

**К вопросу о реконструкции древнего медеплавильного
производства и интерпретации археометаллургических артефактов
(на примере Картамышского археологического комплекса Донбасса)**

При изучении древнего медеплавильного производства приходится параллельно изучать вещественный состав перерабатываемого сырья в цепочке руда – шлак, штейн, слиток – металлическое изделие по археологическим материалам и одновременно по материалам экспериментальных плавок. В этой цепи металлопроизводства можно выделить два этапа – металлургия и металлообработка. Соответственно исследования исходного рудного вещества и продуктов металлургического передела (шлаки, штейны, металлические слитки) и выявленные закономерности связи между ними позволяют решать вопрос увязки металла и шлаков с сырьевой базой, а также выполнять реконструкцию металлургического передела. Археологические исследования древних памятников металлопроизводства требовали специальных знаний в области металлургии и металлообработки, то есть, достаточно чётко представлять сам процесс, чтобы правильно классифицировать археологические находки и верно выполнять реконструкции древнего металлопроизводства, последнее невозможно без проведения экспериментальных работ. Существенный прорыв в этих исследованиях был достигнут в связи с привлечением геологов-вещественников, которые в состоянии квалифицированно подходить для решения поставленных задач. Именно результативность и успешность последних позволили развить междисциплинарные исследования в области геоархеологии и археологической минералогии, научиться корректно применять лабораторные методы изучения вещества с учётом чётких представлений о чувствительности и возможностях решаемых задач каждого из них. Удручающее впечатление оставляют публикации, в которых не прослеживается отмеченная связь, что приводило к генерации некорректных выводов частного и более общего исторического характера. Безусловная эффективность применения геологических методов для реконструкции горно-металлургической деятельности прошлого требует включения последних в обязательный комплекс методов, необходимых для применения при проведении исследований на объектах подобного рода. Последнее, безусловно, требует обязательного привлечения специалистов в области геологии, которые должны подобрать оптимальный набор методов исследований в каждом конкретном случае, исходя из характера доступного для исследования археологического материала – свидетельств производственной деятельности. Умозрительные заключения по отношению к процессу металлургического передела и металлообработки требуют обязательного дублирования их экспериментальными реконструкциями процессов и параллельного изучения сырья, промежуточных и конечных продуктов переработки и обработки по археологическим и экспериментальным данным. Безусловно, детальному исследованию подлежат продукты удачных экспериментальных плавок, главным критерием которых является наличие хорошо сформированного слитка черновой меди в донной части плавильной чаши. Перед проведением экспериментальных плавок, безусловно, необходимо изучить вещественные свидетельства древнего медеплавильного производства [Григорьев, 2013]. В частности, изучение таковых Картамышского археологического комплекса позволили установить фрагменты шлаков и штейнов уплощённой формы, повторяющие форму стенок сосудов, в которых они формировались. Это позволило сделать вывод о хорошей дифференциации продуктов металлургического производства в сосуде –

плавильной чаше, свидетельствующие о достижении жидкотекучего состояния металлургического расплава, а также о высоком извлечении меди в слиток [Бровендер, 2010]. Изучение фазового состава минеральных и расплавных включений в них позволили установить главенствующую роль сульфидов меди в составе исходного минерального сырья. Установленные закономерности формирования вещественного состава промежуточных и конечных продуктов переработки и обработки позволяют установить технологию древнего металлургического производства, выполнить увязку его продуктов к сырьевой базе, а также создать корректную методику отбора и исследования проб изучаемого материала и правильной интерпретации полученных данных. Ярким примером последнего является установленная нами стратификация элементов-примесей внутри слитка меди экспериментальной плавки, где колебания содержания отдельных примесных химических элементов достигало трёх порядков [Шубин, 2014]. Отсюда возникает вопрос о методике отбора проб металла из металлических слитков и готовых изделий, а также о корректности выделенных на основе ранее проведенных исследований химического состава металлических изделий типов бронз. Причём представляется, что и разные порции расплавленного металла, разлитого в литейные формы из одной ёмкости будут иметь различный примесный состав. Тем более такая закономерность очевидна, если речь идёт о металле черновой плавки, насыщенном включениями иных фаз. Микроскопические исследования металла древних изделий, выполненные нами, свидетельствуют о насыщенности его включениями инородных фаз, которые очевидно стратифицируются в расплаве, слитках и готовых изделиях. Последующая миграция металла в виде слитков и готовых изделий, повторная переплавка металлического лома для изготовления новых изделий существенно осложняют классификацию бронз по примесному составу и их привязку к сырьевой базе. Последнее вынудило исследователей для увязки древних шлаков, металлических слитков и изделий изучать сохранившиеся реликтовые включения фрагментов руд, отдельных термостойчивых минералов и по выявленным особенностям строения, минерального состава руд, известным типоморфным особенностям отдельных минералов меднорудных месторождений и рудопроявлений прилегающих территорий, осуществлять привязку обнаруженных вещественных свидетельств древнего металлургического производства к сырьевой базе.

