

**ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПЛАВНЫХ И СПЕЧЕННЫХ
ШЛАКОВ С ЦЕНТРА ДРЕВНЕГО ЖЕЛЕЗОДЕЛАТЕЛЬНОГО
ПРОИЗВОДСТВА БАРУН-ХАЛ-2 (ПРИБАЙКАЛЬЕ)
Степанов¹ И.С., Кожевников² Н.О., Харинский³ А.В. Финкельштейн¹ А.Л.,
Васильева¹ И.Е., Шабанова¹ Е.В., Феоктистова¹ Л.П.**

¹*Институт геохимии им. А.П.Виноградова СО РАН, г. Иркутск,
e-mail: ivanstep208@yandex.ru*

²*Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, г. Новосибирск*

³*Национальный Исследовательский Иркутский государственный
технический университет, г.Иркутск*

На территории Прибайкалья известно много археологических объектов связанных с сыродутным получением железа в период I тыс. до н.э. – первая пол. I тыс. н.э [Харинский, Снопков, 2004]. По обилию характерных продуктов, они могут рассматриваться как древние железоделательные центры. Одним из крупнейших таких центров является Барун-Хал-2, расположенный в Приольхонье северо-западнее пос. Черноруд [Кожевников и др., 2000].

В Барун-Хал-2 подобно другим железоделательным центрам Прибайкалья наиболее распространенными продуктами являются расплавные и спеченные шлаки [Степанов, 2012]. Расплавные шлаки – образованы из расплава. Они состоят из силикатных минералов, окислов железа и стекла. В зависимости от соотношений этих фаз выделяются силикатно-окисные, окисно-стеклянно-силикатные, силикатно-стеклянные шлаки. Спеченные шлаки представляют агрегаты расплавных фаз с ксеногенными реликтами флюсов, руды или с металлическим железом. Различаются стеклянно-рудно-силикатные, железно-окисно-стеклянно-силикатные, силикатно-стеклянные (с флюсом) шлаки.

Таблица

№ пробы	Химический (масс.%) и редкоэлементный (г/т) состав шлаков центра Барун-Хал-2						
	1	2	3	4	5	6	7
	Ха-8Б	Ха-13а	Ха-12Б1	Ха-16-3	Ха-14-1	Ха-10а1	Ха-8е3
SiO ₂	16,11	21,82	25,94	31,55	16,52	23,46	46,84
TiO ₂	0,18	0,29	0,34	0,32	0,29	0,53	0,48
Al ₂ O ₃	3,54	5,68	7,49	5,39	4,64	7,53	13,40
*FeO	72,00	62,20	51,94	48,89	70,06	59,72	24,60
MnO	0,21	0,25	0,38	0,63	0,20	0,22	0,42
MgO	0,85	1,10	1,17	2,86	1,17	1,11	1,83
CaO	5,92	7,39	11,31	9,00	3,86	5,96	8,95
K ₂ O	0,66	0,64	0,79	0,94	0,57	0,71	1,80
Na ₂ O	0,23	0,23	0,24	0,22	0,24	0,11	0,30
Ba	369	475	712	1016	473	426	1280
Sr	109	132	171	290	102	349	408
Zn	69	64	59	45	86	61	50
Cu	37	29	30	65	30	48	50
Cr	19	26	39	100	76	80	40
V	36	71	94	110	100	80	80

Примечание. 1-4 - Расплавные шлаки: силикатно-окисный (1); окисно-стеклянно-силикатный (2); стеклянно-силикатный (3); силикатно-стеклянный (4). 5-7 - Спеченные шлаки: стеклянно-рудно-силикатный (5); железно-окисно-стеклянно-силикатный (6); силикатно-стеклянный (7).

*Содержание железа, выраженное в виде FeO.

Расплавные силикатно-окисные шлаки характеризуются преобладанием вюститита (50 %) над фаялитом (35 %). Содержание FeO в шлаках довольно высокое – 72 %, концентрации SiO₂, Al₂O₃, MgO, K₂O, Na₂O, Sr – низкие, MnO, CaO, Ba – умеренные (табл., выб.1).

