

ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫЕ МЕТОДЫ В ИЗУЧЕНИИ
ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

УДК 903.01/.09

РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОЕ КАРТИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО
СОСТАВА И ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РИМСКОЙ ФИГУРНОЙ
ГИРИ ИЗ СВАТИЛИЩА ЭКЛИЗИ-БУРУН В ГОРНОМ КРЫМУ

© 2021 г. А. В. Лысенко¹, В. И. Мордвинцева^{2,3,4}, А. В. Антипенко⁵,
Т. Н. Смекалова^{5,6,*}, Л. Л. Леонов⁵

¹ Институт археологии Крыма РАН, Симферополь, Россия

² Институт всеобщей истории РАН, Москва, Россия

³ Национальный исследовательский университет “Высшая школа экономики”, Москва, Россия

⁴ Государственный академический университет гуманитарных наук, Москва, Россия

⁵ Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, НИЦ истории и археологии Крыма,
Симферополь, Россия

⁶ Национальный исследовательский центр “Курчатовский институт”, Москва, Россия

*E-mail: tnsmek@mail.ru

Поступила в редакцию 03.06.2021 г.

После доработки 03.06.2021 г.

Принята к публикации 15.06.2021 г.

Представлены результаты рентгенофлуоресцентного картирования состава сплава фигурной подвесной гири от римских “быстрых” весов в виде бюста. Публикуемый предмет обнаружен на святилище Эклизи-Бурун (южная часть Горного Крыма). Гирия биметаллическая. Ее фигурная оболочка отлита из высокооловянистой бронзы с неравномерным количеством олова в различных частях скульптуры. Повышенное содержание олова (более 35.6%) выявлено в области лица. Внутренняя полость полностью или частично заполнена более тяжелым свинцом, выходы которого на поверхность зафиксированы с помощью точечного рентгенофлуоресцентного анализа. Гирия из святилища Эклизи-Бурун, возможно, является свидетельством одного из “ранних” случаев знакомства населения Северного Причерноморья с относительно сложными устройствами и технологиями, разработанными в Римской империи.

DOI: 10.1134/S1992722321050162

ВВЕДЕНИЕ

Подвесная передвижная фигурная антропоморфная гирия, анализу материала и технологии изготовления которой посвящено настоящее исследование, недавно обнаружена на святилище Эклизи-Бурун в Горном Крыму. Подвесные гири-скульптуры для римских безменов или “быстрых” весов – редкие находки не только для Крыма, но и для всего античного мира. Большинство таких гирь происходит с территории Италии [1, с. 22]. До недавнего времени в Северном Причерноморье были известны две находки – в урочище Широкая Балка на полуострове Абрау Краснодарского края [2] и в хуторе Холодный Ростовской области [3]. Третий экземпляр, как и рассматриваемый предмет, обнаружен в пределах культового комплекса Эклизи-Бурун [4].

Эклизи-Бурун (1527 м н. у. м., 12.5 км от берега моря) – вершина горного массива Чатыр-Даг, расположенного в центре южной части Горного

Крыма и традиционно отождествляемого с упомянутой Страбонем горой Трапезунт (Strabo 7.4.3) [5]. Обследования и сборы подъемного материала, шурфовка и небольшие раскопки проводились на памятнике экспедициями Крымского филиала Института археологии НАН Украины и Института археологии Крыма РАН в 2000–2010 и 2017–2020 гг. В римское время здесь располагалось “открытое” святилище с признаками полифункционального использования естественного ограниченного пространства [6]. В средневизантийский (VIII(?)-IX-X вв.) и позднесредневековый (XV(?)-XVII-XVIII вв.) периоды здесь находились христианские храмы.

