



Problemy istorii, filologii, kul'tury
2 (2019), 245–261
© The Author(s) 2019

Проблемы истории, филологии, культуры
2 (2019), 245–261
©Автор(ы) 2019

DOI: 10.18503/1992-0431-2019-2-64-245–261

О СПЛАВАХ НА МЕДНОЙ ОСНОВЕ В МЕТАЛЛООБРАБОТКЕ
РЕГИОНОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ VI–XIII вв.
(по материалам исследований химического состава
археологических и музейных предметов)

Э.А. Грешников¹, Г.Г. Король²

¹Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва,
Россия

levkon1963@yandex.ru

²Институт археологии РАН, Москва, Россия

ggkorol08@rambler.ru

Аннотация. В Центральной Азии в раннем средневековье у тюркоязычных и других народов была популярна ременная гарнитура и иные украшения всадника и коня, амулеты и пр. предметы, изготовленные преимущественно из сплавов на основе меди. Характерный декор предметов свидетельствует об основных направлениях культурного влияния: условный юго-запад (Восточный Туркестан, Средняя Азия, Средний и даже Ближний Восток) и юго-восток (Китай). Исследование состава металлов этих изделий говорит о разных источниках их поступления, но где они могли быть изготовлены, невозможно прояснить без знания окружающей «степняков» картины медеплавильных производств в оседлых государствах с развитой ремесленной традицией. В статье исследуются проблемы, связанные с реконструкциями медеплавильных производств в регионах Центральной Азии в период от доминирования Тюркского каганата и халифата Омейядов до нашествия монголов. Особое внимание обращается на связь технологий изготовления предметов разного назначения с составами бронз и латуней, изученных с помощью серии современных аналитических методов. Междисциплинарные методы позволяют точнее исследовать процессы совершенствования древних технологий и определить вектор развития средневековых приемов металлообработки, а также проследить взаимодействие культурно-технологических традиций на обширной части Азиатского материка. Рассматриваются процессы перехода от господства раннесредневековых бронз к латуням эпохи развитого средневековья. Указанный период можно считать переходным этапом в истории центральноазиатской цветной металлургии, так как окончательно не исчезли старые традиционные рецептуры бронзовых сплавов, но уже начинали использоваться новые приемы, связанные с внедрением цинка в составы предметов, изготовленных из цветных металлов. Финал переходного периода – монгольское завоевание, после которого на территориях региона начинают свое победное шествие латуни. Индия в XII–XIII вв., а Китай в XIV в. осваивают массовое

Данные об авторах: Грешников Эдуард Аркадьевич – ведущий специалист НИЦ «Курчатовский институт»; Король Галина Георгиевна – кандидат исторических наук, старший научный сотрудник Института археологии РАН.

Статья подготовлена при поддержке РФФИ, проект 18-09-00257.

производство металлического цинка. Начинается новый этап в истории цветной металлургии.

Ключевые слова: сплавы на медной основе, элементный анализ, изучение древнего металла, технологии металлообработки латуни и бронзы, Центральная Азия, средневековье

ВВЕДЕНИЕ

Задача настоящего исследования – анализ данных о составах сплавов на основе меди, распространенных в Центральной Азии в период VI/VII (эпоха господства тюрков и арабов) – XIII вв. (до монгольских завоеваний). В этот период на значительной части Азиатского континента продолжало сохраняться язычество, но в регион уже проникли и активно формировались мировые религии, такие, как ислам и буддизм, диктующие новые художественные традиции во многих аспектах жизни местного населения. С помощью издревле налаженных протяженных торговых караванных сообщений, таких, как Великий Шелковый путь, перемещения завоевателей (арабов, тюрков, китайцев, чжурчжэней) или обмена, в так называемых контактных (пограничных) зонах происходил трансфер, среди прочих, и металлургических технологий между областями на обширной территории от Персидского залива на западе до Желтого моря на востоке. Существовавшие с эпохи бронзы местные традиции производства цветных металлов развивались, подвергались влиянию и изменялись с учетом новых исторических реалий. Наиболее распространенными и доступными после железных изделий были предметы, изготовленные из сплавов на основе меди.

Значительный по количеству археологических находок «пласт» изделий из цветного металла представляют ременные и другие украшения всадников государств кочевников и полукочевников (Тюркские каганаты, Уйгурский, Кыргызский, «Кимако-Кыпчакский»). Значительная концентрация художественных изделий тюркетики малых форм зафиксирована в регионе Саяно-Алтая (шире – Центральной Азии) конца I – начала II тыс. Характерный декор предметов свидетельствует об основных направлениях культурного влияния: условный юго-запад (Восточный Туркестан, Средняя Азия, Средний и даже Ближний Восток) и юго-восток (Китай). Но вопрос о местах производства, особенно первичных качественных изделий с высокохудожественным декором, часть которых изготовлена из латуни, остается открытым.

Серии музейных объектов и археологических находок¹ из бронзы и латуни из ряда регионов Центральной Азии (и других территорий Азии) разными исследователями были подвергнуты спектроаналитическому изучению металлов с помощью различных методов (рентгенофлуоресцентная спектрометрия, атомно-

¹ «Археологические» находки (коллекции) подразумевают материалы, полученные в результате археологических раскопок, дающих, благодаря контексту условий находок, значительную дополнительную информацию для интерпретации предметов и их датирования. «Музейные» объекты (коллекции) – случайные находки, передаваемые в музеи; покупка музеями частных собраний и пр., т.е. предметы, лишенные археологического контекста. В итоге, естественно, и первые («археологические») коллекции после обработки специалистами, их нашедшими, попадают в музейные собрания.

абсорбционная и атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой, оптико-эмиссионная спектрометрия, метод ионного индуцированного излучения).

Полученные данные позволяют наметить общие векторы развития ранне-средневекового медеплавильного производства, а также определить различия, носящие региональный и технологический характер, у народов Центральной Азии в период времени от доминирования Тюркского каганата, халифатов Омейядов и Аббасидов до завоеваний монголов.

При использовании самых общих классификаций бронзы выделяют безоловянные (мышьяковистые, свинцовые) и оловянные сплавы. В зависимости от количества легирующих элементов отмечают сплавы двойные (бинарные) (Cu-Sn, Cu-Pb) и многокомпонентные, с добавлением других элементов (тройные: Cu-Sn-Pb, Cu-Pb-Sn; четверные: Cu-Pb-Sn-Sb, Cu-Sn-Pb-Sb и т.д.). Химические элементы в обозначении типа сплава располагаются последовательно в соответствии с их содержанием – от большего количества к меньшему. Аналогичный принцип используется в обозначениях латуни. Латунь – сплав меди, в котором основным легирующим элементом является цинк в концентрации выше 3-4% (Cu-Zn, Cu-Zn-Sn, Cu-Zn-Pb и т.д.). Различия в легирующих элементах отражают варианты изготовления предметов, а в микроэлементах (содержание примесей меньше 1%) – могут маркировать рудные источники. Для выявления наиболее широкого спектра используемых в домонгольскую эпоху литейных технологий в статье используются данные по объектам самого разного назначения – от ременной гарнитуры всадника и коня до амулетов, монет, зеркал, ритуальных статуэток и прочих бытовых предметов. Необходимо отметить, что наиболее изученной в мировой науке пока остается эпоха бронзового века, когда измеренные с помощью различных аналитических методов элементные составы содержат данные о многих тысячах археологических объектов, изготовленных из цветного металла.

РОССИЙСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ (ПРЕИМУЩЕСТВЕННО РЕМЕННОЙ ГАРНИТУРЫ)

В 1980–1990-е гг. был собран и изучен материал VIII–XIII вв. с территории горностепной зоны Восточной Евразии, в том числе Дальнего Востока (Приморья и Приамурья), включавший предметы из археологических и музейных коллекций². В результате измерений большого массива (2348 образцов) сплавов на медной, свинцовой, оловянной и серебряной основах, значительная часть которых была проведена с помощью метода эмиссионной спектроскопии аналитиком ИИМК РАН (в те годы Ленинградского отделения ИА АН СССР) В.А. Галибиным, был получен уникальный массив данных по элементным составам бронз и

² Материалы с Дальнего Востока представлены разнообразными бытовыми изделиями, украшениями и пр., а из горностепной зоны Центральной Азии – преимущественно ременными украшениями снаряжения коня и всадника, амулетами.

латуней, обработанный и проанализированный Л.В. Коньковой³. Научная группа с ее участием продолжила публикацию материалов аналитических исследований сплавов по отдельным центральноазиатским памятникам и в 2000-е гг.⁴

Результаты столь обширного и многолетнего изучения свидетельствуют о существовании нескольких традиций обработки цветных металлов: «тюркской» (Приамурье и Приморье, VIII–XI вв.), «амурской» (Приморье, VIII–XI вв. и Приамурье VIII–XII вв.) и «чжурчжэньской» (Приморье XII–XIII вв.).

Сплавы, выполненные в «тюркской» традиции, начиная с VIII в. включают латунь. Приамурские находки медного литья характеризуются двумя группами сплавов с небольшими концентрациями свинца (до 3,3%) и с более широким интервалом его концентраций (до 30%). Сплавы «амурской» традиции не содержат цинка, за исключением серии изделий из привозного металла («золотистой латуни»). В регионе зафиксированы латунные изделия с максимальным количеством цинка (до 30%).

Необходимо отметить, что схожие по составу латуни встречаются не только на Амуре. В качестве примера так называемой золотистой (золотой) латуни периода экспансии Кыргызского каганата (середина IX – начало X в.) авторы исследования приводят состав ажурной накладки (Минусинская котловина, Средний Енисей) из собрания И.А. Лопатина (Эрмитаж), изготовленной из сплава типа Cu-Zn-Sn-Pb (Cu – 69,7%, Zn – 21%, Sn – 4,3%, Pb – 5%)⁵.

Приморские сплавы на основе меди отличаются низким содержанием олова (не выше 2,8%), по свинцу распадаются на две группы – с низким (не более 3,3%) и высоким его содержанием (более широкий интервал концентраций – до 30%). Цинк в указанное время (VIII–XI вв.) в Приморье почти не используется. В XII–XIII вв. происходит унификация сплавов. Практически полностью исчезает чистая медь, получают абсолютное преобладание трехкомпонентные сплавы типа Cu-Sn-Pb. Концентрация олова в таких сплавах находится в пределах 3–10%, что оптимально с технологической точки зрения. Содержание свинца в бронзах повышается, в большинстве случаев превышает 10%. Это увеличивает плотность отливок и уменьшает их усадку.

Составы изделий, изготовленных на медной основе, из Забайкалья характеризуются повышенными концентрациями олова (до 48%) и ограниченным присутствием свинца в сплавах (в пределах 20%). Исследователи отмечают, что содержание цинка могло достигать в забайкальских латунях максимальных показателей в 30%.

Бронзы и латуни Тувы имеют малое содержание олова (0–19%), концентрации в них свинца не превышают 20%, а предел присутствия в составах изделий цинка – до 25%. Сплавы на медной основе из Минусинской котловины содержат максимальное количество олова (до 45%), исследовано много изделий с небольшим содержанием свинца (до 3,3%), но в то же время имеется группа объектов с его максимальным содержанием (до 50%), в элементных составах минусинских латуней присутствует цинк в пределах до 29%. По заключению авторов исследования, анализ латунных изделий из Минусинской котловины (Средний Енисей)

³ Конькова 1986, 1989, 1995, 1996; Шавкунов и др. 1987.

⁴ Конькова, 2008; Конькова, Король 2010; Король, Конькова 2009а, б; 2012.

⁵ Король, Конькова 2009а, 147, рис. 2, 14; 148, пункт 12.

и Тувы (Верхний Енисей) показал наличие художественных оригинальных изделий, изготовленных в мастерских с высоким уровнем ремесленного производства. Качество металла позволило предположить отсутствие использования латунного лома в части предметов, происходящих из этого региона⁶.

Совершенно иную картину показали результаты исследованной сборной коллекции (77 предметов) из района Змеиногорска (северо-западные предгорья Алтая, «Рудный Алтай»). Практически все латунные изделия в ней «вторичные» (реплики оригинальных изделий) и явно изготовлены на основе латунного лома. При этом в металле группы «грязного» серебра (сплавы на основе серебра) отмечено также значительное содержание элементов, говорящих об использовании латуни в качестве легирующего компонента, возможно, в виде лома, как и в случае с латунными предметами. Предметы на основе сплава серебра – специфика именно микрорегиона Рудного Алтая, включая Верхнее Прииртышье (Восточный Казахстан)⁷. Опираясь на результаты проведенного комплексного анализа (технология изготовления, особенности декора и сравнение их с составами металла), был сделан вывод о дате материалов коллекции в пределах второй половины X – первой половины XI в.⁸

Суммируя данные исследований материалов VIII–XI вв. из горностепной зоны Восточной Евразии от Саяно-Алтая до Дальнего Востока, стоит отметить большой разброс основных химических элементов в составах медных сплавов, распространенных на значительной части Центральной Азии: от чистой меди до высоколегированных бронз. Изучение соотношений Cu-Sn-Pb в сплавах, по заключению авторов, показало, что такой трехкомпонентный сплав является основным для различных зон огромного региона. Во многих случаях наблюдается прямая зависимость между содержанием олова и свинца, что свидетельствует об использовании смешанных лигатур.

Среди сплавов XII–XIII вв. латунь представлена достаточно широко. Цинк, по мнению исследователей, в литейных рецептурах, как правило, не связан ни со свинцом, ни с оловом. Наличие многокомпонентных сплавов типа Cu-Zn-Sn-Pb, в которых представлены и цинк, и олово, и свинец, во многом является следствием совместной плавки бронз и латуней. Стоит обратить внимание на вывод о том, что количество сурьмы в металле изделий нарастает по мере картографирования находок в направлении с востока на запад. Возможно, это связано с распространенной тенденцией употребления так называемых блеклых руд в странах «исламского мира»⁹.

Важный этап российских исследований состава металла средневековых ременных украшений из цветного металла, фактически «массового материала» для

⁶ Король, Конькова 2009а, б; 2012, 153.

