

## ЧАСТЬ 3. ХАРАКТЕРИСТИКА ДРЕВНИХ РУДНИКОВ, РУД И МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

*С.А. Григорьев*

*ЮУФ ИИиА УрО РАН, г. Челябинск, stgrig@mail.ru*

### Динамика изменения типов используемой руды и лигатур в металлургии эпохи бронзы Европы

#### Введение

В археологии давно известны закономерности развития металлургических технологий. Общая тенденция этого развития выглядит следующим образом [Strahm, Hauptmann, 2009]:

- 1) сбор с поверхности и обработка ковкой, а позже литьем самородной меди;
- 2) плавка окисленных медных руд;
- 3) плавка сульфидных руд (причем в рамках этой стадии первоначально плавил вторичные сульфиды и их смесь с окисленными минералами, а потом происходит переход на плавку первичных медно-железных сульфидов);
- 4) плавка железной руды.

Существует отчетливое понимание того, что этот ряд связан с двумя факторами [Tylecote, 1976]:

1) Последовательность залегания минералов меди на месторождениях, где окисленные руды лежат сверху, ниже идет зона вторичного сульфидного обогащения, а под ней основной массив первичных медно-железных сульфидных руд. Существует множество отклонений от этого правила, но в данном случае мы обсуждаем основные тенденции.

2) Развитие технологии. Так совпало, что строго в соответствии с этой геологической последовательностью при обработке нижележащих минералов требуются все более высокие температуры и новые приемы в подготовке руды, развитии горного дела и т.д.

При этом существует безусловное понимание того, что все это связано разными каналами с социальными процессами, так как совпадает с ростом потребления металла обществом. Особенность здесь такова, что при плавке большинства окисленных руд довольно трудно отделять шлак от металла. В результате образуются спекшиеся конгломераты с множеством включений восстановленной меди, которые было необходимо извлекать механически, и достаточно скрупулезно, а потом вновь переплавлять. Все это лимитировало объемы плавок этих руд [Strahm, Hauptmann, 2009]. Кроме того, окисленная зона беднее сульфидной, и объем руды в ней заметно меньше.

Существует иной процесс – развитие технологий легирования – от чистой меди к использованию мышьяковой меди и далее к оловянной бронзе. Это достаточно универсальная картина, которая зачастую рассматривается как независимый процесс технологического развития.

И существует безусловная социально-экономическая составляющая всей этой системы. Это роль металла в обществе, его место в формировании социальной иерархии, в создании сети обменов и т.д. Важным фактором здесь также является геология, а именно, неравномерное распределение месторождений различных полезных ископаемых.

## **Руда, сплавы и социально-экономические процессы**

Собственно, все вместе это составляет довольно сложную систему, хотя основные ее черты понимаются всеми достаточно хорошо. На прошлой Школе мы обсуждали связь рудной базы и типа легирования [Григорьев, 2017]. Общая закономерность здесь такова: на первых этапах, при использовании самородной меди или относительно свободных от рудовмещающей породы карбонатов меди, доминировала чистая медь. Затем, с началом использования менее чистых руд, в плавку стали попадать и некоторые иные минералы. Во многих районах мира медная минерализация сопровождается мышьяковой минерализацией, и в случае попадания таких минералов в плавку удавалось получить мышьяковую медь, которая после кузнечной обработки обладает более высокой твердостью, чем чистая медь. Правда, это требовало несколько иных технологий литейных и кузнечных операций.

Следующий переход к оловянным сплавам менее понятен, т.к. олово при невысоких концентрациях имеет незначительные преимущества перед мышьяком [Kienlin, 2008], которые с лихвой ликвидируются его относительной редкостью. Но на материалах Северной Евразии достаточно отчетливо видна зависимость между использованием легкоплавких руд и мышьяком, и применением тугоплавких руд и оловом [Grigoriev, 2017]. Это объясняется тем, что мышьяк при высокотемпературной плавке в окислительных условиях формирует оксид, который улетучивается из металла. Существует еще одна зависимость – между ростом металлопотребления и типом руды. Если говорить более огрубленно, то тугоплавкие руды, такие как медно-железные сульфиды или руды в кварцевых породах, относительно шире распространены. То есть, этот переход на использование новых типов руд был стимулирован социально-экономическими запросами, и он же вызывал изменение типов легирования. С этим были связаны также изменения технологий металлообработки и, в конечном счете, морфология металлических изделий. Но появившись, оловянное легирование способствует формированию широкой сети коммуникаций и обмена, т.к. необходимо было обеспечить его транспортировку на значительные расстояния, и всем участвовавшим в этом процессе агентам было необходимо обеспечивать производство каких-то продуктов для обмена на металл.