Экспериментальные плавки халькозиновых руд, изучение химического состава вещества на всех этапах металлургического передела, а также параллельное исследование археологических свидетельств древнего медеплавильного производства Картамышского микрорайона Донбасса показало, что содержание меди в меднорудном концентрате могло достигать 50–60 %. В случае неудачной плавки такого концентрата полученный материал нуждался в повторной переплавке, поскольку представлял определённую ценность, что, в свою очередь, требовало дробления для отделения от безрудной силикатной матрицы зависших в ней капель меди и сульфидов меди. В результате этого происходило рассеяние медеплавильных шлаков, что затрудняет по массе обнаруженного металлургического шлака оценивать масштабы медеплавильного производства, тем более высокое содержание меди в рудном концентрате предполагает сравнительно невысокий выход шлака. Интерпретация химического состава выплавленного металла должна учитывать возможность введения легирующих добавок на стадии плавки руды и переплавки металла, а также возможность использования комплексных, природно-легированных руд, требующих более низких температур металлургического передела.

Признаком удачно проведённой плавки медной руды является хорошо выраженная стратификация вещества в системе шлак-штейн-металл с хорошо выраженными границами раздела. Штейн наиболее насыщен магнетитом, хромитом и оливином в результате плавки халькозиновых руд из медистых песчаников. Последнее обстоятельство требует тщательного

подхода к увязке такого вещества к сырьевой базе, характерный спектр отмеченных минералов может ложно связать меднорудную сырьевую базу с горными породами повышенной основности. При этом необходимо отличать минералы-новообразования от реликтовых минералов.

Отмеченные нами включения олова в древних медеплавильных шлаках и шлаках экспериментальной плавки размером до 2 мкм при общем низком содержании этого металла в шлаках свидетельствуют о сопоставимости состава медных руд и применяемого процесса металлургического передела, продуктом которого была черновая медь [Бровендер, 2009]. В целом, легирование оловом представляется определённым технологическим скачком в производстве бронзы, поскольку помимо тех преимуществ, которые имеет оловянистая бронза по сравнению с мышьяковистой, сам процесс легирования исключал проблемы летучести, характерные для мышьяка, что существенно упрощало древним горнякам-металлургам управлять качеством получаемой бронзы, создавать бронзу определённого качества, согласно требованиям, предъявляемым к изготавливаемым из них изделиям. Легирование мышьяком создавало естественные ограничения, неблагоприятные условия для нормальной выплавки металла, вызванные повышенной летучестью мышьяка – ограничения в продолжительности металлургического передела, что приводило к плохой очистке металла от вредных примесей (в случае введения мышьяка на этапе плавки медной руды), сложности управления процессом введения в медь мышьяка, а также к ограничениям по последующим необходимым термическим воздействиям на этапе металлообработки. В составе древних медеплавильных шлаков Картамышского комплекса, Медной Руды, Клинового, отмечено в большинстве случаев отсутствие минералов-индикаторов высокоокислительной обстановки образования, наоборот, в большинстве случаев вокруг выплавленных капель меди отмечена кайма халькозина, в штейнах обильно присутствует магнетит.

Серии выполненных нами экспериментальных плавок халькозиновых руд Картамышского рудопоявления формации медистых песчаников без искусственного введения легирующих добавок, позволили получить шлаки, штейны и металл существенно не отличающиеся по содержанию бронзообразующих примесей от древних медеплавильных шлаков, штейнов и металла. Последнее указывает на то, что легирующие бронзообразующие добавки вводились при плавке металла, а не при плавке меднорудного концентрата. В связи с этим логичным видится совершенно чёткая связь, отмеченная нами ранее между ассортиментом и содержанием бронзообразующих примесей в изделиях из бронзы в зависимости от их функционального назначения в ряду украшения – орудие – оружие [Шубин, 2015].