⁷ Значительная часть бронз и латуней Восточного Казахстана представлена группами сплавов на медной основе с небольшим содержанием свинца (не более 3,3%), но в то же время зафиксирована серия изделий, где он составляет до половины от 100%. Присутствие цинка в изделиях из цветных металлов региона не превышает 21%.

⁸ Король, Конькова 2012, 152, 153. Заметим, что на востоке Саяно-Алтая (Средний и Верхний Енисей) в это время бронзовые ременные украшения уже редкость, они заменяются на железные, которые появляются в начале X в., какое-то время сосуществуют с бронзовыми изделиями (особенно характерно для Тувы, Верхний Енисей), а затем и полностью их вытесняют.

⁹ Конькова 1996, 96, 98, 373, 374.

культур Саяно-Алтайского региона, – работы 2000-х гг. коллектива ученых из Барнаула (под рук. А.А. Тишкина) и Санкт-Петербурга. Методом рентгенофлюоресцентного анализа (проводился в отделе научно-технической экспертизы Эрмитажа) исследованы составы 178 изделий конского снаряжения из сплавов на основе меди (около 150) и серебра, происходящих из средневековых памятников Алтая второй половины VI – первой половины XI в.¹⁰ Изученные предметы (27 экз.) относятся к тюркской культуре, датируемой суммарно второй половиной VI – серединой IX в. (кудыргинский этап); 53 украшения – к инскому, 41 – к грязновскому, 57 – к шадринцевскому этапам сrostкинской археологической культуры (вторая половина IX – первая половина XI в.).

Согласно выводам авторов для раннего тюркского времени (материалы могильника Кудыргэ) фиксируется использование двух типов сплавов на медной основе с концентрациями меди около 90%, содержащих небольшой процент олова и свинца: сплавы типа Cu-Sn-Pb и сплавы типа Cu-Ag и Ag-Pb. По мнению авторов, серебро обладало высокой пластичностью и ковкостью и имело наивысшую отражательную способность, поэтому из всех металлов часто употреблялось в данный период в виде сплава с медью. Наравне с другими медными сплавами использовалось при изготовлении блях и накладок, подвергавшихся лужению и амальгамированию. В исследованных изделиях (бляхи, распределители ремней, конские налобники) почти совсем нет цинка.

Сплавы более поздние (сrostкинская культура) представлены оловянно-свинцовистыми бронзами (Cu-Sn-Pb) с очень высоким содержанием меди (около 90%), сплавами типов Cu-Sn-Pb-Zn, Cu-Zn-Pb-Sn с содержанием цинка в 3–5% и 9–18%, использовалась медь (Cu) с микропримесями, сплавы Cu-Zn, употреблялись сплавы Cu-Ag-Pb и Cu-Ag.

Отметим, что в материалах этой культуры выделены медесодержащие сплавы с максимальными концентрациями олова (до 68%), небольшим содержанием свинца (менее 3,3%), а также изделия, где этот тяжелый химический элемент представлен более широко (до 30%). Колебания цинка в алтайских бронзах и латунях значительны и достигают максимального предела в 25%. Присутствие цинка в бронзовых и латунных сплавах в количестве от 1–2 до 15–20% выделяется авторами в качестве хронологического индикатора раннего этапа (инского) сrostкинской культуры (вторая половина VIII – первая половина IX в.). Для следующих этапов культуры, по мнению исследователей, латунные сплавы – редкость, зато характерными становятся сплавы на основе серебра с позолоченной поверхностью. При этом отмечается легирование серебра латунию, но с низким содержанием цинка (1–2, редко – до 5%)¹¹.

На всем протяжении изученного авторами периода при обработке изделий применялись инкрустация, лужение и амальгамирование.

Итак, результаты исследования бронзы обозначенных зон Центральной Азии и Дальнего Востока позволяют говорить об отсутствии изоляции отдельных территорий и предполагать наличие устойчивых внутренних связей в большом ре-

¹⁰ Горбунова и др. 2009.

¹¹ Горбунова и др. 2009, 117–122. Эти данные подтверждают полученные результаты первой группы исследователей по материалам из северо-западных предгорий Алтая (район Змеиногорска), о чем сказано выше.

гионе в отношении сырьевых ресурсов и распределения готовых изделий в рассматриваемый средневековый период. Определенно кочевники использовали бронзовые украшения, изготовленные в нескольких производственных центрах. Но локализовать их чрезвычайно трудно, в том числе из-за отсутствия массового фонового материала, данных о составе металла с других территорий¹². По материалам Саяно-Алтая можно предположить, что часть изделий (с плохим качеством декора) изготавливалась в местных локальных мастерских, но конкретных сведений о них нет.

При производстве ременных украшений из цветного металла в Центральной Азии использовался металлический лом, и его состав может быть индикатором хронологии и происхождения. Возможно, находки из Саяно-Алтая даже на позднем этапе существования ременных украшений из цветного металла могли производиться в мастерских, использовавших лом, включавший и сложную латунь. Такие мастерские могли быть частью буддийских (ламаистских) монастырей. В этой связи чрезвычайно интересны материалы о сплавах ритуальных предметов, находки которых известны и в разных регионах Сибири и Дальнего Востока.

ЗАРУБЕЖНЫЕ И РОССИЙСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРЕДМЕТОВ РАЗНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Очень широко использовались медные сплавы при изготовлении ритуальных предметов. В конце I – начале II тыс. скульптурные изображения богов индо-буддийского пантеона распространились в принявшем буддизм Тибете, одновременно усилилось художественное влияние на местных тибетских мастеров, ваявших буддийских богов. До XI в. в Центральном Тибете господствовала скульптура из Северо-Восточной Индии, в Западном Тибете – из Кашмира и Химачал-Прадеша. Но с XII в. тибетская скульптура развивается уже самостоятельно. Начиная с XI в. латунь последовательно использовалась в тибетской скульптуре¹³.

Английская исследовательница Ч. Риди высказала предположение, что цельнолитые изделия преобладали там, где не было недостатка меди – в Непале, Кашмире и Химачал-Прадеше, а полые скульптуры – в Северном Пакистане и во всех районах Тибета. Специфическая черта западнотибетской скульптуры состоит в том, что чистая латунь редко использовалась для литья статуй в этот период, активно применялись сплав из меди и цинка без свинца и чаще, чем в других регионах, чистая медь¹⁴.

Несколько экземпляров средневековых статуэток Будд, относящихся к домонгольскому периоду, из обширной коллекции (390 экз.) Эрмитажа были отлиты из сплавов на медной основе. Для определения состава сплавов был проведен рентгенофлуоресцентный анализ. Фигурка Будды из Китая V–VI вв. была изготовлена из сплава Cu-Sn, другая статуэтка VIII в. из Кашмира отлита из сплава

¹² Конькова 1996, 165, 166.

¹³ Вие 1991. Заметим, что Дж. Гудрун, исследовавшая несколько коллекций тибетских амулетов (предметов мелкой художественной пластики, сопоставимых с ременными украшениями кочевников – см. Король 2015, 67–71), в том числе средневековых, предполагает их происхождение за пределами Тибета. Проанализирован и состав металла части коллекции – см. Gudrun 2006.

¹⁴ Reedy 1997.