Все вместе это формирует очень сложный комплекс различных связей, которые определяли своеобразие металлургического производства в разных регионах. И поскольку в основе этой системы лежит геология месторождений и химические процессы, то следует ожидать, что вся эта картина достаточно универсальна, и должна себя проявлять повсеместно. В принципе, так и есть, и в большинстве районов мы видим эту последовательность использования чистой меди, мышьяковой и оловянной бронзы. И темой этого обсуждения является то, каким образом эта система работала в европейском пространстве.

### **Европейская периодизация эпохи раннего металла**

Необходимо сказать несколько слов о периодизации эпохи раннего металла в Европе. Существует определенное терминологическое разнообразие в употреблении названия для первой эпохи – неолита. Если в юго-восточной Европе это название было принято всегда, то в остальной части Европы период культур с ранним металлом обозначался термином «поздний неолит», а впоследствии в обиход вошел термин «медный век». При этом в ряде публикаций, не посвященных собственно металлургической тематике, эти культуры могут и сегодня фигурировать как неолитические, но мы будем придерживаться единого термина «неолит».

Существует серия периодизационных систем, которые сильно различаются и направлены на выявление региональной специфики, но основной является периодизация П. Райнеке для Южной Германии, актуальная для большей части Центральной Европы, и к которой, как правило, привязывают прочие региональные схемы. Эта периодизация делит бронзовый век на три периода: РБВ (Bz A), СБВ (Bz B, C) и ПБВ (Bz D, и Na A, B). Наиболее интересный для нас РБВ делится на две части А1 и А2. При сопоставлении этой шкалы с евразийской следует иметь в виду, что под РБВ понимается период 2200–1500 гг., соответствующий в Евразии СБВ II и началу ПБВ; СБВ, в целом, соответствует срубно-алакульскому периоду, а ПБВ – периоду финальной бронзы.

В настоящее время для Европы и ряда иных регионов создана, так называемая, Штутгартская база данных по древнему металлу, включающая в себя 35491 анализ [Krause, 2003]. Если оставить в ней только европейские даты энеолита и бронзового века, это составит 29707 (поздняя часть этого времени на некоторых территориях рассматривается как ранний железный век). Это достаточно большой объем информации, позволяющий делать статистически достоверные выводы.

В первую очередь, обращает на себя внимание рост потребления металла. Оценить этот рост достоверно сложно. Например, в этой базе данных присутствует 4104 анализа энеолитического времени и 20262 – времени РБВ, т.е. наблюдается рост почти в 5 раз. Но надо отметить, что, в первую очередь, анализировался древний металл. Для энеолита доля проанализированного металла составляет 90 %, а для РБВ – 70–80 % [Krause, 2003]. Кроме того, увеличивается размер изделий, следовательно, реальный рост был в 10–15 раз. Необходимо также учитывать, что период энеолита длился более 2 тыс. лет, а РБВ – не более 700 лет, что увеличивает этот прирост в металлопотреблении еще в 2 раза. И в еще большей степени все это касается всех последующих периодов. В частности, о резком росте потребления металла на рубеже 3–2 тыс. до н.э. сообщается в работе М. Примаса [Primas, 1997].

Существуют проблемы и с оценкой типов сплавов. Для сплавов с оловом взят конвенциональный порог 1 %. В качестве порога мышьяковых и сурьмяных сплавов здесь принят рассчитанный для синташтинской культуры 0.3 % [Григорьев, 2013]. Но необходимо иметь в виду условность этого порога. Медно-мышьяковые сплавы могли получать различным путем – легированием мышьяковых минералов, плавкой блеклых руд, например, смеси этих руд с обычными рудами (не обязательно намеренной). Кроме того, мышьяк испаряется при повторных переплавках и при плавке руды. Поэтому этот порог условный и не универсальный для каждой ситуации. Он выбран лишь для первичной оценки. Условность присутствует и при хронологической группировке, т.к. объединение всех европейских материалов в какой-то один горизонт отражает разные исторические процессы. Например, ранние оловянные сплавы на юге Балкан отражают связи с Ближним Востоком, а в Центральной Европе – какие-то случайные эпизоды плавки соответствующей руды. Металлургия Пиренейского полуострова в силу геологических и исторических причин была подвержена своим закономерностям, на которые иногда накладывались импульсы и процессы технологических изменений, происходивших в северных ареалах Европы. Поэтому ниже приводится достаточно размытая картина наиболее общих тенденций (табл. 1).

