроструктуры формирующегося шлака. Второй причиной этой неравномерности могла быть некоторая разнородность руды в смысле разного соотношения кислотных и основных окислов. Тем не менее, в целом характеристики плавков были очень близки. Атмосфера плавки была, как уже отмечалось, восстановительной. На это указывает присутствие вюстита и отдельных частиц восстановленного железа. Температура превышала температуру кристаллизации фаялита (около 1200-1210°C) и температуру плавления вюстита (1360°C). Говорить о более высоких температурах на основании присутствия отдельных частиц оплавленного или расплавленного железа невозможно, поскольку оно могло восстановиться из расплавленного вюстита, сохранив его форму, а, во-вторых, оно могло быть науглерожено, что приводит к резкому снижению температуры плавления железа до 1147°C [Amborn, 1976. S. 15]. Это, в целом, стандартная ситуация при железоделательном производстве, и именно эти частицы расплавленного железа обеспечивают спекание криц.

После снижения температуры до 1200-1210°C происходила сравнительно быстрая кристаллизация шлака, в результате чего фаялит и формирует кристаллы сравнительно небольших размеров, несмотря на их хорошую представленность в ряде образцов. Но без знания конструкции печей точно установить причины этого невозможно. Выпуск шлака можно полностью исключить, так как кристаллы разнонаправлены, а в случае выпуска, охлаждение шлака производилось бы сверху, стимулируя кристаллизацию редких игл в направлении сверху вниз. Кроме того, застывание шлака было сравнительно быстрым, но не мгновенным. Поэтому либо в печи постепенно снижалась температура, либо, что более вероятно, в случае вертикального расположения реакционной зоны, то есть, в случае шахтной печи, шлак постепенно протекал вниз и попадал в зону более низких температур. Вязкость шлака была низкой, что облегчало протекание шлака вниз.

В целом, изученные шлаки и реконструируемая технология целиком соответствуют другим

образцам этого периода, в частности, иткульским [Григорьев, 2013. С. 580-589]. Но уверенно говорить о том, что именно иткульское производство привело к формированию железной металлургии в Башкирском Приуралье, не представляется возможным, так как широко технологии выплавки в Северной Евразии не изучены широко, и на данный они смотрятся как нечто единое, сходное в разных ареалах.

Выводы по технологии плавки медных руд

Медная металлургия этих памятников базировалась на окисленных рудах и вторичных сульфидах, происходящих, вероятно, из пород основного состава, наиболее вероятно, железных окислов и гидроокислов. На это указывает как химический анализ шлака, так и его микроструктуры. В принципе, подобные месторождения могли служить основой как медной, так и железной металлургии. Такая руда может быть очень вариабельна по соотношению окисленных и сульфидных компонентов. Но преобладали, вероятно, окисленные компоненты. Именно поэтому восстановительная атмосфера была недостаточной, и в шлаке не происходит полное замещение магнетита вюститом. Тем не менее, формируется достаточное количество вюстита для формирования фаялитового расплава и кристаллов фаялита. Вероятно, обобщенно атмосферу в печи можно обозначить как умеренно восстановительную. На то же указывает преобладание меди над купритом, то есть, медь слабо окислялась, хотя какое-то количество куприта в шлаке присутствует. Отчасти это обеспечивалось именно данной рудной смесью, хотя не исключены и какие-то модификации металлургических печей. Более значимым фактором был, все же, состав руды. Признаков использования в шихте флюса не выявлено, хотя не исключено использование дробленых костей, обеспечивавших шихту кальцием и калием, что способствовало формированию более жидкого шлака. Но, судя по химическим анализам, широкого применения это не имело.

Температура плавки была выше точки плавления фаялита (1210°C), близка точке плавления куприта (1232°C), но заметно ниже точки плавления магнетита (1530°C). Поэтому вероятный температурный предел плавков размещался в диапазоне 1200-1300°C, иногда слегка его превышая.

Вязкость шлака была, вероятно, невысокой и медь хорошо оседала, потери меди в шлаке незначительны. Остывание происходило непосредственно в печи.

