

К вопросу об использовании блеклых руд для выплавки металла в эпоху бронзы

Нынешний этап геоархеологических исследований объектов горно-металлургического производства эпохи бронзы на территории СНГ характеризуется выполнением широкого комплекса исследований, начиная от установления источника минерального сырья, реконструкции технологических этапов добычи, обогащения, металлургического передела и металлообработки. Последнее позволяет воссоздать целостную картину древнего горно-металлургического производства в пределах изучаемых объектов и смежных территорий. Наряду с этим в Западной Европе в результате более длительных, систематических и глубоких исследований местных объектов древнего горно-металлургического производства эпохи бронзы накоплен мощный пласт исходных геоархеологических данных и результатов исследований, требующих обобщения и сравнительного анализа с аналогичными объектами СНГ с последующим установлением особенностей и закономерностей такового на Евразийских пространствах [Григорьев, 2018]. При этом обмен опытом применения методов геоархеологических исследований на конкретных объектах этих пространств позволит оценить эффективность их применения вообще на объектах подобного рода и откорректировать методики геоархеологических исследований в целом.

Одной из особенностей получения мышьяковисто-сурьмянистой бронзы в Западной Европе является предположение о масштабном использовании блеклых руд для получения бронзы [Григорьев, 2018]. Для обоснования последнего приводятся формально-логические предпосылки, заключающиеся в исходном химическом составе блеклых руд, содержащих, наряду с медью, свинец, мышьяк, сурьму и другие химические элементы. Кроме того, блеклые руды плавятся при сравнительно низких температурах. По устному сообщению, С.А. Григорьева убедительных доказательств по применению блеклых руд древними людьми в Западной Европе в качестве самостоятельного источника сырья для получения мышьяковисто-сурьмянистой бронзы (по меди, мышьяку и сурьме) не существует. Прежде всего не обнаружены фрагменты древних меднорудных концентратов, содержащих блекловорудную минерализацию, а также не установлены реликтовые включения минералов блеклых руд в продуктах древнего металлургического передела.

На территории Европы блеклые руды встречаются в Германии [Юбельт, 1978] на свинцово-цинково-серебряных месторождениях: Фрейберг, Мариенберг, Аннаберг, Садисдорф, Нидерпёпель, Шарфеибург (Рудные горы), возле Хоэнштейн-Эрнсталь (саксонские Гранулитовые горы), в рудных жилах Среднего Гарца в Нейдорфе (возле Харцгероде), между Швандой и Вольфсдергом, в Камсдорфе (Тюрингия), в Санкт-Андреасберге, Роммельсберге, Клаустале (Гарц), Шватц (Тироль), в Чехии, Швейцарии, Австрии, Румынии (Капник), Швеции (Фалун), Испании (Рио-Тинто), Франции, Венгрии, северной части Греции, Болгарии, в юго-западной части Ирландии и Великобритании.

Тетраэдрит значительно более распространён, чем теннантит, но чаще встречаются смешанные мышьяково-сурьмянистые блеклые руды – промежуточные члены изоморфного ряда теннантит-тетраэдрит. Химический состав минерала отражает геохимический тип месторождения. Так, в России тетраэдрит встречается на месторождениях вольфрама, золота, сурьмы и ртути, теннантит – на колчеданных месторождениях, блеклые руды с серебром развиты в свинцово-цинковых месторождениях, с цинком – на медно-цинковых месторож-

дениях. Чаще всего блеклые руды встречаются в среднетемпературных медных и свинцово-цинковых месторождениях в парагенезисе с халькопиритом, галенитом и сфалеритом. На золоторудных месторождениях блеклые руды находятся в ассоциации с халькопиритом и пиритом, на Урале (Берёзовское) – с айкинитом и бурнонитом. Реже блеклые руды встречаются на месторождениях олова и вольфрама в парагенезисе с арсенопиритом, вольфрамитом, касситеритом, станнином, пиррогином и сфалеритом. На сурьмяно-ртутных месторождениях они ассоциируют с киноварью, антимонитом, реальгаром и буланжеритом. На колчеданных месторождениях блеклые руды – второстепенный минерал, ассоциируют с халькопиритом. Обычно блеклые руды встречаются в виде плотных мелкозернистых агрегатов либо вкрапленных зёрен [Горная энциклопедия, 1991]. В целом, минералами-спутниками блеклых руд являются халькопирит, касситерит, станнин, аурипигмент и реальгар. Блеклые руды встречены также на Кавказе, Алтае (Зыряновское) и Казахстане. На территории Великобритании блеклые руды отмечены на месторождениях олова – Саут-Крофт, Маунт-Уэллингтон, Дживор, меди – Корнуолл (с оловом) [Зайков, 2017], Девон, полиметаллических гидротермальных месторождениях – Камберленд, Дербишир, Корнуолл. В Нагольном кряже Донбасса тетраэдрит встречен в Есауловском полиметаллическом месторождении, а теннантит – в Нагольно-Тарасовском серебряно-полиметаллическом месторождении.