### **Европейская металлургия в энеолите**

Наиболее ранние следы использования медных минералов датируются в Европе средним неолитом. В Сербии на руднике Рудна Глава выявлены разработки этого времени. Однако это было связано с добычей малахита для производства украшений [Bogić, 2009]. Но уже в энеолите появляется использование самородной меди и плавка относительно чи-

## Типы сплавов в различные периоды эпохи раннего металла Европы

	Cu	Cu+As	Cu+Sb	Cu+As +Sb	Cu+Sn +As	Cu+Sn +Sb	Cu+Sn+ As+Sb	Cu+Sn	Всего
Энеолит	2265	1473	127	91	73	1	17	57	4104
%	55.19	35.89	3.09	2.22	1.78	0.02	0.41	1.39	100
РБВ	1877	2060	1144	6407	2401	412	2844	3022	20262
%	9.26	10.17	5.65	31.62	11.85	2.50	14.04	14.91	100
СБВ	62	14	5	11	792	67	234	648	1833
%	3.38	0.76	0.27	0.60	43.21	3.66	12.77	35.35	100
ПБВ	87	25	13	47	280	193	817	619	2081
%	4.18	1.20	0.62	2.26	13.46	9.27	39.26	29.75	100
1 тыс. до н.э.	551	13	9	4	235	35	87	493	1427
%	38.61	0.91	0.63	0.28	16.47	2.45	6.10	34.55	100

стого малахита, которая, практически не дает шлака, поэтому следы этого производства единичны. Вскоре металлургия начинает распространяться из Юго-Восточной Европы в Центральную Европу, где первоначально тоже используется сравнительно чистая медь.

И существовал, вероятно, второй путь – с Ближнего Востока через Средиземноморье. Когда этот поток влияний достигает Иберии и Италии, там появляется плавка руд с примесью мышьяка. Эти руды широко распространены на Иберийском полуострове, и их обилие обусловило последующую технологическую консервацию этого региона. Но эта же традиция появляется и в ряде иных мест.

В этот период (см. табл. 1) проявлено явное доминирование чистой меди и медно-мышьяковых сплавов. Небольшая серия сплавов с оловом представлена, в первую очередь, балканскими материалами и единичными изделиями других территорий.

В других районах, например, в Северной Италии и Южной Франции, уже в позднем энеолите начинается использование блеклых руд, которые при плавке давали металл с повышенным содержанием As, Sb и Ag. И это стало устойчивой традицией также в Центральной и Северной Европе в течение РБВ [Krause, 2003].

## Европейская металлургия в РБВ

Для стадии A1 большей части Европы характерен, так называемый, Fahlerzmetal, т.е. металл, выплавленный из блеклых руд. Для некоторых районов, например, Иберии или Эгиде, более характерна мышьяковая медь. Для Эгиде, на фоне отсутствия подобной минерализации, это не вполне понятно. Допускаются поставки легирующего сырья [Branigan, 1974]. Но для Иберии подобные месторождения с обилием мышьяковых примесей характерны [Bartelheim, 2007].

На Британские острова металлургическое производство проникает достаточно поздно, около середины 3 тыс. до н.э., вместе с континентальной культурой кубков. При этом для Британии добыча медных руд этого периода не установлена. Химические анализы металла показали, что все сырье сюда привозилось из Ирландии, где оно добывалось на рудниках Росс Айленд, и, как и на континенте, это были блеклые руды [O'Brien, 2004]. Этап преимущественного использования карбонатов меди здесь, как и во Франции, отсутствовал. Это

является надежным показателем того, что металлургия была привнесена сюда мигрирующими коллективами, а не формировалась путем независимого развития.

Благодаря развитию этих процессов, в РБВ ситуация меняется: падает доля чистой меди и сплавов с мышьяком, но растут доли сплавов с мышьяком и сурьмой и сплавов с оловом (см. табл. 1). Оловом, при этом, могут быть легированы и мышьяково-сурьмяные сплавы. Общее количество оловянных сплавов достигает 43.3 %, но значительная часть этого металла приходится на младшую фазу РБВ (А2). Интересно то, что производство оловянных бронз появляется в рамках, возможно, начала фазы А2 в Рудных Горах, и в 2200–2000 гг. до н.э. в Британии, что соответствует более ранней фазе А1. Примечательно и то, что в могильнике Зинген, на границе Германии и Швейцарии, отнесенном к этой фазе, обнаружены три кинжала, легированные оловом, и имеющие атлантические параллели, что позволило сделать вывод об их импорте из Бретани или Британии [Krause, 1989].