Публикуемая гирия найдена на участке комплекса, с которого происходит большое количество элементов римского военного снаряжения. В 2005 г. здесь была найдена другая подобная гирия в виде бюста императора (Тиберия?) [4]. Факт обнаружения на святилище двух практически неповрежденных гирь от римских безменов позволяет

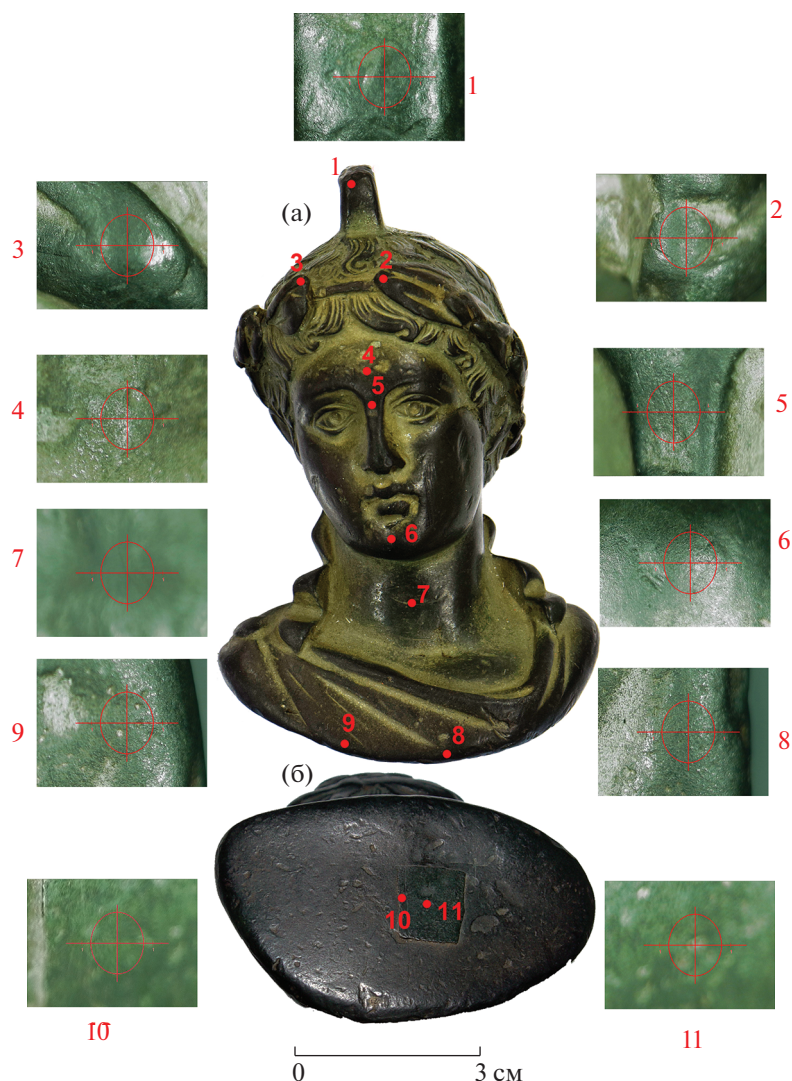


Рис. 1. Фигурная гиря с Эклизи-Бурун: а – вид в фас, б – вид снизу на основание гири. Цифрами 1–11 обозначены места измерения состава сплава и приведены микрофотографии областей исследования состава сплава. Диаметр исследованного пятна 1.5 мм.

предполагать, что обе они оказались у адептов культового комплекса вместе с двумя весами, которые, вероятно, подверглись деструкции, как и другие предметы, найденные на памятнике.

ОБРАЗЦЫ

Гиря выполнена в виде бюста молодого, безусого и безбородого мужчины европеоидной расы (рис. 1а, 2, 4). Он одет в плащ, наброшенный на спину и левое плечо, на правом плече застегнутый фибулой-брошью. На голове – составной лавровый венок. Массивная, монолитная с фигурой петля находится на макушке. Общая высота гири – 9.45 см, ширина – 6.05 см, толщина – 4.70 см. Масса – 767 г (утраты незначительны), что при переводе в римскую весовую систему состав-

ляет 2 фунта (*librae*) 4 унции (*unciae*) [7]. Для сравнения вес другой гири, найденной на святилище Эклизи-Бурун в 2005 г., почти в 2 раза больше – 1497 г [4, с. 162].