В целом, эта технология идентична той, что фиксируется для памятников Алтая эпохи раннего железа (хотя проанализированные оттуда материалы единичны) и иткульской культуры

Зауралья [Григорьев, 2013. С. 566-568]. От металлургии меди Прикамья, в частности ананьинской, эта технология существенно отличается [Там же. С. 569-571]. Если в Зауралье на описанных памятниках мы наблюдаем имеющую восточные корни технологию плавки преимущественно окисленных руд и оловянные лигатуры, то в Прикамье сохраняется технология использования первичных медных сульфидов. В результате, мы можем предполагать, что формирование металлургии раннего железного века Башкирского Приуралья было подвержено зауральским иткульским или более восточным импульсам.

В данном случае примечательна единая для всех регионов от Приуралья до Алтая логика развития производства. Металлургия железа базируется на плавке окисленных руд. Вместе с ними происходит выплавка окисленных медных руд, хотя в предшествующую эпоху активно развивалась плавка первичных и вторичных сульфидов. Этот тезис необходимо проверять на иных материалах, в частности Ближнего Востока и Китая. Данная гипотеза позволяет предположить, что металлургия плавки железных руд возникает именно в тех регионах, где плавил окисленную медную руду.

Это позволило выработать способы стабильного поддержания восстановительной атмосферы без связывания кислорода путем сгорания в печи серы сульфидов. Поэтому распространение

технологии плавки железной руды в Северной Евразии, как и в Башкирии, сопровождается плавкой медных окисленных руд. Вместе с тем, это вовсе не означает, что эти технологии должны присутствовать на каждом поселении. На памятниках, откуда происходит большинство железоделательных шлаков, мы видим пока лишь следы медной металлообработки. Поэтому, в принципе, нельзя исключать специализации плавки медной и железной руды, которые осуществлялись на разных поселениях, но, если эта тенденция подтвердится, то, скорее всего, эта специализация не производственно-экономическая, обусловленная развитием технологий, обмена, социальных структур. Более логично объяснять это явление близостью к тем или иным рудным источникам.

Наконец, наблюдения, сделанные на материалах Южного Приуралья, вполне укладываются в тенденции, выявленные анализом основного массива евразийских материалов. Ранее я отмечал, что формирование иткульской металлургии раннего железного века Зауралья имело восточные корни, так как на востоке есть параллели иткульской металлургии в комплексах финальной бронзы и раннего железного века [Григорьев, 2013. С. 567, 568]. Вероятно, этот вывод вполне можно распространить и на металлургию Южного Приуралья. Но нет никакой возможности сказать – было ли это непосредственное влияние с востока или уже через иткульскую культуру.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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

Amborn H. Die Bedeutung der Kulturen des Niltals für die Eisenproduktion im Subsaharischen Afrika. Wiesbaden: Steiner, 1976. 304 S.

Childs S.T. Technological history and culture in Western Tanzania // The culture and technology

of African iron production (ed. P.R. Schmidt). Gainesville: Florida university press, 1996. P. 277-320.

Schmidt P.R. Iron technology in East Africa. Symbolism, science and archaeology. Bloomington/Indianapolis: Indiana University Press, 1997. 344 p.

REFERENCES

Amborn H. Die Bedeutung der Kulturen des Niltals für die Eisenproduktion im Subsaharischen Afrika. Wiesbaden: Steiner, 1976. 304 S.

Childs S.T. Technological history and culture in Western Tanzania // The culture and technology of African iron production (ed. P.R. Schmidt). Gainesville: Florida university press, 1996. P. 277-320.

Grigoriev S.A. Metallurgicheskoe proizvodstvo v Severnoi Evrazii s epokhu bronzy [Metallurgical production in Northern Eurasia in the Bronze Age]. Chelyabinsk: Cicero, 2013. 660 s.

Schmidt P.R. Iron technology in East Africa. Symbolism, science and archaeology. Bloomington/Indianapolis: Indiana University Press, 1997. 344 p.