

К. М. БАЙПАКОВ, Д. С. ПАРК, Д. А. ВОЯКИН

ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ИЗ БРОНЗЫ. БЕСАГАШСКИЙ КЛАД

Авторы выражают признательность за поддержку в проведении исследований, результаты которых представлены в статье, совместному исследовательскому проекту The KOSEF-MAS Cooperative Program, Project # F01-2005-000-10051-0. 2005-2006.

В урочище Солдатская щель в 1991 году при нивелировке участка, расположенного на берегу горной речки Бесагаш, притока реки Талгарки, жителями поселка им. Рыскулова был обнаружен клад бронзовой посуды (рис. 1). Шесть сосудов были извлечены из ямы, глубина которой достигала около двух метров. Обломок большого

рашенный по боковине тремя дуговидными, параллельными валиками трапециевидного сечения, сверху были размещены две вертикальные дуговидные ручки, в нижней части имелся расширяющийся к низу поддон; ковш-курильница с подквадратной полой горизонтально прикрепленной рукоятью; а также фрагменты двух других котлов. На поверхности сосудов видны неудаленные следы литейных швов. Клад датирован V–IV вв. до н.э.¹

Объектами данного исследования стали пять бронзовых сосудов (рис. 2). Небольшой образец был взят с каждого сосуда и затем подготовлен

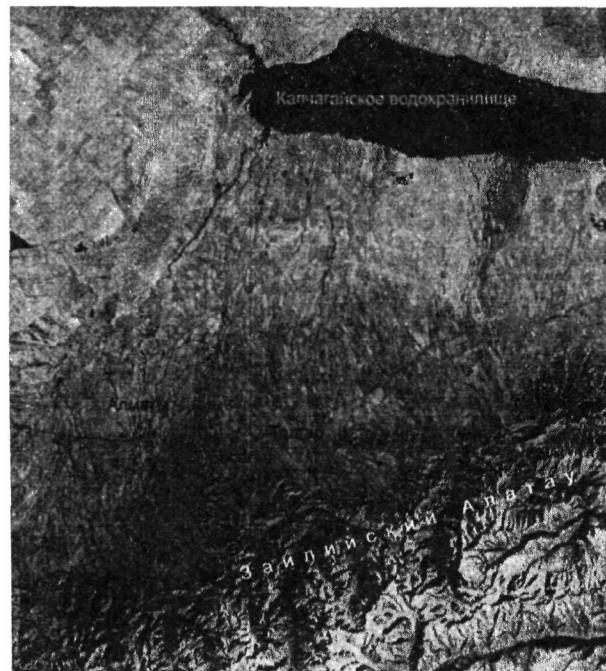


Рис. 1. Карта

котла, диаметр венчика которого достигал 60 см, прикрывал остальные сосуды: котел с шаровидным слегка приплюснутым туловом, тремя ручками и носиком сливом; котел с шаровидным туловом и двумя дуговидными ручками; миниатюрный котел с яйцевидно-сферическим туловом, ук-



Рис. 2. Сосуды Бесагашского клада

для проведения микроструктурного анализа, следуя стандартной процедуре, включающей в себя шлифовку и полировку. После чего микроструктура каждого образца была изучена при помощи оптического микроскопа, а также сканирующего электронного микроскопа (SEM). Химическая

¹ Байпаков К.М., Исмагил Р.Б. Бесагашский клад бронзовой посуды из Семиречья// Известия МН АН. Сер. общ. наук. Алматы, 1996. № 2. С. 42-51.

композиция образцов вычислена при помощи рентгеноспектрального спектрометра на основе метода энергетической дисперсии (EDS), укомплектованного SEM.

Фотографии микроструктур, представленные на рис. 3, показывают, что они имеют простую микроструктуру и состоят из меди Cu, обозначенno в металлургии как α. Нет свидетельства наличия других способов обработки металла, за исключением литья, что отчетливо явствует из представленных микроструктур. Небольшие, равно как и крупных размеров, темные области, отчетливо видимые на рис. 3, а (образец артефакта, изображенного на рис. 2, d), соотносятся

