

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ЕВКЛИДОВОЙ МЕТРИКИ ДЛЯ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА БРОНЗОВЫХ ЗЕРКАЛ РАННЕГУННСКОГО ПЕРИОДА*

С. Г. Боталов, А. М. Юминов, М. Н. Гиззатуллина

Статья посвящена анализу археологического материала, представленного серией зеркал, обнаруженных в памятниках II—III вв. н. э. на территории Южного Урала. Сравнительный анализ произведен металлографическим методом с последующей кластеризацией разных типов ханьских зеркал, их подражаний, а также сравнительного образца из числа современных реплик. В результате исследования получена новая информация по технологическим особенностям в изготовлении разных типов зеркал, степени их сходства и различия.

Ключевые слова: кочевники, зеркала, кластеризация, металлография.

Бронзовые зеркала являются одним из самых загадочных и специфических археологических артефактов материальной культуры данной эпохи. В этой связи вопросы технологического порядка, связанные с этой категорией артефактов, представляются нам весьма актуальными.

Представленная работа является апробацией метода рентгенофлуоресцентного анализа состава сплава некоторой выборки раннегуннских зеркал. Сущность анализа основана на измерении интенсивности вторичного рентгеновского излучения — спектра исследуемой пробы. По результатам анализа в работе используется расчет Евклидова расстояния точек соотношения признаков в многомерном пространстве, результаты которого позволяют выявить определенные кластеры и отнести к ним конкретные изделия, для большей наглядности и доказательности сравниваются результаты с разными рентгенофлуоресцентными спектрометрами.

Для данного исследования были взяты пять зеркал, являющиеся археологическими артефактами, и одно зеркало приобретено в Китае. Данное зеркало является современной репликой, этот образец явился сравнительным в предложенной серии.

Данная серия представляет большой интерес для реконструкции историко-культурных процессов, происходивших на территории Южного Урала в раннегуннский период II—IV вв. н. э. Главная проблема, которая стоит сегодня перед исследователями — понимание причин попадания восточно-ханьских зеркал и их подражаний на территорию, столь удаленную от очагов изготовления данных предметов и их прототипов в период поздней древности раннего средневековья. Были ли эти подлинные артефакты перенесены с конкретным населением из мастерских северного Китая или их подражания изготавливались кустарным способом в пределах урало-казахстанских степей для каких-либо, прежде всего, ритуальных потребностей? Насколько высока технологическая и типологическая схожесть имеющихся репликаций и пр.

Зеркало № 1 происходит из окрестностей села Наваринка Агаповского района Челябинской об-

ласти, его также можно отнести к подражаниям восьмиарочных зеркал, вместе с ним был обнаружен котел яйцевидной формы (рис. 1, 1) [1, с. 188].

Зеркало № 2 обнаружено в Башкирии и относится к числу зеркал с восьмиарочным орнаментом, который представляет собой как бы утопленную восьмиконечную звезду (рис. 1, 2).

Зеркало № 3 китайское современное включено в выборку с целью сравнения с данной группой зеркал¹ (рис. 1, 3).

Зеркало № 4 — находка из Нижнего Приисетья (Шатровский район Курганской области), было изготовлено из белой бронзы, оборотная сторона частично позолочена. Зеркало найдено во фрагментах, в результате некоторые изображения реконструируются не полностью. Оно относится к так называемому типу «TLV» (рис. 1, 4) [2, с. 34].

Зеркало № 5 из некрополя Малковский Чебаркульского района Челябинской области (курган 1, женское погребение). Погребение датировано III—IV вв. н. э. (рис. 1, 5) [1, с. 188].

Зеркало № 6 обнаружено в некрополе Магнитный (курган № 21) Агаповского района Челябинской области. Погребение датировано III в. (рис. 1, 6).

В общей сложности проведено два рентгено-спектральных анализа, суть которых заключалась в сборе и последующем анализе отражаемого спектра, полученного путем воздействия на исследуемый материал рентгеновского излучения. В первом случае рентгенофлуоресцентного (РФА) анализа производилась на энергодисперсионном рентгеновском спектрометре EDX-900HS. МВИ 223.13.09.123/2007 (SHIMADZU, Япония). Результаты его по 6 диапазонам спектра приведены в процентном соотношении на табл. 1 (анализ № 1).

Для проверки объективности результатов был выполнен следующий этап, где был избран другой рентгенофлуоресцентный спектрометр INNOV-X α-4000. Предварительно поверхность золотых изделия была тщательно очищена от патины и продуктов коррозии в растворах щелочей. Анализы выполнялись в 4—10 точках образца, причем, для уменьшения ошибки измерения, связанной с кривизной

* Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Минобрнауки РФ (госзадание № 33.2644.2014К).