Расплавные окисно-стеклянно-силикатные шлаки состоят из фаялита (50 %), стекла (30 %) и вюстита (20 %). Концентрация FeO в них составляет 62 %, а содержания литофильных элементов выше, чем в силикатно-окисных шлаках (табл., выб. 2). Это обусловлено большим количеством стекла и оливина в окисно-стеклянно-силикатных шлаках.

Расплавным стеклянно-силикатным шлакам характерно преобладание силикатных минералов, оливина (45%) и плагиоклаза (10 %), над стеклом (45 %). В сравнении с силикатно-окисными и окисно-стеклянно-силикатными шлаками рассматриваемые образования характеризуются меньшим содержанием FeO (52%) и большими - литофильных элементов (табл., выб. 3).

Расплавные силикатно-стеклянные шлаки состоят из стекол (50 %), оливина (25 %), плагиоклаза (15 %) и герцинита (5-10 %). Для химического состава характерно содержание FeO 49 %, повышенные концентрации MnO, CaO, Ba, умеренные MgO, Sr (табл., выб. 4). Это вызвано большим количеством стекла и плагиоклаза в шлаках.

Спеченные стеклянно-рудно-силикатные шлаки содержат 30 % ксеногенных выделений гематитовой и лимонитовой железной руды. Шлакам свойственны высокое содержание FeO 70 %, умеренные Cr, V, Zn (табл., выб. 5), что обусловлено присутствием этих элементов в используемой руде.

Спеченные железно-окисно-стеклянно-силикатные шлаки – продукты, в которых отмечается 1-10 % металлического железа. В их химическом составе фиксируются умеренные концентрации Cr, V, Cu (табл., выб. 6).

Спеченные силикатно-стеклянные шлаки – образования, в которых присутствуют ксеногенные минералы флюса (%): кварц (5-15), полевого шпата (5-10), карбонат (1-5). Для шлаков характерно сравнительно низкое содержание FeO 25 %, повышенные MnO, CaO, Ba, умеренные Al₂O₃, Sr, K₂O (табл. выб. 7).

Таким образом, химические характеристики шлаков Барун-Хал-2 отражают состав и количественные соотношения входящих в них кристаллических минеральных фаз, стекла, железа, иногда присутствие в них ксеногенного материала (руды, флюсы).

Реликты гематитовой и лимонитовой руд, зафиксированные в спеченных стеклянно-рудно-силикатных шлаках, позволяют предположить, что в железоделательном центре Барун-Хал-2 исходным сырьем служили бурожелезняковые руды реки Кучулги.

Наличие ксеногенных зерен кварца, полевого шпата и карбоната в спеченных силикатно-стеклянных шлаках Барун-Хал-2 свидетельствует об их применении в сыродутном производстве железа. Благодаря добавкам этих минералов происходило понижение температуры расплава и образование низкожелезистых расплавных силикатно-стеклянных и стеклянно-силикатных шлаков, характеризующихся повышенными концентрациями MnO, CaO, Ba, умеренными MgO, Sr. Это могло способствовать обогащению железом остаточного расплава и сравнительно высокому выходу металла в виде крицы.

Литература:

Кожевников Н.О., Кожевников О.К., Никифоров С.П., Снопков С.В., Харинский А.В. Древний центр металлургии железа в пади Барун-Хал. // Байкальская Сибирь в древности. Иркутск.–2000.–В.2. –Ч.2.- С.166-195.

Степанов И.С. Классификация и вещественная специфика продуктов древнего железоделательного производства в Прибайкалье // Известия Сибирского отделения секции наук о Земле РАЕН. Геология, поиски и разведка месторождений рудных месторождений.–2012.–Вып.12(71).–С.70-76.

Харинский А.В., Снопков С.В. Производство железа населением Приольхонья в Елгинское время // Известия. Лаборатории древних технологий.–2004.–В.2.–С. 167-187.