При выветривании блеклых руд образуются куприт, малахит, азурит и лимонит. Благодаря этому в зоне окисления сульфидных руд минералы меди хорошо визуализируются по характерной цветовой гамме минералов меди зоны гипергенеза.

В целом, блеклые руды при широкой географии распространения не образуют массовых скоплений, на сульфидных месторождениях встречаются в небольших количествах. Как самостоятельный источник медных руд не разрабатывается, образует медные руды при совместном нахождении с другими минералами меди. Основное значение блеклых руд заключается в том, что они содержат значительные количества серебра и золота. Содержание меди в блеклых рудах составляет 30–53 % (в теннантите – до 48 %), мышьяка и сурьмы – до 20 и 29 %, соответственно [Справочник, 1960; Годовиков 1983].

Преобладание тетраэдрита среди блеклых руд статистически предполагает получение сурьмянистой бронзы, что анализами состава древнего металла не подтверждается. Если предположить использование медноколчеданных руд, содержащих преимущественно теннантит в виде тонкорассеянной вкрапленности, то в этом случае не представляется вероятным получение в древности селективного меднорудного концентрата, состоящего из легкоплавких блеклых руд. В таком случае необходимая плавка смешанных руд, содержащих прежде всего тугоплавкий высокотемпературный халькопирит, исключающий возможность концентрации мышьяка и сурьмы в конечной бронзе, видится нереальной в силу увеличения необходимой температуры плавки такой руды выше 1300 °С – верхнего предела мышьякового легирования [Григорьев, 2017].

Как известно, вблизи Нагольно-Тарасовского серебряно-полиметаллического месторождения в курганных комплексах катакомбной культурно-исторической общности были обнаружены бусы, изготовленные по древней технологии «серебрения» [Григорьев, 2017] из высокомышьяковистой бронзы (по сообщению Е.И. Гака, до 16 % As). Прямая плавка бронзы из легкоплавкого теннантитового меднорудного концентрата могла обеспечить получение высокомышьяковистой схожей с серебром бронзы. Кроме того, повышенная номенклатура и металлоёмкость серебряных изделий при одновременно повышенном содержании серебра в рудах (до 7 кг/т) обеспечивали также получение серебряного слитка [Шубин, Бровендер, 2014]. Таким образом, такой рудный концентрат позволял получать одновременно два стратифицированных в плавильной чаше продукта: первый – медный с мышьяком, второй – свинцовый с серебром. Наши экспериментальные плавки медных руд

халькозинового состава с примесью галенита подтвердили чёткую стратификацию меди и свинца в слитке [Бровендер, Шубин, 2014]. Предположение, поясняющее отсутствие шлаков от плавки блеклых руд, заключающееся в необходимости дробления выплавленной массы вследствие плохого отделения металла от шлака в слиток [Григорьев, 2018] вызывает сомнение. Так, к примеру, наши экспериментальные плавки халькозиновых руд не сразу позволили получить хорошо стратифицированный металлургический продукт с чётко оформленным слитком меди, что в данном случае отражает уровень квалификации металлургов-экспериментаторов, а не реальную ситуацию с плавкой руд меди в древности.

Конечно, не исключены и другие варианты получения высокомышьяковистой бронзы для украшений, поскольку известна связь между функциональным назначением изделия и составом бронзы, обеспечивающим необходимое качество металла, то есть сознательным введением необходимого количества мышьяковистых минералов в рудный концентрат.

Безусловно, древние горняки-металлурги знали связь между запахом мышьяковистых газов, выделяющихся из плавящихся минералов и качеством получаемого металла, поэтому мышьяковистые блеклые руды могли использоваться как легирующая добавка при получении бронзы, с чем согласуются наблюдения некоторых исследователей [Зайков, 2017]. К тому же мышьяковистые блеклые руды характерны для определённого генетического типа руд, то есть определённой минеральной ассоциации определённых рудоносных объектов.

Таким образом, блеклые руды в древности – комплексное сырьё, являющееся источником прежде всего меди, мышьяка, сурьмы и серебра. Для прямого массового получения бронзы из блеклых руд в древности не было геологических предпосылок – второстепенное значение блеклорудной минерализации и её рассеянный характер, а также отсутствие в большинстве случаев крупнозернистых и крупнокристаллических выделений. При явно более высокой распространённости сурьмянистой тетраэдритовой разновидности блеклых руд при массовой плавке последних проявилась бы более существенная роль примеси сурьмы в древней бронзе.