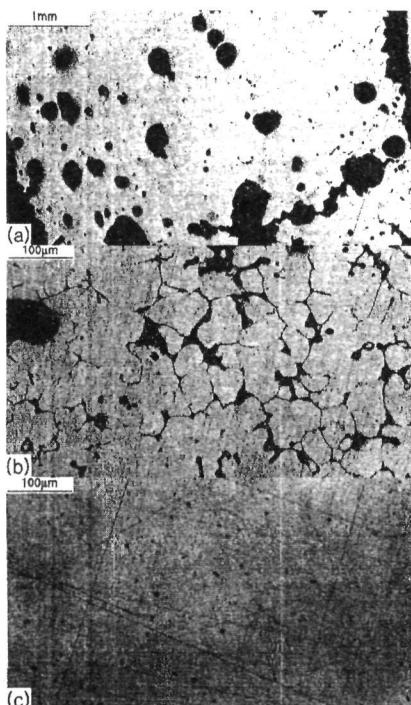


Рис. 3. Оптическая микрография. Микроструктуры перед травлением. (а), (б), (с) с артефактами (д), (а), (ф), представленных на рис. 2

с полостями, являющимися результатом включения пузырьков газа, появившихся в процессе плавки рис. 3b, (образец, взятый с изделия, представленного на рис. 2, a), также показывает наличие полостей, но в значительно меньшем объеме. Полости сформировались вдоль границ зерна, поэтому структура зерна ясно видима. Рис. 3, с (образец артефакта, изображенного на рис. 2, f) является собой иную морфологическую осо-

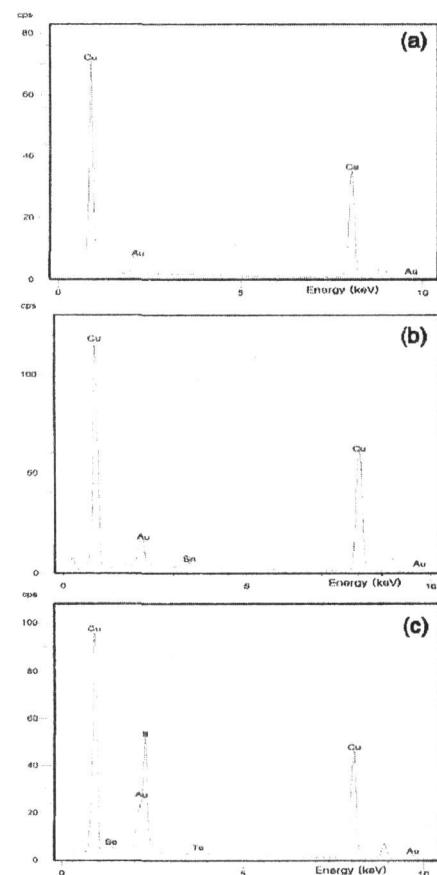


Рис. 4. EDS спектр.
(а), (б), (с) с артефактами (д), (а), (ф), изображенных на Рис. 2.

Рис. 4. EDS спектр. (а), (б), (с) с артефактами (д), (а), (ф), представленных на рис. 2

бенность, обнаруженную во всех изделиях. Здесь количество мельчайших частиц распространено на всей поверхности. При тщательном рассмотрении становится заметно, что частицы в большинстве осели вдоль границ зерна и подобно полостям, видимым на рис. 3, б, обрисовывают его структуру. Это частицы второй фазы, включенные в структуру меди, происхождение которых будет коротко обрисовано ниже.

Спектр EDS на рис. 4 открывает несколько важных фактов, показывающих химическую композицию представленных артефактов. Спектры всех артефактов, за исключением представленных на рис. 2, d, схожи с изображенными на рис. 3, а (анализ фрагмента бронзового котла, рис. 2, a). Только две вершины идентифицировали медь (Cu) и золото (Au). В этом случае, как и в после-

² Wheeler Tamara S. and Maddin Robert. Metallurgy and Ancient Man// The Coming of the Age of Iron. Wertime Theodore A. and Muhly James D. eds., Yale University Press, New Haven and London. 1980. P. 99-126.

Результаты исследований изделий из бронзы Бесагашского клада (IV-V вв. до н.э.)

No	ID	Тип	Sn (%)	Pb (%)	Zn (%)	Метод производства	Комментарии
1	B16	Сосуд	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Литье	Сульфид без железа, халькоцит (Cu_2S)
2	B18	»	»	»	»	»	
3	B19	»	»	»	»	»	
4	B20	»	»	»	»	»	
5	B21	Ручка	»	»	»	»	Фрагмент B20
6	B15	Сосуд	2.2	»	»	»	

дующих спектрах, вершина Au является следствием золотого покрытия, примененного в ходе подготовки образца для изучения сканирующим электронным микроскопом, и не имеет отношения к самому образцу. Поэтому на основании данных EDS становится очевидно, что большинство артефактов на рис. 2 состоят исключительно из меди. Исключение (рис. 4, b) составляет артефакт, изображенный на рис. 2, d, в состав которого наряду с медью входит небольшое количество олова (Sn). Содержание олова, как это видно на рис. 4, b, составляет менее 2% от общей массы. График, представленный на рис. 4, c, характеризует одну из частиц второй фазы, прослеженной в артефакте, показанном на рис. 2, a. Очевидно, что эти частицы, так же, как и представленные на рис. 3, c, значительно выше в содержании S и сульфида меди. Частицы сульфида меди не содержат железа как на рис. 4, c, что может быть объяснено плавкой специфической руды, такой, как малахит или азурит, несущих в себе небольшое количество серы².

