

Литература

- Анкушев М. Н.* Руды Еленовского медно-турмалинового месторождения (Южный Урал) // Металлогения древних и современных океанов–2010. Миасс: ИМин УрО РАН. 2010. С. 317–318.
- Бельтикова Г.В.* Иткульский очаг металлургии // Уральский исторический вестник. Екатеринбург, 2002. № 8. С. 142–163.
- Григорьев С.А.* Металлургическое производство на Южном Урале в эпоху средней бронзы // Древняя история Южного Урала. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2000. С. 443–524.
- Зайков В.В., Юминов А.М., Анкушев М.Н., Носкевич В.В., Епимахов А.В.* Горно-металлургические центры бронзового века в Зауралье и Мугоджарах // Геоархеология. Этнография. Антропология. 2013. № 2. С. 174–195.
- Зайков В.В., Юминов А.М., Ткачев А.М.* Рудники, хромитсодержащие медные руды и шлаки Ишкининского археологического микрорайона (Южный Урал) // Археология, этнография и антропология Евразии. 2012, 2 (49). С. 37–46.
- Корякова Л.Н., Кузьминых С.В., Бельтикова Г.В.* Переход к использованию железа в Северной Евразии // Переход от эпохи бронзы к эпохе железа в Северной Евразии. Материалы Круглого стола. СПб., 2011. С. 10–16.
- Кузьмина Е.Е.* Археологическое обследование памятников Еленовского микрорайона андроновской культуры // Краткое сообщение Института археологии. 1962. Вып. 88. С. 84–92.
- Стирионов Э.М., Плетнев П.А.* Месторождение медистого золота Золотая Гора (о «золотородингитовой» формации) // М.: Изд-во Научный мир, 2002. 219 с.
- Юминов А.М., Зайков В.В., Коробков В.Ф., Ткачев В.В.* Добыча медных руд в бронзовом веке в Мугоджарах // Археология, этнография и антропология Евразии. № 3 (55). 2013. С. 87–96.

Ю.П. Шубин, Ю.М. Бровендер

*Донбасский государственный технический университет, г. Алчевск, Украина
info@dmmi.edu.ua*

Исследования вещественных свидетельств производственной деятельности в Картамышском археологическом микрорайоне (Донбасс)

В процессе проведения археологических исследований в пределах Картамышского археологического микрорайона Бахмутской котловины Донбасса нами изучались образцы горных пород, медных руд, шлаки, штейны, металлические слитки и изделия [Шубин, 2006]. Проведение экспериментальных плавок медных руд позволило получить шлаки, штейны и металлические слитки, состав которых был также исследован. Такой широкий охват вещественного материала позволил оценить результаты экспериментальных плавок, сопоставить продукты металлургического производства с их археологическими аналогами. Изучался минеральный состав руд, их структурно-текстурные особенности, содержания меди и примесных элементов в рудах, состав продуктов металлургического производства. Все это позволило нам проследить и обосновать цепочку от состава исходных руд к процессу получения рудного концентрата с учетом технологии металлургического процесса и особенностей металлообработки на основе установления зональности химического состава и структурных особенностей металла.

Сопоставление содержаний химических элементов в шлаке и штейне, обнаруженных на руднике Клиновом, позволили выделить группы элементов, которые переходят в силикатный шлак: Si, Al, K, Na, Zn, Rb и в штейн: Fe, Cu, Mo, Co, Pb, Ag, Cl, S (по результатам рентгеноспектрального анализа, спектрометр ARL 9900).

Пять экспериментальных плавок картамышских сульфидных руд показали, что в штейне накапливаются: Fe, Mn, Cr, Zr, V, Pb; в буром шлаке – Ca, Mn, Cu, P, Zr, Pb, Sr; в зеленом пористом шлаке – Si, Al, Mg, K, Na, S, Ti; в слитке меди – Cu, Pb, S, V, Rb, Cl, Ag и Ir.

В картамышских археологических штейнах концентрируются Fe, Ca, Mn, Cu, Mo, Co; в шлаках – Si, Al, K, Na, Ti.

Всего было исследовано таким образом 45 проб шлаков и штейнов из археологических находок и экспериментальной плавки, а также 1 проба меди экспериментальной плавки.

Близость тенденций перераспределения химических элементов в продуктах металлургического передела в археологических материалах разных месторождений меди с материалами экспериментальной плавки картамышских сульфидных руд свидетельствует об удачной реконструкции технологии металлургического производства.