Исходя из вышесказанного следует, что самостоятельного значения для массового получения бронзы в древности (по меди) блеклые руды вряд ли могли иметь. Широкая география распространения блеклых руд и тонковкрапленный характер блеклорудной минерализации предопределили особенности химического состава получаемого металла, при этом в большинстве случаев блеклые руды могут рассматриваться как составная медьсодержащая часть исходных медных руд, используемых в древности. Труднополучаемые малообъёмные концентраты блеклых руд могли использоваться для получения неметаллоёмких высокомышьяковистых украшений и как легирующая присадка при изготовлении необходимых сортов бронзы в процессе роста объёмов её производства. При учёте летучести мышьяка и отмеченной ранее неоднородности примесного состава слитка меди черновой плавки, полученного по старым технологиям [Бровендер, Шубин, 2014], это предопределило размытость характера связи химического состава палеометалла и геохимической специализации потенциально используемых в древности меднорудных объектов [Krause, 2003].

Литература

- Бровендер Ю.М., Шубин Ю.П.* К вопросу об элементах-примесях в древнем металле // Геоархеология и археологическая минералогия-2014. Миасс: ИМин УрО РАН, 2014. С. 122–125.
- Годовиков А.А.* Минералогия. М.: Недра, 1983. 647 с.
- Горная энциклопедия / Гл. ред. Е.А. Козловский. Ред. кол.: *М.И. Агошков, Л.К. Антоненко, К.К. Арбиев и др.* М., Сов. энциклопедия. Т. 5. 1991. 541 с.

Григорьев С.А. Динамика изменения используемой руды и лигатур в металлургии эпохи бронзы Европы / С.А. Григорьев // Геоархеология и археологическая минералогия-2018. Миасс: ИМин УрО РАН, 2018. С. 93–103.

Григорьев С.А. Технологии плавки руды и причины смены типов легирования в древней металлургии Евразии / С.А. Григорьев // Геоархеология и археологическая минералогия-2017. Миасс: ИМин УрО РАН, 2017. С. 150–154.

Зайков В.В. Геоархеология бронзы (обзор) // Геоархеология и археологическая минералогия-2017. Миасс: ИМин УрО РАН, 2017. С. 5–16.

Минералы: Справочник / Под. ред. Ф.В. Чухрова. М.: АНССР, 1960. Т. 1. 616 с.

Шубин Ю.П., Бровендер Ю.М. Некоторые аспекты геоархеологических исследований в Донбассе // Геоархеология и археологическая минералогия-2014. Миасс: ИМин УрО РАН, 2014. С. 161–163.

Юбельт Р. Определитель минералов. М.: Мир, 1978. 161 с.

Krause R. Studien zur kupfer- und frühbronzezeitlichen Metallurgie zwischen Karpatenbecken und Ostsee. Rahden/Westf.: Marie Leidorf Verlag, 2003. 338 s.

С.В. Снопков^{1,2}, А.В. Харинский³

¹ ГАУ ДО Иркутской области

«Центр развития дополнительного образования детей», г. Иркутск

² ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный университет», г. Иркутск

snopkov_serg@mail.ru

³ ФГУ ВО Иркутский национальный

исследовательский технический университет, г. Иркутск

Приольхонский горно-металлургический район

Освоение технологий получения и обработки металлов древним человеком стало важнейшим фактором развития общества. Зарождение местного железнорудного производства и широкого распространения орудий из железа маркирует переход к новому этапу в развитии человечества – железному веку. Безусловно, для распространения черной металлургии на определенной территории требовался ряд благоприятных факторов, таких как наличие растительности для получения древесного угля, доступной железной руды и технологии его переработки. Там, где эти условия выполнялись, возникали локальные горно-металлургические центры, оказывающие большое влияние на хозяйственный уклад племен.

Одним из таких центров является Приольхонье – почти 200-ти километровый участок западного побережья оз. Байкал (включая самый крупный на Байкале остров – Ольхон). В географическом отношении, это узкая полоса побережья Байкала, отделенная от Сибирской платформы Приморским хребтом. Приморский хребет (с высотами до 1700 м) препятствует движению влажных воздушных масс в восточном направлении, и поэтому для Приольхонья характерен сухой климат, развитие степных и лесостепных ландшафтов (Тажеранские степи). На острове Ольхон встречаются песчаные участки, близкие к полупустыне [Географическая, 2017].

Следы железнорудного производства в Приольхонье были впервые обнаружены П.П. Хороших в 1921–1923 гг. в районе д. Харанцы (остров Ольхон). [Хороших, 1924] Позднее (50–60-е гг. XX в.) в том же районе были сделаны многочисленные находки шлаков и фрагментов железнорудных печей В.В. Свиным и Н.М. Ревякиным. [Горюнова, 1995] В «Материалах к своду памятников истории и культуры Иркутской области» указано 14 пунктов в различных частях Приольхонья, где были обнаружены металлургиче-