Cu-Zn-Sn-Pb с небольшим количеством олова и свинца и значительной концентрацией цинка (9%). Три скульптуры XI–XIII вв. были изготовлены из сплава Cu-Zn, где медь составляла 80–90% и цинк – 6–20% (Западный Тибет и Тибет). Еще одно изделие, помимо цинка, имело в составе добавку свинца и олова и представляло сплав типа Cu-Zn-Pb-Sn. По мнению авторов публикации (с опорой на итоги исследования всей разновременной коллекции), общеупотребительный термин «буддийская бронза» не соответствует истинному положению вещей¹⁵. Ими отмечено (с учетом исследований Ч. Риди), что металл кашмирских изделий VIII и X–XI вв. резко различается. В VIII в., как показано выше, бытует четырехкомпонентная латунь, где олова больше, чем свинца. Такой сплав не встречается в кашмирской скульптуре следующего хронологического периода¹⁶.

Интерес представляет аналитическое исследование 16 бытовых предметов, среди которых лампы, блюда, «канделябры» (13 литых) и кувшины, тазики (3 кованных), изготовленные из сплавов на медной основе (латунных и бронзовых), из средневекового (IX–XIII вв.) слоя в г. Талгар (Южный Казахстан). Результаты показали, что они в основном были отлиты из сплава четвертичного типа Cu-Zn-Sn-Pb, и малая часть – из двойного (Cu-Zn) сплава. Установлено, что преобладающий сплав изготовлен в процессе цементации и что добавление олова и свинца к латуни практиковалось при литье, но при изготовлении кованных изделий избегалось. Оптимальное сочетание цинка, олова и свинца при изготовлении литых предметов и преимущества бинарных (Cu-Zn) сплавов при ковке определяли, по мнению авторов, господствовавшую меднолитейную традицию в средневековом Талгаре. Латунь при литье смешивали с дополнительными металлами, такими, как медь, свинец и олово, для экономии или улучшения литейных качеств¹⁷.

При изучении большой коллекции средневековых иранских бронз и латуней исламского периода (из фондов Лувра), происходящих из разных производственных центров от Ирана до Афганистана и части Центральной Азии, удалось выявить общие черты, характерные для технологической медеплавильной традиции, представленной в исламском мире, и в то же время проследить связи со средневековыми ближневосточными мастерскими.

Исследовано 79 изделий, датированных домонгольским периодом (конец X – начало XIII в.). Анализу подверглись кувшины, лампы, ступки, курильницы, чернильницы и разбрызгиватели, замок, кран и ведро. В этот период металлургические мастерские Хорасана и Трансоксании были уже хорошо известны. После монгольских нашествий количество произведенных металлических изделий в основных производственных центрах резко сократилось. Хорасанская школа мастеров по инкрустированию меди исчезла в течение XIII в. Она возродилась только через два столетия, когда Хорасан и особенно Герат в Афганистане вновь стали крупными художественными центрами по металлообработке цветных металлов и искусству инкрустаций. Основные ремесленные центры переместились в южные и западные районы Ирана.

¹⁵ Иванова, Дубровин 2014.

¹⁶ Иванова, Дубровин 2014, 44, 45. Это замечание исследователей следует учитывать при оценке ремесленных украшений Саяно-Алтая из сложной латуни, о чем шла речь выше.

¹⁷ Park, Voyakin 2009.

В домонгольский период преобладали литые изделия (83% всей продукции), в то время как в XIII–XIV вв. их количество снизилось до 39%. В период с конца X по начало XIII в. в Иране использовалось пять типов сплавов: двойная латунь Cu-Zn (цинк составлял 3–9%), свинцовая латунь Cu-Zn-Pb с содержанием олова меньше 4%, которая активнее использовалась в домонгольский период. В подобном сплаве изделий XIII–XIV вв. олова было больше 4%, также использовалась латунь Cu-Pb-Zn с высоким содержанием свинца (11–31%). Производилась медь (Cu) с высоким содержанием свинца и бронза (Cu-Sn) с высоким содержанием олова.

Авторы отмечают, что практически во все периоды (в том числе и в позднем средневековье) численно преобладают цинкосодержащие сплавы. Было отмечено заметное предпочтение мастеров метода литья по утраченной восковой модели. Сплавы Cu-Pb-Zn и Cu-Zn-Pb использовались исключительно в цельнолитых изделиях. Из свинцовых латуней были изготовлены кувшины, чернильницы и подсвечники, в то время как из латуни с высоким содержанием свинца – курильницы, лампы и разбрызгиватели. Бронза типа Cu-Pb (с высоким содержанием свинца) и латунь типа Cu-Pb-Zn (также с высоким содержанием свинца) были типичны для указанного периода конца X – начала XIII в. Содержание свинца в них составляло соответственно 7 и 30%, а концентрации цинка колебались в пределах до 8% и олова – до 11%, со средним содержанием в 4% для обоих химических элементов. Такой тип сплава хорошо годился для отливок и был представлен котлами, ступками, светильниками и подставками.

Бронзовые предметы образовывали небольшую группу из девяти объектов, суммарно датированных периодом с конца X/XI по XIII–XIV вв., и идентифицировались как оловянная бронза (Cu-Sn-Pb) с высоким (13–26%) содержанием олова. Более ранние изделия содержали микропримеси цинка (около 0,5%) или его небольшой процент (3%), свинец (до 8%) и больше олова по сравнению с поздними изделиями. Предметы XIII–XIV вв. не содержали цинка и обнаруживали только примеси свинца (в среднем 0,06%). В данном случае выбор сплава был обусловлен технологией производства, так как сплавы, содержавшие больше свинца, были предпочтительны для отливок, а бинарные латуни или бронзы – для кованых предметов. Необходимо отметить, что с увеличением количества цинка пластичность латуни растет, но только до определенного предела: латунь, содержащая более 33% цинка, при деформировании в холодном состоянии растрескивается, т.е. этот показатель – рубеж пластичности, за которым латунь становится хрупкой.

Кроме того, возможно, добавлением большого количества свинца (до 30%) в большинстве отливок конца X–XI в. повышалась жидкотекучесть сплава и снижалась его стоимость. В период после монгольских завоеваний преобладали латуни, в основном двойные (Cu-Zn), и мало использовалась свинцовая латунь (Cu-Zn-Pb), а сплавы с высоким содержанием свинца исчезли из оборота. Еще одной особенностью иранских латуней и бронз, содержащих свинец, для указанного периода авторы считают присутствие примесей мышьяка и сурьмы, считая, что аналогичная тенденция отмечена в латуни периода Фатимидов (X–XII вв.), а, значит, признается общей для всего исламского мира. В двойных латунях эти химические элементы отсутствуют¹⁸.