¹ Выражаем особую благодарность С. А. Ханову за предоставленную возможность использования в данной работе зеркал 2, 3.



Рис. 1. 1 — Зеркало, обнаруженное в кургане у села Наваринка Агаповского района Челябинской области; 2 — Зеркало, обнаруженное на правом берегу реки Белой в Башкирии; 3 — Зеркало современной отливки; 4 — Зеркало, обнаруженное в Шатровском районе Курганской области; 5 — Зеркало из могильника Малковский Чебаркульского района Челябинской области; 6 — Зеркало, обнаруженное в могильнике Магнитный Агаповского района Челябинской области

поверхности, выбирались места с наиболее ровными площадками. Площадь анализируемой поверхности составляла около 1 см. Глубина проникновения —

отображения лигатурного сходства и различия зеркал, образующих кластеры, была составлена наглядная схема, отображающая точки в многомерном пространстве.

Таблица 1

Результаты качественно-количественного анализа рентгеноспектральным флуоресцентным методом (изменения по 6 диапазонам спектра)

Анализ № 1

	Cu	Zn	Ni	Pb	Sb	Sn	Fe	As	Au	S	Ca	Cr	Ag	Si
1	61,28	1,25	0,73	10,18	0,12	27,55	0,53	—	—	—	—	—	—	—
2	47,38	—	0,3	7,16	—	44,76	0,32	0,05	—	—	—	—	—	—
3	27,93	—	—	6,8	—	62,03	2,84	0,36	—	—	—	—	—	—
4	44,13	—	0,01	2,23	0,28	41,07	0,2	0,11	11,99	—	—	—	—	—
5	53,6	—	0,05	6,5	0,24	38	—	—	—	0,2	0,6	0,2	0,1	0,1
6	67,88	0,36	0,2	4,75	—	26,64	0,14	—	—	—	—	—	—	—

Анализ № 2

	Cu	Sn	Pb	Ca	Sb	S	Cr	Ag	Si	Ni	Cl	P	As	Fe	Al	Au	Hg	Br
1	53,6	38	6,5	0,6	0,24	0,24	0,12	0,1	0,1	0,05	—	—	—	—	—	—	—	—
2	46,86	40,51	5,42	1,003	—	—	0,09	0,18	—	0,29	1,25	0,79	0,19	0,18	0,13	—	—	—
3	38,3	48	1	1,2	0,7	—	0,12	0,34	0,05	0,27	—	—	—	0,4	—	7,2	1,2	0,7

десятые доли мм. Анализы выполнялись в режиме analytical (для измерений концентраций до 10 %). Время экспозиции — 30 секунд, коллиматор был задан тот же (3 мм) (табл. 1 (анализ № 2)).

Результаты качественно-количественного анализа, проведенного рентгеноспектральным флуоресцентным методом с изменениями по 6 диапазонам спектра, были обработаны методом Евклидовой метрики.

$$d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

Результаты расчетов методом Евклидовой метрики. Расстояние точек в многомерном пространстве первого анализа (табл. 2).

Таблица 2

Результаты расчетов методом Евклидовой метрики. Расстояние точек в многомерном пространстве. Анализ № 1

	1	2	3	4	5	6
1	0	—	—	—	—	—
2	48,16	0	—	—	—	—
3	22,36	26,11	0	—	—	—
4	26,19	29,55	13,87	0	—	—
5	13,56	35,28	9,24	16,16	0	—
6	8,66	53,7	27,46	30,37	18,34	0

В результате чего был установлен порог схожести $\Sigma = 10$. Расчеты результатов анализа 2 подтвердили правильность выбора этого порога схожести. Все последующие расчеты пользовались этим значением. Именно порог схожести дает отправную точку деления на кластеры.

В общей схожести выделилось четыре относительно автономных кластера. Для более наглядного

Изображения точек кластера в многомерном пространстве отображены на схеме (рис. 2).

Зеркало из Малковского могильника и зеркало из подъемных сборов у реки Белой в Башкирии образуют отдельный кластер, своеобразную подгруппу из шести анализируемых нами зеркал. Также очевидно, что кластер образуют зеркала из могильника Магнитный и из кургана у с. Наваринка. Локальный кластер образует зеркало современной отливки из Китая и зеркало из Нижнего Приисетья, которые не попадают ни в один из выделенных нами кластеров и не образуют своей подгруппы. Это свидетельствует о совершенно отличном составе металла этих зеркал.