По комплексу морфологических признаков исследуемый артефакт является гирей (*aequipondium*) от римских “неравноплечных весов”, также известных как безмен, “быстрые весы”, “весы с подвижным грузом” [8], применявшихся для определения веса сравнительно крупных объектов. В общем виде безмен представляет собой массивную балку с делящими ее на два неравных плеча одним–тремя пунктами для подвешивания (петлями), расположенными во взаимно перпендикулярных плоскостях. К концу короткого плеча крепились чашка или крючья, на которые укладывался или надевался взвешиваемый объ-

ект. На длинном располагалась закрепленная на скользящей “серьге” подвесная передвижная “неизменная” гирия — неотъемлемая часть конкретных весов, которые еще при производстве калибровались под нее. Подобные гирии чаще всего находят с безменами из массивной бронзы типа “Помпеи” (рис. 3), которые, по мнению исследователей, исходивших в основном из географии находок, изготавливались практически исключительно в Италии (Кампании и Риме) с начала I в. н.э. до времени императора Траяна [1, с. 22, 24, 25, 27, 44; 8, с. 77–80].

Классификация римских гирий-бюстов по изображенным персонажам представлена в наиболее полном на сегодня каталоге Норберта Франкена [1]. По формальным признакам исследуемая гирия относится к категории “императоры”, к группе “драпированные юноши в лавровом венке”, образованной в использованной выборке тремя бюстами [1, № 154–156]. Два из них датированы временем Клавдия (41–54 г. н.э.) и Нерона (54–68 г. н.э.), один интерпретирован как изображение Октавиана Августа (император с 27 г. до н.э. по 14 г. н.э.).

Датирующими признаками подвесных антропоморфных гирий римского времени являются особенности формы и размер артефактов [1, с. 12]. Экземпляр из святилища Эклизи-Бурун отличается сравнительно небольшими размерами оплечной части бюста, контур его “основания” имеет форму неправильного овала. Волны ниспадающих на плечи лент венка относительно невысокие и редкие. Эти характеристики наряду с наличием “поликлетовой прически” и “поликлетова наклона головы” [9] свидетельствуют об относительно ранней хронологической позиции скульптуры. Таким образом, изготовление этого предмета может быть предположительно датировано временем раннего принципата, т.е. периодом между 27 г. до н.э. (год, когда Август закрепил за собой верховную власть над Римским государством) и 41 г. н.э. (год убийства Калигулы).

Цель исследования — детальное изучение состава сплава, из которого сделана гирия, и выявление особенностей технологии ее изготовления. Эти данные могли бы пролить свет на происхождение и место изготовления предмета и обогатить мировую базу данных по материалам и способам производства римских “быстрых” весов или безменов, рассеянных по разным частям античного мира.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Для исследования гирии была выбрана разработанная авторами методика рентгенофлуоресцентного картирования элементов по поверхности

древнего артефакта. Этим методом удастся не только определить распределение химических элементов в разных частях скульптуры, но и сделать выводы о деталях технологии ее производства.

Исследование химического состава сплава гирии проводили с помощью неразрушающего безэталонного рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) на спектрометре Mistral M1 фирмы Bruker. Небольшие габариты и вес прибора позволяют проводить исследования при необходимости непосредственно в музейном хранилище, а высокая скорость измерения обеспечивает массовость измерений и статистически значимые выводы.

Прибор Mistral M1 имеет полупроводниковый кремний-дрейфовый детектор высокого разрешения (50 кэВ, мощность 50 Вт), программа — XSpecPro. Размер пучка на образце (изучаемая область) составлял 1.5×1.5 мм. Регистрацию флуоресцентного излучения проводили “на воздухе”, что позволило детектировать элементы с атомным номером выше 17 (Cl). Для изучения были выбраны 11 элементов: медь, олово, свинец, серебро, никель, цинк, железо, мышьяк, сурьма, золото, марганец. В ходе исследования выяснилось, что Mn, Ni и Au не присутствуют в сплаве исследуемой вещи в детектируемых количествах (т.е. в сотых долях процента). Поэтому они были исключены из таблиц данных по составу сплава гирии.

“Рецептурными” добавками в сплав считались те элементы, количество которых превышало 1% от общей массы. Такими элементами в данном случае оказались Cu, Sn и Pb. Примеси Ag, Zn, Fe, As и Sb скорее всего были “естественными” или “случайными”, т.е. не добавлялись в сплав преднамеренно, а видимо, изначально содержались в рудном сырье или в ломе из предметов, идущих в переплавку.