Точечная плавка медных руд, которая обеспечивалась путём подачи воздуха в печь через сопла, а также возможность получения ценного меднорудного концентрата (содержание меди до 50 %) требовали и позволяли осуществлять плавку в небольшом объёме меднорудного сырья с использованием плавильных чаш, обеспечивающих равномерный нагрев и устойчивое плавление вещества с последующей его гравитационной дифференциацией и образованием слитков черновой меди весом 50–150 г при исходной навеске рудного концентрата в 300 г (при содержании меди в рудном концентрате от 20 %) [Бровендер, 2010]. В случае плавки халькозиновых руд тяжёлый сульфидный расплав оседал в донной части плавильной чаши, что ограничивало доступ к нему кислорода, подаваемого через сопла сверху путём дутья воздуха. С таких позиций предшествующий окислительный обжиг с предварительным мелким помолом сульфидных руд представляется обязательным. Последнее видится верным, поскольку даже предварительный окислительный обжиг измельчённого меднорудного концентрата (шихты) не позволяет удалить всю серу из сульфида, что приводит к накоплению переплавленного остаточного халькозина в нижней части дифференцированного продукта металлургического передела сразу над слитком черновой меди.

Полученные результаты исследований древнего медеплавильного производства важны не только для его реконструкции, но и для корректной интерпретации вещественных свидетельств древнего металлопроизводства, разработки методических подходов, применяемых для реконструкции производственной деятельности на подобного рода объектах прошлого.

Литература

Бровендер Ю.М. К вопросу о закономерностях перераспределения химических элементов в процессе металлургического передела медных руд в эпоху бронзы / Бровендер Ю.М., Шубин Ю.П. // Проблеми гірничої археології (Матеріали VII-го міжнародного Картамиського польового археологічного семінару) Алчевськ, 2009. С.90–96.

Бровендер Ю.М., Шубин Ю.П. // Археология восточноевропейской лесостепи. Вып. 23: Отечественная археология XX века. Воронеж: ВГУ, 2010. С. 130–137.

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

Шубин Ю.П. К вопросу об элементах-примесях в древнем металле (по данным экспериментальных исследований) // Геоархеология и археологическая минералогия-2014. Миасс: ИМин УрОРАН, 2014. С. 122–125.

Шубин Ю.П. Особенности химического состава палеометалла Днепро-Донского региона // Геоархеология и археологическая минералогия-2015. Миасс: ИМин УрО РАН, 2015. С. 158–161.

Р.К. Хайратдинов

Пластовский краеведческий музей, г. Пласт, туртм@mail.ru

Древняя технологическая площадка в окрестностях г. Пласт (Челябинская область)

Исторический объект «круговое углубление» находится в известняках на территории Пластовского района Челябинской области на левом берегу р. Каменка, в 12 км юго-западнее г. Пласт (рис. 1, 2). Координаты 54 14 15N, 60 43 14E. Углубление было описано и измерено автором в 1993 г. Целью данной статьи является обобщение имеющегося материала по «круговому углублению».

В научной литературе объект впервые был описан в книге «Структурная документация золоторудных месторождений» [Смолин, 1975]. Автор, имеющий опыт в горнорудном деле, предположил, что «круговое углубление» было сделано в древности для измельчения золотоносной руды. Отсутствие более ранних описаний этого искусственного углубления (в частности, в книге Н. Высоцкого в 1900 г., в которой было уделено много внимания различным технологиям измельчения руды, о «круге» не сказано ни слова), объясняется тем, что «круг» в то время был прикрыт почвенно-растительным слоем, вскрытым позднее старателями. Установлено, что в ходе отработки россыпей по р. Каменке старательскими работами неоднократно (не менее трёх раз) данный объект вскрывался и снова засыпался перемытыми песками. По непроверенным данным, на этой площадке имелись ещё как минимум два подобных углубления, которые на данный момент скрыты песками. Именно погребённость объекта способствовала его сохранности.