Выделенные кластеры достаточно иллюстративно показали, что локализованные позиции двух зеркал: № 4 из Шатровского района Курганской области и № 3, Китай современной отливки устанавливают их особый оригинальный статус. Кластер 1 (зеркало № 4), как нам представляется, по чертам типологического порядка относится к оригинальным образцам ханьских отливок. Локальный кластер 2 — подтверждается его сравнительный статус. Кластеры, которые образовали зеркала — подражание, (№ 2 и № 5) — кластер 3, а также (№ 1 и № 6) — кластер 4, с одной стороны, проиллюстрировали степень их технологического и типологического сходства. Типологически зеркала из Малковского могильника и из Башкирии, относящиеся к восьмиарочному типу ханьских зеркал, даже если и являются подражаниями, то, безусловно, были изготовлены со знанием технологических особенностей ханьской отливки. Во втором случае, зеркала-медальоны из могильника Магнитного и Наваринки являются образцами кустарно-варварского производства. Лишь некоторые стилистические параллели изобразительных деталей позволяют судить о том, что мастер, изготовивший их, пытался по памяти воссоздать прообраз ханьской изобразительной традиции.

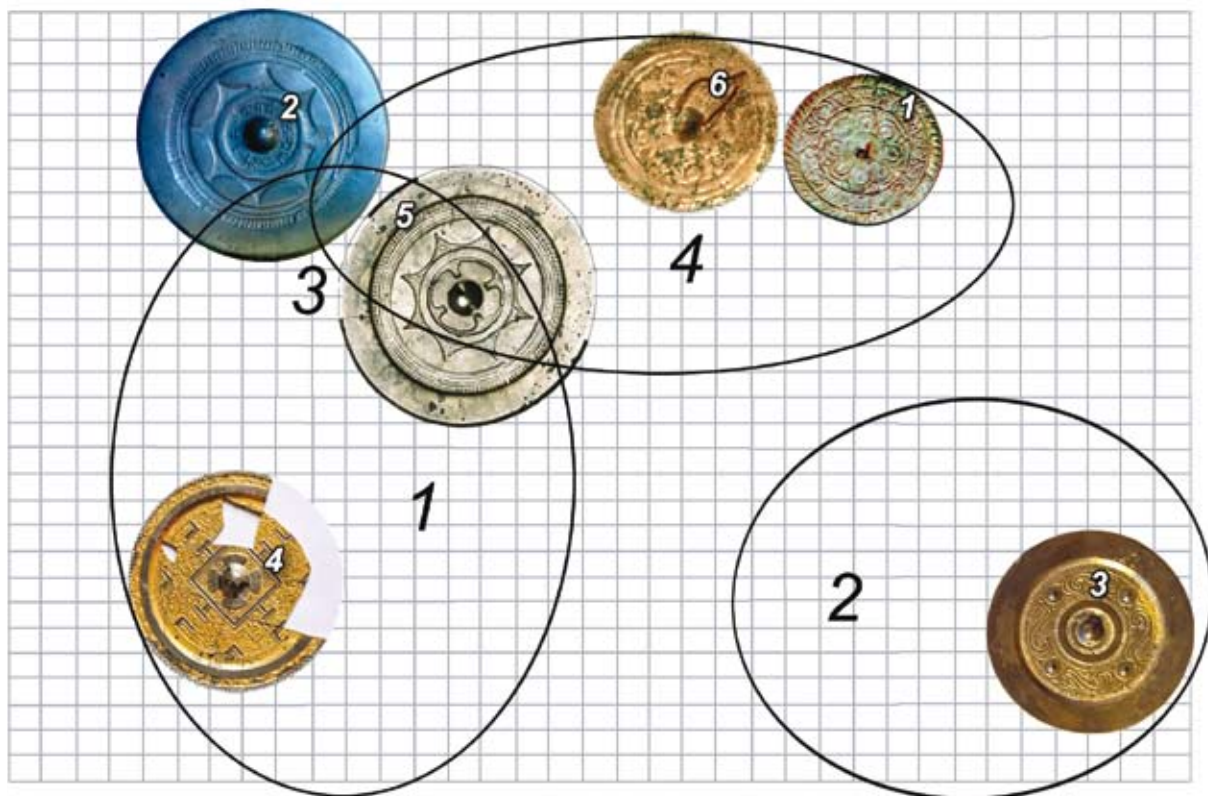


Рис. 2. Соотношение зеркал по качественным показателям в многомерном пространстве