На первом этапе измерения состава сплава проводили по четырем условным профилям, проложенным примерно посередине передней, задней и двух боковых сторон, от верха гирии до ее основания. Точки измерений, там, где позволял рельеф скульптуры, следовали не реже чем через 1 см (рис. 1, 2, 4). Попадание точек измерений в нужную область контролировали с помощью микрофотографий (рис. 1, 2). На втором этапе более детально изучали наметившиеся аномальные зоны, в пределах и на границах которых точки измерения следовали с интервалом не более 0.5 см (рис. 4). Картирование элементного состава осуществляли в нескольких десятках точек на поверхности исследуемого предмета; особое внимание было уделено местам обнажения или изливания материала из сердцевины гирии (в свищах) (рис. 2).



Рис. 2. Гири с Эклизи-Бурун: а – вид сверху, б – вид слева. Цифрами 12–15 на фигурной гире обозначены точки измерения состава сплава. Приведены микрофотографии исследованных областей. Диаметр исследованного пятна 0.6 мм.

Полученные данные сформированы в виде таблиц измерений, а также в виде массива данных с линейными координатами (горизонтальной и вертикальной) для представления результата в виде карты распределения элементов в сплаве по поверхности скульптуры (рис. 5). Вычерчивание изолиний проводили с помощью программы Surfer (Golden Software, США).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Материал гири. Состав сплава определен с помощью метода РФА в 70 точках в разных областях гири. Точки, в которых проводили измерения, отмечены на рис. 1, 2, 4. Результаты картирования распределения элементов приведены в табл. 1–6 и на рис. 5.

Распределение олова в сплаве по поверхности гири. Полученные данные впервые позволили выявить следующее неожиданное явление. Оказалось, что содержание олова в бронзе неодинаково в разных частях гири и образует устойчивую положительную аномалию в лицевой части скульптуры. Так, на плечах, шее и прическе фигуры сплав содержит в среднем 23% Sn (рис. 5). Однако в районе лица, банта и венка с передней стороны фигуры на поверхности гири содержится от 30 до 35.6% Sn. Эта аномалия, очерчивающая лицевую часть скульптуры, была проверена на большом количестве точек измерения (рис. 4, 5). Петля, возвышающаяся над макушкой, отлита из сплава, сходного по составу сплаву в районе груди, прически и шеи скульптурного изображения (24% Sn).



Рис. 3. Римские “быстрые” весы или безмен [4].

Распределение свинца по поверхности. Содержание Pb в разных частях фигуры изменяется мало, его средняя концентрация – 7%. Однако обращают на себя внимание две аномальные зоны с выходом на поверхность металла серого цвета. Это, во-первых, большое пятно вокруг отверстия у макушки скульптуры (рис. 2а, точки 13–15). Во-вторых, “свищ” между листьями венка с левой стороны гири (рис. 2б, точка 12). В этих точках зафиксировано преобладание свинца при незначительных количествах меди и олова. Микропримесей, кроме Fe (до 0.65%), нет. Следовательно, полая часть скульптуры заливалась свинцом для придания ей необходимого веса.

В сплаве также присутствуют незначительные примеси других металлов, вместе составляющие ~2.5% от общей массы гири. Больше всего Sb и As (до 0.65 и 0.74%); Fe, Zn и Ag примерно по 0.3%.

Пластика на поверхности основания гири сделана из сплава, отличного от материала фигуры: она содержит не более 15% Sn и не более 4% Pb (рис. 1а, табл. 1, образцы 10, 11).



Рис. 4. Гиря с Эклизи-Бурун. Фотографии различных ракурсов с нанесенными точками измерения состава сплава.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Впервые для древних изделий данного типа была выявлена обширная аномальная зона повышенного содержания олова в бронзовом сплаве. Возможно несколько объяснений отмеченного явления. Первое из них – аномалия образовалась за счет процесса ликвации (сегрегации), неоднородности химического состава расплава, возникающей при его кристаллизации. Разница в концентрации олова может быть обусловлена неравномерно происходящим процессом застывания металла в форме или неравномерно прогретой формой, что могло вызывать образование областей, более обогащенных оловом, чем другие. Как известно [10, с. 92], для системы Cu–Sn с ее достаточно большим интервалом кристаллизации разница в степени неравновесности для быстрого охлаждения может достигать больших величин. При кристаллизации основной матрицы расплава (твердого раствора олова в меди) с преобладающим содержанием меди остается большее количество металла, обогащенного оловом и попадающего по составу в область γ -фазы, которая при охлаждении превращается в $(\alpha+\delta)$ -эвтектоид (т.е. твердую смесь компонентов, которые плавятся при определенной, минимальной, температуре). Для проверки этой гипотезы необходимо провести рентгенофазовый анализ материала гири.

