

*Зайков В.В., Рассомахин М.А., Котляров В.А., Гисматуллин Б.Я.* Состав платиноидов из Мало-Ирмельской россыпи золота (Южный Урал) по данным РФА и РСМА // *Металлогения древних и современных океанов-2016б.* Миасс: ИМин УрО РАН, 2016. С. 216–219.

*Зайков В.В., Попов В.А., Зайкова Е.В., Блинов И.А., Котляров В.А.* Состав и форма кристаллов платиноидов из россыпей Южного Урала // *Минералогия.* 2017. № 4. С. 51–56.

*Казаков П.В., Салихов Д.Н.* Полезные ископаемые Республики Башкортостан (россыпное золото). Ч. 2. Уфа: Гилем, 2006. 288 с.

*Рассомахин М.А., Зайков В.В.* Состав платиноидов Ингульской россыпи золота (Южный Урал) // *Металлогения древних и современных океанов-2017.* Миасс: ИМин УрО РАН, 2017. С. 119–123.

*Harris D., Cabri L.* Nomenclature of platinum-group-element alloys: review and revision // *Canadian Mineralogist.* 1991. Vol. 29. P. 231–237.

***Е.М. Асочакова, Е.В. Водясов***

*ТГУ, г. Томск,*

*ev.asochakova@gmail.com*

### **Минеральный состав остатков производства железа святилища Усть-Полуй (Западная Сибирь)**

Древнее святилище Усть-Полуй является опорным и уникальным памятником для изучения эпохи раннего железа в Западной Сибири [Гусев, 2008]. Оно расположено на правом берегу р. Полуй, в 2 км от ее впадения в р. Обь на территории г. Салехард. Археометаллургические объекты Усть-Полуя, датированные III в. до н.э. – I в. н.э., являются самыми древними свидетельствами освоения человеком железоделательного производства в Циркумпольной зоне [Гусев, 2008; Водясов, Гусев, 2016]. В 2010–2012 гг. все найденные свидетельства производств железа были приурочены ко рву. На краю древнего рва обнаружен развал сыродутного горна и скопление шлаков, большинство из которых залегало по склону рва и на его дне [Гусев, Федорова, 2012]. Найденная коллекция шлаков представлена донными и кузнечными шлаковыми лепешками. В ходе раскопок 2015 г. исследован металлургический объект, не имеющий аналогов среди известных в Приобье сыродутных горнов. Первоначально было расчищено большое скопление обожженных камней размерами около  $1,4 \times 1$  м, интенсивно растресканных под воздействием температуры [Водясов и др., 2017].

Цель работы – дать характеристику минерального состава шлаков и обломков обожженных камней святилища Усть-Полуй. Для этого был использован комплекс минералого-петрографических методов: исследование прозрачных шлифов на поляризационном микроскопе с видеорегистрацией Leica (Германия) и растровом электронном микроскопе VEGA II LMU, оснащенный энергодисперсионным спектрометром INCA Energy (OXFORD Instruments Analytical, Великобритания), рентгенофазовый анализ на модульном дифрактометре X'Pert Powder (PANalytical, Нидерланды). Химический состав шлаков изучен с помощью рентгенофлуоресцентного и эмиссионно-спектрального анализов. Исследования проведены в Центре коллективного пользования «Аналитический центр геохимии природных систем» Томского государственного университета.

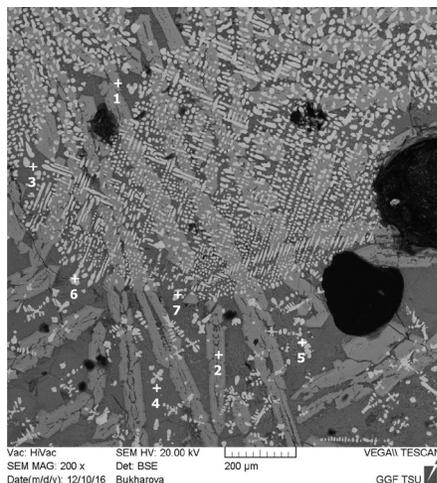
Фактический материал представлен обломками горных пород, собственно шлаком (стекловатая пористая масса) с выделениями металлического железа. Горные породы имеют различный состав – от кислых гранитов и кристаллических сланцев до основных эффузивов. Это объясняется тем, что для постройки горна использовался весь доступный

Рис. Структуры железных шлаков с точками анализов. Точки анализов:

1, 2 – ферромонтichelлит (?); 3, 4 – стекло с продуктами раскристаллизации; 5, 6, 7 – оксиды железа (?) с примесями. Изображение BSE.