¹⁸ Orfanou et al 2018. Напомним о примесях мышьяка и сурьмы в ременных и других изделиях горностепной зоны Восточной Евразии, которые вместе с висмутом, по мнению Л.В. Коньковой

Несомненное, хотя и опосредованное влияние на развитие центральноазиатских средневековых медеплавильных традиций оказывали металлургические традиции китайских мастеров. Главной особенностью ранней древнекитайской бронзы исследователи единодушно считают господство техники литья; другие способы обработки металла – ковка и чеканка – китайскими мастерами почти не употреблялись. Изготовление литых изделий определяло характеристики сплава Cu-Sn-Pb. Соотношение отдельных элементов могло различаться в зависимости от времени и места выпуска изделия. Так, содержание меди в древнекитайских бронзах колеблется от 63,3 до 93,3%, олова – от 1,7 до 21,5% и свинца – от 0,007 до 26%. Олово и свинец повышают мягкость и тягучесть металла, снижают температуру плавления, облегчают отливку и дальнейшую обработку предметов. Повышение содержания олова выше 10% в бронзовом сплаве придает изделию желтоватый оттенок, при доведении содержания олова до 30% и более появляется серебристый цвет. По результатам изучения 34 китайских бронзовых зеркал китайские и английские исследователи приходят к выводу о существовании «типичного рецепта» их сплава Cu-Sn-Pb (Cu – 70%, Sn – 25% и Pb – 5%) для периода V в. до н.э. – VI в. н.э. Отмечено, что если на ранних этапах колебания концентраций отдельных элементов в сплаве были наиболее ярко выражены, то поздние изделия отражают явную тенденцию к стандартизации¹⁹.

В то же время длительная традиция использования свинцовых бронз особенно хорошо иллюстрируется средневековыми китайскими монетами. Была проанализирована серия монет (около 550) из коллекции Британского музея. В эпоху Тан (618–907) в составах монет использовалась свинцовая бронза Cu-Pb. Все три выделенные группы монет Тан были изготовлены из бронзовых свинцовых сплавов. Свинцовая бронза (Cu-Pb) продолжала использоваться для изготовления монет при правлении династий Сун, Цзинь и Юань (960–1368), но в некоторых областях железная чеканка заменила бронзу. Это отражало попытку правительства справиться с сокращением поставок меди. Некоторые районы, близкие к северным династиям Ляо и Цзинь, использовали железную чеканку как попытку создать барьер для экспорта бронзовых монет на территории этих династий.

До 1068 г. содержание меди в свинцовой бронзе держалось в пределах 66–77%, но затем оно несколько снизилось до 63–73%. В 1127 г. династия Сун потеряла Северный Китай и, следовательно, часть своих медных источников. Это привело к продолжающемуся снижению «медных монетных стандартов» с расширением диапазона концентраций меди, большинство монет сохраняло «медный стандарт» в пределах 56–73%. После потери северных территорий содержание меди в монетах снизилось до 50–60%. Но уже в эпоху династии Цзинь (1115–1234) в бронзовых монетах зафиксировано содержание меди в 71–83%²⁰.

Монеты (224 экз.) династии Сун (около 990–1080) были проанализированы с помощью метода энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии. Практиче-

(1996, 166–168), наиболее информативны для выделения геохимических групп металла, что позволило выделить пласты геохимически сходного металла.

¹⁹ Zhangsun et al 2017.

²⁰ Bowman et al. 2005.

ски все монеты были изготовлены из свинцовой бронзы без применения цинка²¹. Появление значимых серий китайских предметов из латуни (монеты, статуи и др.) связывают с периодом династии Мин (1368–1644), хотя имеются единичные свидетельства и о более ранних случаях ее использования в период династии Сун.

Возможно, с влиянием китайской бронзолитейной традицией связаны «чжурчжэньские» бронзовые предметы XII–XIII вв. из раскопок Ананьевского городища в Приморском крае. По данным проведенного аналитического исследования, детали поясного набора содержали медь, олово и свинец в сплаве типа Cu-Sn-Pb. Известно, что в небольших количествах олово (Sn) входит в твердый раствор меди (Cu) и не ухудшает механических свойств металла, при включении в бронзу более 8–10% олова пластичность сплава резко ухудшается, а критично содержание олова около 25%. Приводя эту информацию, нельзя не обратить внимание на весьма необычно высокое содержание олова в сплаве (25–45%), что должно было отразиться на качестве предметов.

Авторы публикации полагают, что значительное количество свинца (Pb) во всех образцах (в пределах 10,75–28,71%) неслучайно: вероятно, он добавлялся для понижения температуры плавления. Свинец практически нерастворим в меди, дает с ней легкоплавкие эвтектики, в бронзе присутствует в виде обособленных свинцовых включений, при высоком содержании понижает механические свойства сплава и придает неоднородность изделиям. Бронзы содержат примеси Zn, Fe, Al, Ag, скорее всего перешедшие из руд. По мнению авторов публикации, следует учесть, что все проанализированные предметы – декоративные изделия, поэтому, возможно, чжурчжэни не предъявляли особых требований к свойствам сплава²².

Несколько слов необходимо сказать о специфике создания латуней (напомним, что среди ременных украшений из Центральной Азии, о которых шла речь выше, есть и латунные). Первые цинковые сплавы выплавлялись из богатых цинком медных руд с образованием сырых латуноподобных металлов. «Каламиновья латунь» производилась с использованием процесса цементации, при котором медь плавилась в тигле вместе с измельченной смитсонитовой (или каламиновой) рудой. В то время цинк не производился массово в чистом металлическом виде, медь, древесный уголь и цинковая руда использовались в древнем процессе «сжигания латуни». Цинковую руду и древесный уголь измельчали и хорошо смешивали. Полученную смесь помещали вместе с кусочками меди в тигель, нагретый до 950–1000° С. В отсутствие атмосферного кислорода древесный уголь забирал кислород, необходимый для сжигания его из руды, производя металлический элементарный цинк. Однако температура процесса была намного выше точки кипения цинка (907° С), так что первоначально в тигле образовались пары цинка. Они растворяли медь и, таким образом, образовывали латунный сплав с содержанием цинка от 15 до 30%. Пары цинка в тигле либо образовывали латунь, растворяя медь, либо выходили из отверстия тигля, где они немедленно превращались в оксид цинка (белесый порошок), связываясь с кислородом воздуха²³.

²¹ Misner et al. 2007.

²² Цыбульская и др. 2010.

²³ Галибин 1990; Гак 2004; Craddock 2009.

Производство цинка в металлическом виде, полученного в процессе дистилляции в закрытом тигле (путем конденсирования паров Zn), началось в Индии. Не следует забывать, что сплавы, содержавшие элементный цинк, полученный в результате «каламинных» плавок, появились в стране значительно раньше. В Мадхья-Прадеше было исследовано несколько латунных изображений Будды V–VI вв. В сплаве Cu-Zn, из которого были изготовлены ритуальные статуи, содержался высокий процент цинка (от 21 до 30), что означает, что они были сделаны процессом цементации. Убедительные свидетельства (следы литейного производства) выплавки цинка известны только в Раджастане (Западная Индия). Самые первые данные (IX в.) о получении чистого металлического цинка появились в результате исследований продуктов литейного производства из Завара (Южный Раджастан на западе Индии), когда для получения этого металла использовался процесс дистилляции и намеренной конденсации паров²⁴. Таким образом, заварские металлурги заложили основы прорыва в изменении технологии производства латуни примерно в XII–XIII вв., изготавливая подобным образом сплавы в коммерческих масштабах. Объемы производства индийского металлического цинка росли, эти технологии были освоены в XIV в. в Китае, который в XVII в. экспортировал его в Европу, пока там в XVIII в. не был изобретен и внедрен свой способ получения столь важного для цветной металлургии серебристого металла²⁵.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итоги, можно предположить, что выбор определенного медного сплава при изготовлении тех или иных изделий был продиктован в первую очередь технологией производства, иногда вопросами экономии, реже эстетическими соображениями (подбор цветовых оттенков). Сплавы со значимыми добавками свинца были предпочтительны для отливок, а двойная латунь или цинкосодержащая бинарная бронза – дляковки предметов. В период господства Тюркского каганата и Омейядов в VI–VII вв. на территориях Центральной Азии преобладали различные виды оловянных или свинцовых бронз. Приблизительно с VIII в., особенно в районах, граничащих с Ближним Востоком и Индией, все активнее используются цинкосодержащие сплавы (изготовленные в результате процесса цементации), но они применяются наряду с оловянными и свинцовыми бронзами. Исключение составляет Китай, который осваивает выпуск латунных изделий в значимых объемах лишь с XIV в. (о единичных случаях, относимых к эпохе Сун, сказано выше)²⁶. Ситуация меняется в результате монгольских завоеваний. Ста-