Нельзя также исключить, что повышенная концентрация Sn в лицевой части фигуры создавалась мастерами преднамеренно в декоративных целях для усиления эффекта живости и выразительности. Так, белки глаз скульптуры-гири, найденной на этом же святилище в 2005 г., были инкрустированы оловом или свинцом. На месте

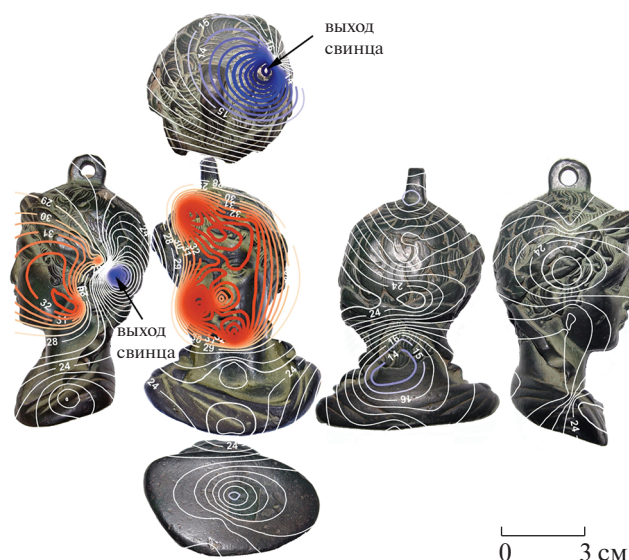


Рис. 5. Карта изолиний распределения содержания олова (в массовых процентах) в сплаве гири с Эклизи-Бурун. Красно-оранжевыми тонами показано повышенное, а синими – пониженное содержание олова в сплаве.

зрачков сейчас находятся цилиндрические углубления, которые, возможно, также были заполнены каким-то инородным материалом [4, с. 163, вклейка 1: 1, 3]. Известно, что большое количество олова (более 30%) придает светлый и ясный оттенок бронзе [11, с. 106, табл. 26], что могло быть использовано для “высветления” лица персонажа. Тогда причиной столь высокого содержания олова в лицевой части фигуры могла быть от-

ливка изделия в форме с несколькими литниками, в которые заливался сплав с разными концентрациями олова. Возможно, заранее были одновременно приготовлены несколько тиглей с трехкомпонентной бронзой разного состава: 20–24 и 30–36% Sn. Содержание Pb оставалось в пределах 3–7%. Сплав с более высоким содержанием Sn, следовательно более тяжелый, заливался, вероятно, через литник, расположенный с левой стороны головы. Форма при этом, возможно, лежала “ничком”, что обусловило создание зоны повышенной концентрации Sn в районе лица. Сразу вслед за этим проводилась заливка формы через другие литники, например в районе темени, сплавом с содержанием Sn 20–24%. Этот сплав поступал в оставшиеся части фигуры (основание, плечи, шея, прическа, петля).

Возможно, что намеренное осветление лицевой части достигалось за счет процесса регулируемой ликвации, когда в районе лица фигуры искусственно создавался температурный режим, отличный от остальной части гири. За счет этого в передней части головы в твердый раствор поступало больше олова, что создавало определенный декоративный эффект “высветления” лика скульптуры.

Свинец необходимо было добавлять в сплав для облегчения литья высокооловянистой бронзы. Кроме того, свинец повышает плотность сплава, герметичность отливок и облегчает обрабатываемость резанием и чеканкой [11, с. 96].