каменный материал. В породах часто наблюдаются вторичные изменения – серицитизация, хлоритизация, ожелезнение (развитие гидроксидов железа).

Структура шлаков пористая, неоднородная с реликтами пород и породообразующих минералов, представленных кварцем и полевым шпатом; цемент стекловатый. Продукты раскристаллизации



стекла представлены пироксенами (диопсид-геденберgit), кальциевым фаялитом (ферромонтichelлит), ферритами, металлическим железом и оксидами железа. Ферромонтichelлит образует вытянутые удлиненные кристаллы шириной не более 50 мкм (рис.). Оксиды железа представлены дендритовидными выделениями каплевидных зерен, различно сочетающимися и пересекающимися между собой с образованием сетчатой структуры (см. рис.). Агрегаты их магнитны, размеры отдельных зерен составляют не более 2 мкм. Оксиды железа определены рентгенофазовым анализом и представлены шпинелидами (магнетит, магнезиоферрит) и маггемитом. Точная диагностика оксидов железа затруднена из-за тонко- и скрытокристаллического строения. Шлаки нередко сильно изменены, покрыты охрами гидроксидов железа, стекловатая часть в порах и пустотах хлоритизирована.

Химический состав шлаков (мас. %):  $\text{SiO}_2$  25.5–48.06;  $\text{TiO}_2$  0.28–0.55;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  5.21–11.68;  $\text{FeO}$  25.86–49.39;  $\text{MnO}$  0.001–0.4;  $\text{MgO}$  2.37–5.86;  $\text{CaO}$  3.78–9.39;  $\text{Na}_2\text{O}$  0.15–2.52;  $\text{K}_2\text{O}$  0.27–2.41;  $\text{P}_2\text{O}_5$  0.48–6.4 (табл.). Среди примесных элементов установлены: V, Cr, Mn, Cu, Sn, Zn, Pb, Ag, As, Co, P, La, Ni (см. табл.). В самих шлаках содержится большое количество как основных, так и примесных компонентов, поскольку они представляют собой спекшиеся остатки после выплавки руды. По коэффициенту основности и кремниевому модулю, учитывающим содержания шлакообразующих компонентов, шлаки являются кислыми. Отличительными особенностями устьполуйских шлаков являются повышенные содержания  $\text{CaO}$  (до 6 %),  $\text{MnO}$  (до 0.4 %) и  $\text{P}_2\text{O}_5$  (до 6 %). Это связано с составом железной руды, топливом и флюсами [Crew, 2007]. Наличие кальция и фосфора можно объяснить наличием на металлургическом объекте пережженных костей животных, добавляемых в шихту в качестве флюсов. Для сравнения укажем, что среднее содержание  $\text{CaO}$  в археологических шлаках Обь-Иртышья составляет всего 1.2 % [Зиняков, 1997].

Присутствие марганца в шлаках и крице обычно связывается с рудой, которая использовалась при выплавке. Высокие концентрации этого металла, главным образом, характерны для болотных руд, где его содержание может достигать 1.11 % [Асочакова, Коноваленко, 2010]. Как указывает Р. Плейнер [Pleiner, 2000], лимонитовые руды были важнейшими рудными источниками древнейшей металлургии железа, так как они достаточно легко восстанавливались в горне и были широко распространены по всей Северной Евразии.

Открытие на Усть-Полуе черной металлургии пополняет перечень памятников эпохи раннего железного века со следами железнорудного производства в Западной Сибири. В настоящее время известно всего пять археологических памятников со следами черной металлургии эпохи раннего железного века на огромных просторах Обь-Иртышья:

**Результаты рентгенофлуоресцентного и спектрального анализов  
железных шлаков святилища Усть-Полуй (мас. %)**

№ пробы	940	1527	912	1429	927	931	945	1277	1349
SiO <sub>2</sub>	40.37	48.06	33.45	26.2	29.39	25.5	31.67	37.71	29.1
TiO <sub>2</sub>	0.41	0.55	0.43	0.5	0.34	0.3	0.31	0.53	0.28
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.68	8.86	7.51	7.82	7.11	6.66	6.9	10.69	5.21
FeO	29.66	25.86	40.17	36.06	41.23	41.93	42.45	30.17	49.39
MnO	0.121	0.311	0.037	0.405	0.153	0.144	0.068	0.155	0.001
MgO	5.86	3.11	3.1	3.78	2.8	2.37	3.63	4.51	2.42
CaO	5.87	4.49	4.49	9.39	6.73	8.75	4.21	6.05	3.78
Na <sub>2</sub> O	0.34	2.23	1.65	2.3	0.16	0.15	2.4	2.52	0.16
K <sub>2</sub> O	0.88	2.13	1.54	2.41	1.65	1.8	0.95	2.06	0.27
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.6	0.79	1.34	6.4	3.66	5.62	1.02	1.94	0.48
S	0.004	0.006	>0.001	>0.001	>0.001	>0.001	>0.001	0.006	0.001
Сумма	95.78	96.38	93.71	95.26	93.21	93.23	93.61	96.34	91.11
P	0.89	-	0.909	0.84	-	-	-	-	-
Sc	0.0003	-	0.0003	0.0003	-	-	-	-	-
V	0.003	-	0.005	0.015	-	-	-	-	-
Cr	0.003	-	0.005	0.05	-	-	-	-	-
Co	0.0032	-	0.016	0.01	-	-	-	-	-
Ni	0.007	-	0.007	0.015	-	-	-	-	-
Cu	0.01	-	0.03	0.008	-	-	-	-	-
Zn	0.02	-	0.077	0.033	-	-	-	-	-
Ga	0.0012	-	0.0016	0.0012	-	-	-	-	-
Ge	-	-	0.0005	0.0003	-	-	-	-	-
As	-	-	0.014	0.011	-	-	-	-	-
Y	0.0005	-	0.0007	0.0007	-	-	-	-	-
Zr	0.008	-	0.004	0.007	-	-	-	-	-
Nb	0.0015	-	0.002	0.001	-	-	-	-	-
Ag	0.00014	-	0.00015	0.00012	-	-	-	-	-
Sn	0.0006	-	0.0005	0.0004	-	-	-	-	-
Sb	-	-	0.003	0.01	-	-	-	-	-
Ba	0.043	-	0.048	0.02	-	-	-	-	-
Pb	0.0016	-	0.001	0.0016	-	-	-	-	-
Bi	0.0003	-	-	-	-	-	-	-	-
La	0.003	-	0.005	0.003	-	-	-	-	-
Yb	0.00028	-	0.00023	0.00022	-	-	-	-	-

1) Саровское городище в Нарымском Приобье (I в. до н.э. – IV в. н.э.); 2) Рафайловское и 3) Андреевское-VII городища (VII–V вв. до н.э.), Прииртышье; 4) поселение Дуванское-II (конца I тыс. до н.э. – начала I тыс. н.э.), Прииртышье [Зиняков, 1997; Водясов и др., 2017]; 5) святилище Усть-Полуй, Заполярье (III в. до н.э. – I в. н.э.) [Водясов, Гусев 2016].

### Литература

- Асочакова Е.М., Коноваленко С.И.* К геохимии оолитовых и болотных железных руд Томской области // Вестник Томского государственного университета. 2010. № 341. С. 222–225.
- Водясов Е.В., Гусев А.В., Асочакова Е.М.* Усть-Полуй: древнейшие свидетельства черной металлургии в Арктике // Сибирские исторические исследования. 2017. № 3. С. 113–132.

*Водясов Е.В., Гусев А.В.* Древнейшие свидетельства освоения человеком железа в Нижнем Приобье (по материалам раскопок Усть-Полуя в 2010–2012 гг.) // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2016. № 4 (35). С. 58–68.

*Гусев А.В.* Время Усть-Полуя // История Ямала: взгляд из музейных хранилищ. Екатеринбург: Уральский рабочий, 2008. Вып. 1. С. 5–14.

*Гусев А.В., Федорова Н.В.* Древнее святилище Усть-Полуй: конструкции, действия, артефакты. Итоги исследований планиграфии и стратиграфии памятника: 1935–2012 гг. Салехард, 2012. 59 с.

*Зиняков Н.М.* Черная металлургия и кузнечное ремесло Западной Сибири: Учеб. пособие для вузов по специальности «Археология». Кемерово: Кузбассвуиздат, 1997. 368 с.

*Crew P.* CaO enhancement in slags: the influence of fluxing or fuel ash? // Early Ironworking in Europe II conference. Plas Tan y Bwlch. 2007. P. 50–52.

*Pleiner R.* Iron in Archaeology: The European Bloomery Smelters. Archeologický ústav AVČR, 2000. 400 p.