Эта общая картина отражает разные процессы: активное использование блеклых руд, ближневосточное влияние через втягивание в торговую сеть Восточного Средиземноморья, зарождение оловянного легирования на Британских островах, а в младшей фазе периода – влияние евразийских традиций оловянных сплавов. И, начиная с СБВ, проявлено уже абсолютное доминирование разных типов оловянных сплавов.

Этому выбору блеклых руд соответствовали и иные технологии. Находки шлака РБВ, как в энеолите, крайне редки, что указывает на то, что руда максимально освобождалась от рудовмещающей породы, плавка велась без использования флюсов. Температуры были невысокими, а объемы невелики [O'Brien, 2004]. Этому соответствовали и технологии металлообработки. В большинстве районов доминируют не слишком массивные изделия, хотя общее их количество достаточно велико. Ярким примером является унетичкая культура Центральной Европы с набором прекрасных украшений из фольги и проволоки, что типично и для культур в прилегающих регионах. Существуют клады массивных слитков в виде шейных гривен и слитков, указывающих на широкую циркуляцию металла и наличие торговых связей между производящими и потребляющими регионами.

Значительные изменения начинаются в младшей фазе РБВ (А2), когда происходит повсеместный переход на олово. В рамках калиброванных радиоуглеродных дат, начало периода относится приблизительно к XIX–XVIII вв. до н.э.

Это довольно интересная и комплексная проблема. Характер этих процессов на европейском пространстве лишь внешне напоминает их в Северной Евразии. На первый взгляд, эти изменения обусловлены проникновением восточных производственных традиций. Выделение П. Райнеке фазы А2 основано на появлении новых типов металла, характеризующихся серией кладов, в первую очередь, кладом Лангквайд в Баварии. Особенностью этого клада является сочетание изделий, выполненных в традиционной унетичкой традиции и присутствием копья, восходящего к сейминско-турбинским прототипам. Появляются и специфические топоры типа Лангквайд, которые обильно легированы оловом.

Но из табл. 1 видно, что в европейском пространстве оловянное легирование появляется до появления изделий, наследующих сейминско-турбинские традиции, но только с их появлением оловянные бронзы становятся ведущим сплавом, причем, с высоким содержанием олова.

Есть еще одна отчетливая тенденция в течение всей эпохи бронзы: неуклонное снижение содержания мышьяка в меди (табл. 2), что делало эту лигатуру малоэффективной по сравнению с оловянными бронзами.

В чем причина этого снижения? На шлаковых материалах Северной Евразии отчетливо видно, что при переходе к ПБВ (что близко концу РБВ и началу СБВ Европы) идет переход на более богатые и широко распространенные руды из кислых пород или на сульфиды

**Среднее содержание мышьяка в меди с повышенным его содержанием (более 0.3 %)**

Энеолит	РБВ-1	РБВ-2	СБВ	ПБВ	1 тыс. до н.э.
1.58 %	1.24 %	1.08 %	0.71 %	0.65 %	0.55 %

[Григорьев, 2017]. А их плавка вызывает испарение мышьяка, чем и можно объяснить снижение его содержания в металле. К сожалению, для Европы нет возможности проследить этот процесс на статистическом уровне, т.к. шлак на поселениях практически отсутствует. Но на уровне тенденции это прослежено.