²⁴ Летучесть цинка требовала значительного умения литейщика и специальных приспособлений в условиях стационарных мастерских. Напомним, что немногочисленные, наиболее качественные в художественном отношении ременные украшения из Саяно-Алтая (шире – Центральной Азии) изготовлены из латуни и, скорее всего, представляют «импорт» из регионов с развитым ремесленным производством.

²⁵ Kharakwal, Gurjar 2006.

²⁶ Отметим, что в хрониках династии Тан упоминаются племена, проживающие в районах между Северным Афганистаном и Северной Индией, производящие латунь, – см. Малявкин 1989, 85. Э. Шефер писал, что китайцы империи Тан были знакомы с латуной как с персидским товаром. Ее ввозили для придворных ремесленников, а шла она на отделку поясов чиновников высокого ранга – см. Шефер 1981, 338.

рые ремесленные центры исчезают, появляются новые. Использование латуни и бронзы с примесью цинка резко возрастает, и увеличивается количество кованных изделий.

Понимание векторов развития средневекового медеплавильного производства, распространения тех или иных сплавов на медной основе в государствах оседлой культуры с развитой ремесленной традицией имеет первостепенное значение. В среду кочевников и полукочевников Центральной Азии часть металлических предметов могла попадать в виде готовых изделий или лома именно из таких ремесленных центров. Ременные и другие украшения всадников комплексно (включая состав металла) изучены для Саяно-Алтая и прилегающих территорий Центральной Азии. Сопоставление имеющихся результатов исследования сплавов на медной основе с материалами о развитии медеплавильного производства в центрах развитого ремесла позволяет, как и в случае с декором (о чем сказано выше), выделить условное юго-западное, а также юго-восточное направления влияний.

Накопление массовых данных о составе металла изделий в среде «степняков» позволит в дальнейшем использовать эту информацию для еще более обоснованной оценки и конкретизации направлений культурных влияний в Центральной Азии. Чрезвычайно активные потоки людей, товаров и технологий в обоих направлениях (условные запад–восток) в средневековье, смешение традиций на разных территориях по-прежнему оставляют нерешенными вопросы о конкретных источниках поступления в «контактные» степные зоны Центральной Азии в первую очередь немногочисленных изделий высокого качества из бронзы и латуни.

ЛИТЕРАТУРА

- Гак, Е.И. 2004: О древнейших латунях Евразии. В сб.: Л.Т. Яблонский (ред.), *Древний Кавказ: Ретроспекция культур. XXIV Крупновские чтения по археологии Северного Кавказа*. М., 47–48.
- Галибин, В.А. 1990: Древние сплавы на медной основе (основные принципы интерпретации). В сб.: А.М. Ждановский, И.И. Марченко (ред.), *Древние памятники Кубани*. Краснодар, 175–182.
- Горбунова, Т.Г., Тишкин, А.А., Хаврин, С.В. 2009: *Средневековые украшения конского снаряжения на Алтае: морфологический анализ, технологии изготовления, состав сплавов*. Барнаул.
- Иванова, Е.В., Дубровин, А.Ф. 2014: *108 образов Будды. Исследование коллекции № 5942 из собрания Музея антропологии и этнографии (Кунсткамеры) РАН*. СПб.
- Конькова, Л.В. 1986: Спектральные и металлографические исследования средневековых дальневосточных бронз. В сб.: В.Д. Ленков и др. (ред.), *Методы естественных наук в археологическом изучении древних производств на Дальнем Востоке СССР*. Владивосток, 101–116.
- Конькова, Л.В. 1989: *Бронзолитейное производство на юге Дальнего Востока СССР, рубеж II–I тыс. до н.э. – XIII век н.э.* Л.
- Конькова, Л.В. 1995: Традиции в обработке древних и средневековых бронз в Евразии. Проблемы создания баз данных. В сб.: Д.Д. Васильев и др. (ред.), *Международная конференция «Памятники духовной, материальной и письменной культуры древнего и средневекового Востока»*. М., 36–38.
- Конькова, Л.В. 1996: *Дальневосточные бронзы и традиции цветной металлообработки в степной Азии*: дис. на соис. степ. дист.н. М.