Полученные сведения по составу сплава гири дают новый материал для интерпретации некоторых из известных пассажей в “Naturalis Historia” Плиния Старшего (23/24–79 гг. н.э.), где автор

Таблица 1. Элементный состав гири из Эклизи-Бурун с лицевой, верхней и нижней сторон (рис. 1, 2)

Номер точки	Точка исследования	Cu, %	Sn, %	Pb, %	Ag, %	Zn, %	Fe, %	As, %	Sb, %
1	Петля	67.34	24.90	6.09	0.22	0.24	0.22	0.47	0.53
2	Венок	58.95	31.98	7.01	0.27	0.19	0.40	0.57	0.63
3	Венок	59.25	32.21	6.50	0.29	0.20	0.24	0.74	0.57
4	Лоб	57.58	32.95	7.16	0.28	0.28	0.45	0.66	0.64
5	Переносица	60.91	31.57	5.48	0.28	0.20	0.27	0.66	0.65
6	Подбородок	58.87	33.52	5.49	0.28	0.21	0.36	0.66	0.60
7	Шея	67.75	24.66	5.85	0.25	0.22	0.16	0.62	0.50
8	У основания	67.92	25.55	4.96	0.22	0.18	0.31	0.38	0.48
9	У основания	69.06	24.43	5.00	0.21	0.17	0.27	0.35	0.51
10	На пластине	80.44	14.25	3.38	0.14	0.21	0.09	1.16	0.33
11	На пластине	79.25	14.94	3.98	0.16	0.19	0.09	1.05	0.33
12	За ухом выход свинца	20.00	7.89	71.87	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00
13	Выход свинца у петли	1.87	2.07	95.72	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00
14		3.42	5.56	90.47	0.00	0.00	0.54	0.00	0.00
15		5.58	8.19	85.62	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00

Таблица 2. Элементный состав гири из Эклизи-Бурун, задняя сторона (рис. 4)

Номер точки	Точка исследования	Cu, %	Sn, %	Pb, %	Ag, %	Zn, %	Fe, %	As, %	Sb, %
1	Петля	77.54	17.35	3.61	0.17	0.14	0.08	0.72	0.38
2	Петля	79.09	16.09	3.66	0.16	0.18	0.08	0.38	0.37
3	Петля ближе к прическе	81.65	13.61	3.61	0.14	0.18	0.09	0.43	0.30
4	На прическе у петли	78.33	15.32	5.18	0.13	0.16	0.09	0.49	0.29
5	На прическе переход к закруглению	75.01	17.95	5.61	0.16	0.17	0.13	0.61	0.36
6	На прическе на закруглении	73.42	19.83	5.26	0.19	0.16	0.11	0.65	0.39
7	На прическе по центру головы	76.67	17.49	4.44	0.17	0.17	0.08	0.61	0.37
8	На прическе ближе к банту	68.46	25.18	4.61	0.24	0.19	0.15	0.62	0.55
9	На банте	68.61	25.42	4.47	0.23	0.21	0.00	0.50	0.56
10	На банте с другой стороны	68.87	26.49	3.19	0.23	0.20	0.00	0.52	0.50
11	На шее	74.16	20.69	3.75	0.20	0.19	0.06	0.52	0.43
12	На шее	81.16	14.67	3.02	0.14	0.15	0.10	0.41	0.34
13	На затылке	82.39	13.24	3.17	0.13	0.14	0.11	0.50	0.32
14	На левом плече	82.57	13.27	3.06	0.13	0.13	0.06	0.49	0.29
15	На правом плече	78.36	16.43	3.91	0.17	0.14	0.08	0.57	0.34
16	У основания	74.01	20.51	4.10	0.21	0.18	0.09	0.45	0.46
17	У основания	77.98	17.41	3.16	0.18	0.16	0.15	0.58	0.38

Таблица 3. Детализированный элементный состав гири из Эклизи-Бурун с передней стороны (рис. 4)