Сопоставление содержаний примесных элементов в исходной руде и продуктах металлургического передела (археологические и экспериментальные материалы (5 плавок), результаты спектрального полуколичественного анализа) позволило сделать следующие выводы. В процессе экспериментальных плавок медных руд тенденцию к накоплению в легком пористом зеленом шлаке показали Cr, V, Ga, Zr, Nb, Co, Ni, Zn, Li и Ti, уменьшению – Mn, Bi, P и Mo. В бурых экспериментальных шлаках концентрируются Mn, Pb, P, Cr, Sn, Ni и Sb, уменьшаются содержания Ti, Y и Bi. В экспериментальных штейнах растет содержание Sn и Pb, уменьшается – Mn, Ti, Mo и Zr.

Перераспределения некоторых химических элементов в продуктах экспериментальной плавки 2007 г. показаны в таблице 1, при этом выполнено по одному рентгеноспектральному анализу исходной обожженной руды и каждого продукта металлургического передела (содержания иридия, осмия, платины и золота необходимо подтвердить другими методами). Основными химическими элементами исходной руды, шлаков и штейна являются петрогенные химические элементы, содержания которых здесь не приводятся. Относительно повышенное содержание меди в буром шлаке вероятно связано с повышенной вязкостью силикатной части расплава, что не позволило в полной мере осуществить отделение меди в слиток.

Рассмотрение характера распределения примесных химических элементов в археологических продуктах металлургического передела позволило отметить следующее: от легких зеленых шлаков в сторону тяжелых штейнов происходит увеличение содержаний Mn, Mo, Co и Y, уменьшение – Ti, Cr, Zr, V, As, Sb и Ga. В бурых археологических штейнах концентрируются Ti, Zr, V, и Li.

Сопоставление уровня содержаний примесных химических элементов между экспериментальными и археологическими продуктами металлургического передела позволило установить следующие закономерности: уровень содержаний марганца в первых в несколько раз превышает таковой во вторых, содержания же мышьяка в археологических продуктах плавления примерно на порядок выше (до 0.0n %), чем в таковых экспериментальной плавки. Последнее может быть вызвано повышенной мышьяковистостью исходных медных руд, что обусловлено мышьяковистыми соединениями (например, блеклой рудой).

Таблица 1

Перераспределение некоторых химических элементов по продуктам металлургического передела халькозиновых руд Картамышского рудопроявления по результатам экспериментальной плавки 2007 г.

Продукт металлургич. передела	Содержание, вес. %													
	Cu	S	Pb	Mn	P	Ti	Ag	As	Cl	Co	Ir	Os	Pt	Au
Обожженная медная руда	23.90	15.10	0.20	0.901	0.105	0.220	0.0005	0.002	-	0.001	0.012	0.008	0.010	0.001
Шлак зеленый пористый	1.51	0.27	0.001	0.211	0.169	0.780	0.0005	-	-	0.005				
Бурый шлак	9.38	0.124	3.590	1.090	0.213	0.530	-	0.002	-	0.002				
Штейн	6.50	0.013	3.010	0.630	0.077	0.410	0.002	-	-	0.005	0.006	0.001	0.001	
Переплавленный халькозин	77.50	16.60	1.850	0.025	0.007	0.030	0.022	0.005	0.005	0.001	0.015	0.018		0.004
Слиток меди	94.60	2.060	2.450	0.015	0.012	0.008	0.067	0.019	0.097	0.001	0.021	0.009		

Примечание. Результаты рентгеноспектрального анализа, спектрометр ARL 9900, аналитик Тарасов Н.В., анод радиевый.

В слитках черновой меди (данные рентгеноспектрального анализа) концентрируются Pb (иногда образует пленки толщиной в первые миллиметры в нижней части слитка), As, Sb, Sn, Ag, Yb и Sc и уменьшаются содержания P, Ti, Mn, Mo, Cr, V, Ni, Nb, Zn, Zr, Y, Ga, La, Bi, В халькозине экспериментальной плавки концентрируются Pb, Ag, Yb и Ga и уменьшаются содержания Ti, Mn, Mo, As, Cr, V, Ni, Nb, Zn, Zr, Y, Bi и Sc. Слитки черновой экспериментальной и археологической меди содержат тонкорасеянные корольки халькозина. Кроме того, в слитках штейна находятся капли, сложенные в верхней части халькозином, а в нижней – медью, играя роль гравитационного отвеса, по которому легко устанавливается первоначальное положение штейна во время плавки медных руд [Шубин, 2005].