- Конькова, Л.В. 2008: Приложение 8. Тюхтятский клад: технология изготовления и состав цветного металла ременных украшений. В кн.: Король, Г.Г. Искусство средневековых кочевников Евразии. Очерки. *Труды Сибирской Ассоциации исследователей первобытного искусства*. V. М.–Кемерово, 301–311.
- Конькова, Л.В., Король, Г.Г. 2010: Состав металла и технология изготовления средневековых ременных украшений из могильников Хойцегор и «На Увале» (Южное Забайкалье). В сб.: А.А. Тишкин (ред.), *Торевтика в древних и средневековых культурах Евразии*. Барнаул, 63–66.
- Король, Г.Г. 2015: Культурные влияния в Центральной Азии и на сопредельных территориях рубежа I–II тыс. н.э. (по материалам торевтики малых форм). *Российская археология* 4, 64–77.
- Король, Г.Г., Конькова, Л.В. 2009а: Средневековые ременные украшения из Минусинской котловины: собрания XIX в. в коллекциях Эрмитажа. В сб.: А.А. Тишкин (ред.), *Теория и практика археологических исследований* 5. Барнаул, 139–149.
- Король, Г.Г., Конькова, Л.В. 2009б: Средневековые ременные украшения из раскопок в Туве в коллекциях Государственного Эрмитажа. В сб.: Ю.Ф. Кирюшин, А.А. Тишкин (ред.), *Роль естественно-научных методов в археологических исследованиях*. Барнаул, 287–296.
- Малявкин, А.Г. 1989: *Танские хроники о государствах Центральной Азии*. Новосибирск.
- Цыбульская, О.Н., Буравлев, И.Ю., Юдаков, А.А., Никитин, Ю.Г. 2010: Использование физико-химических методов анализа при изучении археологических объектов. *Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук* 5, 85–91.
- Шавкунов, Э.В., Конькова, Л.В., Хорев, В.А. 1987: Бронзовые зеркала Ананьевского городища. В сб.: Э.В. Шавкунов и др. (ред.), *Вопросы археологии Дальнего Востока СССР*. Владивосток, 80–95.
- Шэфер, Э. 1981: *Золотые персики Самарканда. Книга о чужеземных диковинах в империи Тан*. М.
- Bowman, S., Cowell, M., Cribb, J. 2005: Two Thousand Years of Coinage in China: An Analytical Survey. In: H. Wang et al. (eds.), *Metallurgical analysis of Chinese coins at the British Museum. British Museum Research Publication*. 152. London, 5–61.
- Bue, E.L. 1991: Statuary metals in Tibet and the Himalayas: history, tradition and modern use. *Bulletin of Tibetology* 01-03, 7–35.
- Craddock, P.T. 2009: The origins and inspirations of zinc smelting. *Journal of materials science* 44 (9), 2181–2191.
- Gudrun, J. 2006: *Tibetische Amulette aus Himmels-Eisen. Las Geheimnis der Toktschaks / Toglcags*. Rahden.
- Kharakwal, J., Gurjar, L. 2006: Zinc and brass in archaeological perspective. *Ancient Asia* 1, 139–159.
- Misner, J., Boats, J., Benvenuto, M.A. 2007: ‘Chemical Composition of Song Dynasty, Chinese, Copper-Based Coins via Energy Dispersive X-Ray Fluorescence. In: M. Glascock et al. (eds.), *Archaeological Chemistry: Analytical Techniques and Archaeological Interpretation. ACS Symposium Series*. 968. Washington, 231–245.
- Orfanou, V., Collinet, A., El Morr, Z., Bourgarit, D. 2018: Archaeometallurgical investigation of metal wares from the medieval Iranian world (10th–15th centuries): The ISLAMETAL project. *Journal of Archaeological Science* 95, 16–32.
- Park, J. S., Voyakin, D. 2009: The key role of zinc, tin and lead in copper-base objects from medieval Talgar in Kazakhstan. *Journal of Archaeological Science* 36 (3), 622–628.
- Reedy, C.L. 1997: *Himalayan bronzes: technology, style, and choices*. Newark–London.
- Zhangsun, Y.Z., Liu, R.L., Jin, Z.Y., Pollard, A.M., Lu, X., Bray, P.J., Fan, A.C., Huang, F. 2017: Lead Isotope Analyses Revealed the Key Role of Chang’an in the Mirror Production and Distribution Network During the Han Dynasty. *Archaeometry* 59 (4), 685–713.

REFERENCES

- Bowman, S., Cowell, M., Cribb, J. 2005: Two Thousand Years of Coinage in China: An Analytical Survey. In: H. Wang et al. (eds.), *Metallurgical analysis of Chinese coins at the British Museum. British Museum Research Publication*. 152. London, 5–61.
- Bue, E.L. 1991: Statuary metals in Tibet and the Himalayas: history, tradition and modern use. *Bulletin of Tibetology* 01-03, 7–35.
- Craddock, P.T. 2009: The origins and inspirations of zinc smelting. *Journal of materials science* 44 (9), 2181–2191.
- Gak, E.I. 2004: O drevney shikhlatunyakh Evrazii [Concerning the most ancient brass items in Eurasia]. In: L.T. Yablonskiy (ed.), *Drevniy Kavkaz: Retrospektiya kul'tur. XXIV Krupnovskie chteniya po arkheologii Severnogo Kavkaza* [Ancient Caucasus: A retrospective view on cultures. The XXIVth Krupnov readings on the archaeology of the North Caucasus]. Moscow, 47–48.
- Galibin, V.A. 1990: Drevnie splavy na mednoy osnove (osnovnye printsipy interpretatsii) [Ancient copper-based alloys (the basic principles of interpretation)]. In: A.M. Zhdanovskiy, I.I. Marchenko (eds.), *Drevnie pamyatniki Kubani* [Ancient monuments of the Kuban]. Krasnodar, 175–182.
- Gorbunova, T.G., Tishkin, A.A., Khavrin, S.V. 2009: *Srednevekovye ukrasheniya konskogo snaryazheniya na Altae: morfologicheskii analiz, tekhnologii izgotovleniya, sostav splavov* [Medieval decoration of horse harness in the Altai: morphological analysis, manufacturing technology, composition of alloys]. Barnaul.
- Gudrun, J. 2006: *Tibetische Amulette aus Himmels-Eisen. Las Geheimnis der Toktschaks / Toglcags*. Rahden.
- Ivanova, E.V., Dubrovin, A.F. 2014: *108 obrazov Buddy. Issledovaniyekolleksii № 5942 iz sobraniya Muzeya antropologii i etnografii (Kunstkamery) RAN* [108 images of Buddha. Research of collection No. 5942 housed at the Museum of Anthropology and Ethnography (Kunstkamera), RAS]. Saint Petersburg.
- Kharakwal, J., Gurjar, L. 2006: Zinc and brass in archaeological perspective. *Ancient Asia* 1, 139–159.
- Kon'kova, L.V. 1986: Spektral'nye i metallograficheskie issledovaniya srednevekovykh dal'nevostochnykh bronz [Spectral and metallographic investigations of medieval Far Eastern bronze items]. In: V.D. Len'kov et al. (eds.), *Metody estestvennykh nauk v arkheologicheskoi izucheni i drevnykh proizvodstv na Dal'nem Vostoke SSSR* [Scientific methods in archaeological study of ancient techniques in the Far East of the USSR]. Vladivostok, 101–116.
- Kon'kova, L.V. 1989: *Bronzolitaynoe proizvodstvo na yuge Dal'nego Vostoka SSSR, rubezh II–I tys. do n.e. – XIII vek n.e.* [Bronze-casting craft in the southern Far East of the USSR: the boundary of the 2nd–1st millennium BC to the 13th c. AD]. Leningrad.
- Kon'kova, L.V. 1995: Traditsii v obrabotke drevnykh i srednevekovykh bronz v Evrazii. Problemy sozdaniya bazdannykh [Ancient and medieval bronzes processing tradition in the Eurasia. The issues of creating of databases]. In: D.D. Vasil'ev et al. (eds.), *Mezhdunarodnaya konferentsiya "Pamyatniki dukhovnoy, material'noy i pis'mennoy kul'tury drevnego i srednevekovogo Vostoka"* [International conference "Spiritual, material and written heritage of the ancient and medieval East"]. Moscow, 36–38.
- Kon'kova, L.V. 1996: *Dal'nevostochnye bronzy i traditsii tsvetnoy metalloobrabotki v stepnoy Azii*: PhD [The far-eastern bronzes and non-ferrous metalworking traditions in the Steppe Asia] [Manuscript]. Moscow.
- Kon'kova, L.V. 2008: Prilozhenie 8. Tyukhtyatskiyn klad: tekhnologiya izgotovleniya i sostav tsvetnogo metalla remennykh ukrasheniy [Appendix 8. The treasure of Tyuhtyat: craft-