**Трансформации в позднем РБВ, СБВ и ПБВ**

Повсеместно происходит переход на медно-железные сульфиды и сокращается добыча блеклых руд, что совпадает с переходом на оловянное легирование [O'Brien, 2004; 2013; Sperber, 2004; Pernicka, Lutz, 2015]. Иногда можно встретить мнение о том, что это вызвано именно оловом, т.к. легирование им требовало чистого от примесей металла [Stöllner et al., 2016], но в действительности, металлографические исследования вещей этого периода показывают, что дополнительные легирующие компоненты не вредят оловянному легированию [Kienlin, 2008]. Можно предположить, что интенсивное использование металла в пределах первой фазы РБВ привело к исчерпанию более ограниченных, по сравнению с первичными рудами, запасов блеклых руд. Но после прекращения добычи на руднике Росс Айленд в Ирландии начинает эксплуатироваться рудник с медно-железными сульфидными на Маунт Габриэль. Добыча на Росс Айленд была возобновлена в XIX в н.э., и там было добыто 5000 т руды [O'Brien, 2004]. В альпийском регионе мы видим полное прекращение добычи в период А2, и в эпоху СБВ она не возобновлялась. Но в ПБВ (что у нас соответствует эпохе финальной бронзы) здесь происходит возврат к использованию блеклых руд, наряду с использованием первичных сульфидов [Sperber, 2004]. Это означает, что, во всяком случае, в некоторых районах прекращение добычи было обусловлено не исчерпанием руды, а какими-то иными процессами.

Безусловной аксиомой является то, что с каждой эпохой потребление металла заметно растет. При всей легкости плавки блеклых руд, это производство без шлака. Соответственно, металл не полностью отделяется, и необходимо дробление и сортировка выплавленной массы, как и в случае с плавкой окисленной руды. Это не позволяло осуществлять массовое производство. Таким образом, к дефициту руды (а в каких-то районах он, безусловно, был) добавились технологические ограничения.

Очевидным является и то, что это совпадает с существенными социальными изменениями. До периода А2 общество было эгалитарным, а производство неспециализированным, хотя это и не исключало торговлю металлом от Альп вплоть до Южной Скандинавии. С этого времени появляются социально значимые погребения, а в Центральной Европе – укрепленные поселения, которые были центрами для серии неукрепленных поселений.

Также заметно растет потребление металла. Этот спрос начинает удовлетворяться за счет именно первичных сульфидных руд, и для СБВ и ПБВ Альпийского региона мы знаем уже несколько плавильных площадок с батареями стоящих вплотную друг к другу печей, что указывает на заметный рост объемов производства [Goldenberg, 2004; Presslingen, Eibner, 2004; Cierny u.a., 2004]. Это уже производство, основанное на отделении шлака от металла, позволяющее нарастить объемы выплавки.

И важным фактором явилось наличие торговли оловом, которая позволяла создавать сплавы с содержанием 10 % и более, качество которых намного превосходило возможности мышьяковых сплавов. То есть, в данном случае проявлено обратное воздействие лигатуры на выбор типов руды и на социальные процессы, т.к. формирующиеся элиты начинают контролировать торговлю [Kristiansen, Larsson, 2005; Bartelheim, 2007].

Не исключено, что эти социальные изменения были стимулированы движением с востока, хотя в основе их лежали, безусловно, местные процессы. Причем, большинство специалистов сходятся во мнении, что стимулом к развитию в этом регионе была не металлургия, а сельскохозяйственное производство, но с периода А2 металлургия начала оказывать заметное влияние на социально-экономические процессы, хотя в полной мере это касается уже периода ПБВ [Bartelheim, 2007].

То есть, в принципе, та схема, которую мы обсуждали на примере Северной Евразии, работает и здесь, но открывает перспективы к некоторой детализации. Здесь также рост потребности в металле стимулировался социально-экономическим развитием общества. Это вызывало переход на плавки все более богатых и распространенных руд и технологические инновации в их плавке. И именно торговля оловом позволила добиться огромных масштабов производства на тех месторождениях (например, на Кипре или в Альпах), которые ранее представляли меньший интерес, т.к. не были способны произвести легированный металл. Наблюдается очень точная корреляция между ростом потребления металла и оловянными лигатурами [O'Brien, 2011].

Но создание сети оловянной торговли и продажи металла, выплавленного из более богатой руды, делали неконкурентоспособным старые технологические схемы. Ярким примером этого является Кипр, который начал производить огромное количество металла из сульфидной руды около XVIII в. до н.э., а необходимость в олове удовлетворялась поставками из каких-то восточных источников через сеть ближневосточных торговцев. В результате массовых поставок этого металла на Ближний Восток, в Египет и даже Центральное Средиземноморье (один слиток обнаружен даже на территории Германии), в ряде старых производящих центров региона производство затухает, не выдержав конкуренции [Weisgeber, 2004]. Оно возобновится потом, в эпоху финальной бронзы, в связи с резким изменением политической ситуации на Ближнем Востоке.