Таким образом, металлургический передел руд Картамышского рудопроявления позволяет получить слитки меди, а продукты металлургического производства археологических находок и продукты экспериментальных плавков характеризуются невысокими содержаниями мышьяка, сурьмы и олова (до сотых долей процента) – основных бронзообразующих примесей эпохи бронзы. Содержание мышьяка – основной возможной бронзообразующей примеси, унаследованной из исходных медных руд, в слитке черновой меди составило 0.019 %, тогда, как, начиная с 0.15–0.45 % мышьяка в меди происходит увеличение прочности металла на разрыв, его твердости и текучести, т. е. начиная с этих содержаний и выше можно считать содержания мышьяка бронзообразующими, определяющими тип бронзы. Выплавка металла из руд Картамышского рудопроявления (по результатам экспериментальных плавков) не приводит к значительной концентрации мышьяка в меди, т. е. не позволяет получать мышьяковистую бронзу из медной руды без принудительного введения мышьяка в медь.

Нами была сделана подборка по химическому составу изделий из бронзы разного функционального назначения: наконечники стрел, топоры, долота, шила, кувалды, иглы, бусы, подвески и т. д. В результате этого был сделан вывод о том, что каждый тип изделия характеризуется своим спектром и концентрацией легирующих добавок. Как известно, последнее определяет прочностные свойства металла, а значит и функциональные характеристики изделий. Такая связь и взаимообусловленность как раз и может объяснить вариации

Таблица 2

**Средние содержания бронзообразующих примесей в предметах из бронзы
разного функционального назначения (данные Е.Н. Черных, спектральный анализ)**

Предмет	Количество предметов	Содержание, вес. %					
		Sn	As	Sb	Pb	Zn	Ni
Бусины	2	-	3.00	-	-	-	-
Подвеска 1	1	-	16.20	-	-	-	-
Подвеска 2	1	0.3	0.25	0.04	0.05	-	-
Шило 1	3	-	2.7	0.05	-	-	-
Шило 2	1	1.3	0.65	0.07	0.04	-	0.50
Игла	3	0.1	0.55	-	0.05	-	-
Топор	6	-	1.90	-	-	-	-
Серп	2	6.0	0.01	1.5	0.3	-	-
Тесло	2	3.5	0.57	0.01	0.05	-	-
Нож	3	2.0	0.08	0.04	-	0.03	-
Наконечник копья	1	2.5	0.20	0.15	-	-	-
Стрелы	3	4.0	1.0	0.06	-	-	0.05
Бритва	2	6.5	0.2	-	-	-	-
Кельт	4	8.3	1.37	0.10	0.06	-	-

ции состава и содержаний бронзообразующих примесей. Содержания мышьяка в разных изделиях разные, что также свидетельствует об изготовлении специальных марок (сортов) бронзы. Так, ножи, серпы, и топоры изготовлены из существенно мышьяковистых бронз (первые проценты мышьяка), очевидно, для придания требуемой повышенной твердости изделиям. Олово, безусловно, вводилось в сплав искусственно, что подтверждается практически полным его отсутствием в исходных рудах, так как медь и олово концентрируются в различных геохимических условиях [Кисляков, Щеточкин, 2000]. В ножах содержания олова достигают 25 %, в кинжалах и топорах – до 10 %, серпах – до 20 %, наконечниках копий – до 20 %, стрел – до 7.5 %, шил – до 7 %, иглах – до 5 %. Действительно, твердость оловянистых бронз существенно возрастает при содержании олова более 5 %, но менее 25 %, при большем содержании – резко уменьшается [Справочник..., 1976]. Средние повышенные содержания (от 0.01 % и выше) бронзообразующих примесей в предметах разного функционального назначения приведены в таблице 2.

Литература

Кисляков Я.М., Щеточкин В.Н. Гидрогенное рудообразование. М: ЗАО «Геоинформ-марк», 2000. 608 с.

Справочник металлста. Т. 2 / Под ред. *А.Г. Рахитада и В.А. Брострема*. М.: Машиностроение, 1976. 720 с.

Шубин Ю.П. Задачи и методы археометаллургических исследований эпохи бронзы / Проблемы гірничої археології (Матеріали III-го Картамиського польового археологічного семінару) Алчевськ, 2006 р. С.41–42.

Шубин Ю.П. Предварительные результаты изучения археологических шлаков медеплавильного производства Бахмутской котловины Донбасса // Исторические и футурологические аспекты развития горного дела: Сборник научных трудов Алчевск: ИПЦ «Ладос», 2005. С. 176–178.