Номер точки	Точка исследования	Cu, %	Sn, %	Pb, %	Ag, %	Zn, %	Fe, %	As, %	Sb, %
1	На банте справа	55.76	35.63	6.67	0.30	0.16	0.26	0.59	0.64
2	На банте слева	59.08	32.44	6.79	0.26	0.20	0.25	0.40	0.58
3	На банте слева	58.46	33.04	6.70	0.27	0.24	0.33	0.36	0.60
4	На банте слева	57.92	32.91	7.89	0.29	0.18	0.17	0.00	0.65
5	На ленте на лбу	56.14	33.62	8.27	0.29	0.25	0.45	0.32	0.66
6	На челке	56.72	34.86	6.61	0.32	0.23	0.38	0.20	0.68
7	По центру лба	55.05	33.40	9.51	0.28	0.29	0.57	0.22	0.68
8	На переносице у глаза	58.17	33.80	6.36	0.29	0.19	0.35	0.21	0.63
9	На кончике носа	62.49	30.36	6.04	0.26	0.17	0.12	0.00	0.56
10	Щека	58.03	32.90	7.27	0.29	0.22	0.35	0.32	0.61
11	Щека	55.33	36.67	6.32	0.29	0.22	0.45	0.00	0.72
12	Подбородок	56.45	35.12	6.57	0.29	0.22	0.42	0.25	0.68
13	На плече	67.12	26.47	4.86	0.25	0.19	0.34	0.25	0.53
14	На плече	67.55	26.22	4.73	0.24	0.18	0.29	0.25	0.53
15	На шее	65.84	24.21	8.62	0.22	0.24	0.38	0.00	0.49
16	На шее	66.53	23.05	9.25	0.19	0.25	0.28	0.00	0.46

рассуждает о различных сортах меди и ее сплавах. Судя по результатам анализов, к случаю с исследуемой гирей больше всего подходит следующий отрывок.

XXXIV, 9. Для статуй, а также для плит под надписи смесь производится следующим образом: сначала расплавляется основная масса металла, затем в нее прибавляется третья часть меди

“сборной”, т.е. такой, которую скупают, после того как она уже была в употреблении. ... Кроме того, на сто фунтов расплавленной меди пришивают 12½ фунтов серебристого свинца. Кроме того, название “формовой” дают смеси весьма тонкой меди, так как в нее прибавляется *десятая часть свинца и двадцатая часть серебристого свинца* (выделено авторами), и таким образом она

Таблица 4. Элементный состав сплава гири с правой стороны (рис. 4)

Номер точки	Точка исследования	Cu, %	Sn, %	Pb, %	Ag, %	Zn, %	Fe, %	As, %	Sb, %
1	Венок	68.53	24.35	6.05	0.23	0.19	0.14	0.00	0.51
2	Венок	68.32	24.64	5.81	0.23	0.18	0.16	0.15	0.51
3	Прическа выше венка	69.56	22.29	7.07	0.20	0.16	0.27	0.00	0.44
4		73.45	19.83	5.61	0.18	0.16	0.11	0.23	0.43
5		73.32	19.95	5.66	0.19	0.18	0.09	0.22	0.39
6	Прическа	65.66	27.78	5.24	0.26	0.20	0.26	0.00	0.60
7	Щека	76.01	19.81	3.53	0.18	0.00	0.00	0.00	0.47
8	Плечо	73.37	19.66	6.04	0.17	0.18	0.20	0.00	0.38
9	Плечо	66.61	25.35	6.82	0.24	0.21	0.25	0.00	0.52

Таблица 5. Элементный состав сплава гири с левой стороны (рис. 4)

№	Точка исследования	Cu, %	Sn, %	Pb, %	Ag, %	Zn, %	Fe, %	As, %	Sb, %
1	Прическа	71.80	20.93	6.36	0.20	0.18	0.11	0.00	0.42
2	Венок	58.20	32.70	7.77	0.28	0.18	0.23	0.00	0.65
3		61.99	29.08	7.82	0.26	0.18	0.16	0.00	0.52
4		60.51	30.86	7.19	0.28	0.18	0.21	0.25	0.53
5		Ухо	54.71	30.80	13.02	0.29	0.23	0.33	0.00
6	Шея	58.33	33.07	7.28	0.30	0.18	0.17	0.00	0.67
7	Край ленты	70.69	22.62	5.70	0.22	0.17	0.15	0.00	0.44
8	Плащ	70.95	18.46	9.51	0.15	0.17	0.40	0.00	0.36
9	Основание	72.49	21.06	5.54	0.18	0.18	0.12	0.00	0.42
10	Основание	72.09	21.33	5.55	0.20	0.18	0.19	0.00	0.46

Таблица 6. Элементный состав сплава гири с нижней стороны (рис. 4)

Номер точки	Точка исследования	Cu, %	Sn, %	Pb, %	Ag, %	Zn, %	Fe, %	As, %	Sb, %
1	У пластины	75.21	18.32	5.59	0.16	0.15	0.21	0.00	0.36
2		71.01	21.44	6.54	0.18	0.18	0.26	0.00	0.40
3		71.92	20.76	6.33	0.18	0.16	0.25	0.00	0.40

чрезвычайно пропитывается цветом, который называют “греческим” (перевод согласно [12]).