Вышеприведенные результаты, несмотря на их простоту и технические особенности, поднимают серию важных вопросов, касающихся эволюции технологии изготовления бронзы на территории Семиречья. Прежде всего, представленные артефакты, не бронзовые, а медные, сформированные методом литья. Небольшое количество Sn было обнаружено в одном образце и должно быть, по всей видимости, отнесено к фактору случайности и не может служить свидетельством существования практики использования олова в качестве примеси.

Принимая во внимание географическое расположение территории Семиречья как связую-

щего звена между Востоком и Западом в евразийском пространстве, удивительно видеть эту область, пребывающую в стадии использования меди, несмотря на то, что соседние области, как на востоке, так и на западе, уже имели крепко устоявшуюся технологию изготовления бронзы, основанную на использовании примесей в меди, таких, как Sn, Pb или As. Китай, например, известен своим ранним производством бронзы с высоким содержанием олова, а также зачастую и со значительными добавками Pb³.

Очевиден положительный эффект от использования примесей в повышении качества литья. Примеси позволяют проводить плавку при более низкой температуре, а также имеют более высокую текучесть. Однажды замеченное качество примесей могло быть сразу использовано для избавления от одного из самых больших недостатков в процессе плавки – появления полостей, подобно тем, которые изображены на рис. 3, a и 3, b. Отсутствие такой практики показывает, что древние металлурги либо игнорировали концепцию примесей, либо не имели в наличии необходимого сырья, особенно Sn. Можно предположить, что в то время Семиречье не находилось сферой сильного влияния извне, по крайней мере, в техническом плане, или налицо острая нехватка Sn и Pb.

Недавно проведенное исследование бронзовых изделий, обнаруженных при раскопках средневекового Талгара и Отара⁴, позволило установить появление некоторых значительных изменений в сравнении с представленными в статье результатами. Наиболее видимые из них выражены в использовании Sn, Pb и Zn в качестве примесей. Использование новых руд принесло в

³ Chase W. T. Chinese bronzes and Microstructure,» Proceedings of The Forum for The Fourth International Conference on the Beginning of the Use of Metals and Alloys (BUMA-IV), BUMA-IV Forum Organizing Committee & Japan Institute of Metals, Shimane, Japan (1996). P. 9-23.

⁴ Baipakov K.M., Park J. S., Voyakin Dmitriy. Technical Aspects of Bronze Artifacts from the Medieval Otrar Site in Kazakhstan," Manuscript under preparation for publication (2005).

структуре металла наличие серы и железа как халькопирит, а также введение различных термомеханических способов обработки изготовления изделия, следующих за процессом литья. Нет никаких сомнений в том, что эти изменения произошли благодаря местным техническим инновациям в тесной связи с влиянием извне. В данное время не известно, как это произошло. Но некоторые технические аспекты, выраженные в статье, являются отправными точками, с которых может быть начата разработка этой проблемы. Артефакты с широким времененным и территориальным спектром должны изучаться для определения изменений в технической сфере во временном и территориальном диапазонах. Методология этого исследования, а также полученные результаты могут быть использованы в будущем в качестве основания для сравнения и нахождения различий.

Резюме

Жетісүйдің территориясынан табылған ерте темір ғасыры (б.д.д. 4-5 ғғ.) көнінің бес қола бұйымын металлографиялық зерттеу жөнінде мәлімет беріледі. Артефактылардың типологиялық қырлары бұған дейін Байпаков пен Имагилдың (1996 ж.) макаласында сипатталған болатын.

Бұл жұмыс 2005–2006 жж. KOSEF-MAS Project # F01-2005-000-10051-0 бірлескен зерттеу жобасының қаржылай көмегімен жүзеге асырылды.

Summary

This article is to report findings from the metallographic examination of the 5 bronze artifacts recovered from the Bronze Age site located in the territory of Semirechie in the Republic of Kazakhstan (Figure 1). The site was estimated to have been used around the 5th - 4th century BC. The typological aspects of the artifacts have already been discussed by Baipakov and Ismagil (1996).

This work was supported by the 2005-2006 Joint Research Project under The KOSEF-MAS Cooperative Program, Project # F01-2005-000-10051-0.»