- ing technology and composition of belt ornaments of non-ferrous metal]. In: Korol, G.G. *Iskusstvo srednevekovykh kochevnikov Evrazii. Ocherki* [Essays on the art of medieval eurasian nomads]. *Trudy Sibirskoy Assotsiatsii issledovateley pervobytnogo iskusstva* [Proceedings of the Siberian Association of Prehistoric Art Researchers] V. Moscow–Kemerovo, 301–311.
- Kon'kova, L.V., Korol, G.G. 2010: Sostav metalla i tekhnologiya izgotovleniya srednevekovykh remennykh ukrasheniy iz mogil'nikov Khoytsegori "Na Uvale" (Yuzhnoe Zabaykal'e) [Composition of metal and crafting technology of medieval belt ornaments from the Khoytsegor and "Na Uvale" burial grounds (Southern Transbaikalia)]. In: A.A. Tishkin (ed.), *Torevtika v drevnikh i srednevekovykh kul'turakh Evrazii* [Toreutics in ancient and medieval cultures of Eurasia]. Barnaul, 63–66.
- Korol, G.G. 2015: Kul'turnyy evliyaniya v Tsentral'noy Azii i na sopredel'nykh territoriyakh ru-bezha I–II tys. n.e. (pomaterialam torevtiki malykh form) [Cultural influences in Central Asia and adjacent areas of the turn of the 1st and 2nd millenniums AD (based on toreutics of small forms)]. *Rossiyskaya arkheologiya* [Russian Archaeology] 4, 64–77.
- Korol, G.G., Kon'kova, L.V. 2009a: Srednevekovye remennye ukrasheniya iz Minusinskoy kotloviny: sobraniya XIX v. v kollektsiyakh Ermitazha [Medieval belt ornaments from the Minusinsk depression: 19th century's collections housed at the Hermitage Museum]. In: A.A. Tishkin (ed.), *Teoriya i praktika arkheologicheskikh issledovaniy* [Theory and practice of archaeological research] 5. Barnaul, 139–149.
- Korol, G.G., Kon'kova, L.V. 2009b: Srednevekovye remennye ukrasheniya iz raskopok v Tuve v kollektsiyakh Gosudarstvennogo Ermitazha [Medieval belt ornaments from the excavations in Tuva housed at the State Hermitage Museum]. In: Yu.F. Kiryushin, A.A. Tishkin (eds.), *Rol' estestvenno-nauchnykh metodov v arkheologicheskikh issledovaniyakh* [The role of scientific methods in archaeological research]. Barnaul, 287–296.
- Malyavkin, A.G. 1989: *Tanskiye khroniki o gosudarstvakh Tsentral'noy Azii* [Tang chronicles about the states of Central Asia]. Novosibirsk.
- Misner, J., Boats, J., Benvenuto, M.A. 2007: Chemical Composition of Song Dynasty, Chinese, Copper-Based Coins via Energy Dispersive X-Ray Fluorescence. In: M.D. Glascock et al. (eds.), *Archaeological Chemistry: Analytical Techniques and Archaeological Interpretation. ACS Symposium Series*. 968. Washington, 231–245.
- Orfanou, V., Collinet, A., El Morr, Z., Bourgarit, D. 2018: Archaeometallurgical investigation of metal wares from the medieval Iranian world (10th–15th centuries): The ISLAMETAL project. *Journal of Archaeological Science* 95, 16–32.
- Park, J. S., Voyakin, D. 2009: The key role of zinc, tin and lead in copper-base objects from medieval Talgar in Kazakhstan. *Journal of Archaeological Science* 36 (3), 622–628.
- Reedy, C.L. 1997: *Himalayan bronzes: technology, style, and choices*. Newark–London.
- Shavkunov, E.V., Kon'kova, L.V., Khorev, V.A. 1987: Bronzovye zerkala Anan'evskogo gorodishcha [Bronze mirrors from Ananyevskoe hillfort]. In: E.V. Shavkunov et al. (eds.), *Voprosy arkheologii Dal'nego Vostoka SSSR* [Issues of the Archaeology of the Far East of the USSR]. Vladivostok, 80–95.
- Shefer, E. 1981: *Zolotyie persiki Samarkanda. Kniga o chuzhezemnykh dikovinakh v imperii Tan* [Samarkand Golden Peaches. A book about alien wonders in the Tang Empire]. Moscow.
- Tsybul'skaya, O.N., Buravlev, I.Yu., Yudakov, A.A., Nikitin, Yu.G. 2010: Ispol'zovanie fizikokhimicheskikh metodov analiza pri izuchenii arkheologicheskikh ob'ektov [Application of physicochemical methods of analysis in the study of archaeological objects]. *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk* [Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences] 5, 85–91.
- Zhangsun, Y.Z., Liu, R.L., Jin, Z.Y., Pollard, A.M., Lu, X., Bray, P.J., Fan, A.C., Huang, F. 2017: Lead Isotope Analyses Revealed the Key Role of Chang'an in the Mirror Production and Distribution Network During the Han Dynasty. *Archaeometry* 59 (4), 685–713.

COPPER-BASED ALLOYS IN METALWORKING OF THE REGIONS
OF CENTRAL ASIA IN THE 6th–13th cc.

(based on studies of the chemical composition of archaeological and museum objects)

Eduard A. Greshnikov¹, Galina G. Korol²¹ National research center “Kurchatov institute”, Moscow, Russia
levkon1963@yandex.ru² Institute of Archaeology RAS, Moscow, Russia
ggkorol08@rambler.ru

Abstract. In Central Asia of the early Middle Ages, belt sets and other horseman and horse ornaments, amulets, and other objects made mainly of copper-based alloys were popular among the Turkic-speaking and other peoples. The characteristic decor of objects indicates the principal directions of cultural influence: provisional south-west (East Turkestan, Central Asia, Middle and even the Near East) and south-east (China). The study of the metal composition of these products suggests their different origins, however, it cannot be specified where they could be manufactured without knowing the general picture of copper-smelting centres in settled states with developed craft tradition surrounding “steppe people”. The paper presents the results of applying modern analytical methods in the research of oriental early medieval bronze and brass. We restrict our attention here to the period of domination of Turkic Khanate and Umayyad Caliphate until Mongol invasion in Central Asia. Particular attention is paid to the connection between metalworking techniques for artifacts of different purpose and elemental compositions of bronzes and brass. The results indicate that the concentration of different components (Cu, Pb, Sn, Zn) in the alloys such as bronze and brass influenced the metalworking technology used for a particular object. The composition of alloys and the associated method of production are affected by cultural traditions and the availability of resources and technologies. Many copper-based metal objects were examined using X-ray fluorescence analysis, energy dispersive X-ray spectrometry, atomic absorption spectrometry, and inductively coupled plasma atomic emission spectrometry. Interdisciplinary methods make it possible to investigate medieval technologies more accurately and understand the direction of development of the metalworking techniques more deeply, as well as to trace the interaction of cultural and technological traditions in the vast region of Asian continent. It is proposed to consider this period as a transitional stage in the development of Central Asian copper metalworking, since during this period the old traditional formulations of bronze alloys still remained while new cast techniques emerged related to the incorporation of zinc into the elemental compositions of the copper-based metal objects. The authors suggest that the Mongol conquest should be considered the final event of the transition period, after which brass spread across the region. India and China known as traditional centres of bronze casting metallurgy started producing brass objects since the 12th–13th and 14th century correspondingly. This is the beginning of a new era in the history of metallurgy.

Keywords: copper-based alloys circulation, elemental analysis, archaeometallurgical studies, bronze and brass technology of metalworking, Central Asia region, the Middle Ages