И в Европе господство медно-железных сульфидов и оловянных лигатур продолжается приблизительно до этого времени. Но затем часть рынка начинают занимать вновь блеклые руды, которые слабо использовались несколько сотен лет (см. табл. 1, ПБВ). Причины этого не вполне ясны. Очевидно, что с началом эпохи культуры погребальных урн происходит очередной скачок в потреблении металла. Вероятно, поэтому металлурги альпийской зоны стали подключать любые доступные источники руды [Stöllner et al., 2016]. То есть, парадоксальным образом повторяется ситуация, которую мы обсуждали для Северной Евразии, где в Южной Сибири, с началом карасукско-ирменского времени происходит отказ от оловянного легирования и возврат к мышьяковому легированию [Grigoriev, 2017]. Однако там это было связано с иными процессами (миграцией населения с иной технологической схемой) и с переходом на иные типы руды. Если посмотреть на таблицу среднего содержания олова в оловянных бронзах (табл. 3), то заметен его постоянный рост. Но в этот период проис-

Таблица 3

**Среднее содержание олова в бронзах разных эпох**

Энеолит	РБВ-1	РБВ-2	СБВ	ПБВ	1 тыс. до н.э.
6.1 %	6.6 %	7.6 %	9.7 %	7.2 %	8.7 %

ходит спад, который начинает затем медленно восстанавливаться. Некоторые авторы объясняют это проблемами с оловянными лигатурами [Sperber, 2004]. Помимо общего скачка в потреблении металла, на Ближнем Востоке в это время наблюдается ослабление системы ближневосточной торговли, вызванное разрушительными политическими событиями. И это сказывалось отчасти даже на периферийных ареалах, хотя в значительной степени этот процесс был стимулирован, все же, ростом потребления.

### Заключение

Все вышесказанное показывает, что на развитие металлургии оказывали постоянное влияние не только логика технологического развития, особенности залегания руд в месторождениях и химические процессы плавки, но и социально-экономические, политические и культурно-генетические процессы. То есть, это была достаточно сложная взаимосвязанная система, элементы которой постоянно взаимодействовали и оказывали влияние друг на друга.

### Литература

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

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

*Bartelheim M.* Die Rolle der Metallurgie in vorgeschichtlichen Gesellschaften. Sozioökonomische und kulturhistorische Aspekte der Ressourcennutzung. Ein Vergleich zwischen Andalusien, Zypern und Nordalpenraum. Rahden/Westf.: Marie Leidorf Verlag, 2007. 471 p.

*Borić D.* Absolute dating of metallurgical innovations in the Vinča culture of the Balkans // (Kienlin T., Roberts B.W., eds.) Metals and societies. Studies in honour of Barbara S. Ottaway. Bonn: R. Habelt, 2009. P. 191–245.

*Branigan K.* Aegean Metalwork of the Early and Middle Bronze Age. Oxford: Clarendon Press, 1974. 216 p.

*Cierny J., Marzatico F., Perini R., Weisgeber G.* Der Spätbronzezeitliche Kupferverhüttungsplatz Acqua Fredda am Passo Redebus (Trentino) // Alpenkupfer – Rame delle Alpi. Der Anschnitt. Beiheft 17. Bochum: Deutsche Bergbaumuseum 122, 2004. S. 155–164.

*Goldenberg G.* Ein Verhüttungsplatz der mittleren Bronzezeit bei Jochberg (Nordtirol) // Alpenkupfer – Rame delle Alpi. Der Anschnitt. Beiheft 17. Bochum: Deutsche Bergbaumuseum 122, 2004. S. 165–176.

*Grigoriev S.A.* Social processes in Ancient Eurasia and development of types of alloys in metallurgical production // Archaeoastronomy and Ancient Technologies. 2017. Vol. 5, № 2. P. 17–44.

*Kienlin T.L.* Frühes Metall im nordalpinen Raum. Eine Untersuchung zu technologischen und kognitiven Aspekten früher Metallurgie anhand der Gefüge frühbronzezeitlicher Beilen. T. I. Bonn. Rudolf Habelt Verlag, 2008. 447 s.

*Krause R.* Early tin and copper metallurgy in South-western Germany at the beginning of the Early Bronze Age // Old World Archaeometallurgy. Anschnitt. Beiheft 7, N 44. Bochum: Bergbaumuseum, 1989. S. 25–32.

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

*Kristiansen K., Larsson T.B.* The rise of Bronze Age society. Cambridge: University Press, 2005. 464 p.