Возможность в локализации первого кластера и кластера 3 не обязательно могут быть интерпретированы как ханьская оригинальность первого и иное неханьское подражание зеркал (№ 2 и № 5) третьего кластера. Необходимо учитывать их типологические особенности. Если в первом случае это парадные зеркала с золотым амальгированием типа «TLV», то во втором случае — зеркала восьмиарочного типа стандартного изготовления. Показателен тот факт, что в соотношении кластеров 1,3,4 наиболее близкую позицию к первому занимает именно кластер 3, а наибольшая удаленность четвертого кластера ярко иллюстрирует и его типологическо-технологическую удаленность. При изменении степени схожести до $\Sigma=20$ кластер 3 позиционирует некое промежуточное (переходное) положение между первым и четвертым кластерами. Если априори принять ханьское происхождение из Курганской области, разноудаленность двух последующих кла-

стеров указывает либо на степень их подражания, либо степень близости к оригинальной технологии их изготовления.

Таким образом, в результате предложенного метода получены весьма интересные материалы, иллюстрирующие сравнительный анализ технологических особенностей изготовления раннегуннских зеркал II-III вв., обнаруженных на территории Южного Урала.

Литература и источники

1. Боталов, С. Г. *Гунны и тюрки (историко-археологическая реконструкция)* / С. Г. Боталов. — Челябинск : Рифей, 2009. — 672 с.
2. Маслюженко, Д. Н. *Китайское зеркало эпохи Хань из Нижнего Приисетья* / Д. Н. Маслюженко, С. Н. Шилов, Е. А. Рябинина // *Этнические взаимодействия на Южном Урале : сб. науч. тр. ; отв. ред. А. Д. Таиров, Н. О. Иванова.* — Челябинск, 2009.

БОТАЛОВ Сергей Геннадьевич, доктор исторических наук, профессор ИМО, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), ведущий научный сотрудник, Институт истории и археологии УрО РАН (г. Челябинск). Область научных интересов: археология, востоковедение. E-mail: grig@csc.ac.ru

ЮМИНОВ Анатолий Михайлович, кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией термобарогеохимии, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск). Автор 80 трудов, в том числе 2 монографий в области геологии. Область научных интересов: пиррофиллитовая минерализация кварцево-жильных систем; геолого-минералогические исследования в археологии. E-mail: umin@mineralogy.ru

ГИЗЗАТУЛЛИНА Мария Николаевна, студентка 5 курса, исторический факультет, Челябинский государственный педагогический университет (г. Челябинск). Область научных интересов: Средневековые кочевники урало-казахских степей. Номадическое металлопроизводство. E-mail: meryarty@mail.ru

Поступила в редакцию 15 декабря 2014 г.

**Bulletin of the South Ural State University
Series «Social Sciences and the Humanities»
2015, vol. 15, no. 2, pp. 17–21**

EXPERIENCE OF USING OF METHODS OF X-RAY FLUORESCENT RESEARCHES AND EUCLIDEAN METRICS FOR THE CLUSTER ANALYSIS OF THE BRONZE MIRRORS OF THE EARLY HUN PERIOD

S. G. Botalov, South Ural State University, Cheliabinsk, Russian Federation,
grig@csc.ac.ru

A. M. Yuminov, South Ural State University, Cheliabinsk, Russian Federation,
umin@mineralogy.ru

M. N. Gizzatullina, Pedagogical University, Cheliabinsk, Russian Federation
meryarty@mail.ru

This article analyzes the archaeological material represented by a series of mirrors found in the monuments of II—III centuries . BC in the Southern Urals . Comparative analysis produced by metallographic method , followed by clustering of different types of Han mirrors , their imitations , as well as comparative sample from the modern replicas. As a result, research new information on technological peculiarities in the manufacture of various types of mirrors, the extent of their similarities and differences.

Keywords: the nomads, mirrors, clustering, metallography.

References

1. Botalov S.G. Gunnyi i Tyurki (istoriko-arheologicheskaya rekonstruktsiya) [Huns and Turks (the historical-archeological reconstruction)]. — Chelyabinsk: ООО «Tsikr «Rifey», 2009.
2. Maslyuzhenko D.N. Kitayskoe zerkalo epohi Han iz Nizhnego Priisetya [Tekst] [Chinese mirror the Han dynasty from Nizhny Priisetya. Ethnic interaction. Compilation of studies and publications] / D.N. Maslyuzhenko, S.N. Shilov, E.A. Ryabinina // Etnicheskie vzaimodeystviya na Yuzhnom Urale: sb. nauch. tr. / otv.red.: A.D. Tairov, N.O. Ivanova. — Chelyabinsk, 2009.

Received Desember 15, 2014