*O'Brien W.* Ross Island. Mining, Metal and Society in Early Ireland. Galway: National University of Ireland, 2004. 768 p.

*O'Brien W.* Prehistoric copper mining and metallurgical expertise in Ireland // Povoamento e Exploracao dos Recursos Mineiros. Braga, 2011. P. 337–357.

*O'Brien W.* Bronze Age copper mining in Europe // Oxford Handbook of the Bronze Age. – Oxford: Oxford University Press, 2013. P. 433–449.

*Pernicka E., Lutz J.* Fahlerz- und Kupferkiesnutzung in der Bronze- und Eisenzeit // Bergauf Bergab – 10.000 Jahre Bergbau in den Ostalpen. DBM 207, Bochum, 2015. S. 107–111.

*Presslingen H., Eibner C.* Montanarchäologie im Paltental (Steiermark). Bergbau, Verhüttung, Verarbeitung und Siedlungstätigkeit in der Bronzezeit // Alpenkupfer – Rame delle Alpi. Der Anschnitt. Beiheft 17. Bochum: Deutsche Bergbaumuseum 122, 2004. S. 63–74.

*Primas M.* Bronze Age economy and ideology: central Europe in focus // Journal of European archaeology. 1997. Vol. 5. P. 1–37.

*Sperber L.* Zur Bedeutung des nördlichen Alpenraumes für die spätbronzezeitliche Kupferversorgung in Mitteleuropa mit besonderer Berücksichtigung Nordtirols // Alpenkupfer – Rame delle Alpi. Der Anschnitt. Beiheft 17. Bochum: Deutsche Bergbaumuseum 122, 2004. S. 303–345.

*Stöllner T., von Rüden C., Hanning E., Lutz J., Kluwe S.* The enmeshment of Eastern Alpine mining communities in the Bronze Age. From economic networks to communities of practice // From bright ores to shiny metals. Anschnitt. Beiheft 29. Bochum: Bergbaumuseum, 2016. S. 75–107.

*Strahm Ch., Hauptmann A.* The metallurgical developmental phases in the Old World // (Kienlin T., Roberts B.W., eds.) Metals and societies. Studies in honour of Barbara S. Ottaway. Bonn: R. Habelt, 2009. P. 116–128.

*Tylecote R.F.* A history of metallurgy. London: The Metal Society, 1976. 182 p.

*Weisgeber G.* Schmelzanlagen früher Kupfergewinnung – ein Blick über die Alpen // Alpenkupfer – Rame delle Alpi. Der Anschnitt. Beiheft 17. Bochum: Deutsche Bergbaumuseum 122, 2004. S. 15–36.

**А.В. Фомичев**

ОГТИ (филиал ОГУ), г. Орск, [homabrut1987@gmail.com](mailto:homabrut1987@gmail.com)

### **Организация горного дела у населения алакульской культуры Южного Зауралья и Мугоджар**

Добыча медного сырья в системе металлопроизводства населения позднего бронзового века Южного Зауралья и Мугоджар выступает одним из актуальных вопросов в изучении темы. Сложность и трудоемкость процессов требовала выработки системы знаний по определению наиболее перспективных меденосных участков и методов их дальнейшей разработки. Подобными знаниями обладали представители алакульского населения Южного Зауралья и Мугоджар, осваивавшие многочисленные месторождения региона. В последнее время эти вопросы все чаще затрагиваются в научных исследованиях, касающихся характеристики меднорудной базы и организации добычи меди в древности [Зайков и др., 2005; Юминов и др., 2013; Ткачев, 2017].

Известные к настоящему времени рудники Южного Урала и Мугоджар размещаются на месторождениях различных типов: 1) в гипербазитах и тальк-карбонатных породах; 2) в пироксенитах; 3) в базальтах и яшмах; 4) в гранитоидах и контактовых зонах [Зайков и др., 2005].

Наиболее распространенным способом разработки медных месторождений в бронзовом веке была добыча с помощью карьеров. Это было связано с тем, что, в первую очередь, велась добыча окисленных руд (малахит, азурит), слагающих верхние горизонты месторождений. Первоначально закладывались разведочные карьеры в виде небольших ям-закопушек (рудник Ушкаттинский, карьеры № 2–4, Чудской, карьер № 1). В случае обнаружения богатой жилы выработка расширялась. В зависимости от залегания и мощности жилы определялись ее дальнейшая форма и размер. Среди основных типов карьеров вы-