Пытаясь раскрыть дефиницию “серебристый свинец” в комментариях к части текста о свинце и олове, переводчики отмечают: “Под белым свинцом Плиний всегда подразумевает олово. Ввиду того, что олово он иногда обозначает также термином *stagnum*, который, с другой стороны, имеет у него же еще значение “серебристый свинец, веркблей”, то во избежание смешения понятий мы в переводе сохраняем терминологию Плиния, давая всякий раз возможные разъяснения” [12, с. 300, прим. 1].

Судя по результатам проведенного исследования, под “серебристым свинцом” Плиний, по крайней мере иногда, действительно имел в виду олово, а гиря из Эклизи-Бурун изготовлена из

сплава, близкого к описанной им “формовой” меди.

Технология изготовления гири. Все известные подобные антропоморфные гири – литые, “биметаллические”, состоящие из фигурной бронзовой оболочки и сердцевины, полностью или частично заполненной свинцом или оловом [13, с. 428–438; 14, с. 38]. Бюст сформован по утраченной восковой модели со стержнем. Отливка подверглась довольно тщательной холодной обработке, вследствие чего на ней почти не сохранилось следов первоначальных технологических операций. Однако все же удается восстановить в деталях технологию изготовления исследуемой фигурной гири.

Судя по “сглаженности” некоторых элементов отливки (листья венка, левое ухо?), модель неод-

нократно репродуцировалась и, судя по асимметричности лица изображаемого, возможно, тиражировалась в разъемной глиняной или гипсовой форме, состоящей из двух или более частей (рис. 1а, 2б). Подобное явление заметно на некоторых гирях в виде бюстов (например, [1, № А149]).

Процесс изготовления гири в общих чертах можно реконструировать следующим образом. Составные части формы (матрицы) покрыли (в несколько приемов) тонким слоем воска изнутри и соединили, а оставшееся пустым пространство заполнили (через технологическое отверстие) мягкой глиной, образовав стержень. После высыхания воска матрицу разбирали, а восковую поверхность модели дорабатывали. Затем формировали один или несколько литников и покрывали модель глиной с отощителем путем многократного погружения или полива соответствующей взвесью. После высыхания образовавшейся формы в нее заливали расплавленную бронзу, замещающую воск. Затем изделие остывало, глиняная оболочка разрушалась, внутренний глиняный стержень выбивался, а образовавшаяся полость заливалась свинцом. Отверстие, прорезанное в основании отливки, через которое выбивался стержень и заливался наполнитель гири, было закрыто прямоугольной бронзовой пластинкой и зашлифовано (рис. 1б). Ее передняя часть неплотно прилегает к поверхности отливки (выступает над ней). У правого дальнего угла отверстия видны две прочерченные тонкие линии, образующие угол, близкий к прямому. Видимо, это следы его неудачной разметки.

Форма головы бюста искажена — заметны по крайней мере две “площадки” выше затылочной и на левой половине теменной ее частей, в пределах которых “смазаны” детали рельефа локонов прически изображаемого. Причины этого — дефекты матрицы или восковой модели, появившиеся перед ее использованием в результате непреднамеренной деформации, либо повреждение отливки или готовой гири (например, в результате воздействия на нее твердого предмета с плоской поверхностью, нагретого до температуры выше 1000°C). На гире видны отдельные, местами достаточно длинные усадочные трещины, газовые раковины и/или усадочные поры, образовавшиеся при остывании бронзы. Один свищ, расположенный левее петли для подвешивания, окружен пятном светло-серого металла-заполнителя (рис. 2а, точки 13–15). Вероятно, он существовал до заливки гири свинцом или “вскрылся” в ходе этого процесса. Исходя из особенностей его расположения, а также результатов проведенного исследования можно предположить, что форма в процессе литья бронзовой оболочки гири находилась в положении “лицом вниз” (свищ маркирует “район” дислокации одного из литников [15, с. 74–77]). Прочие заметные раковины либо не-

сквозные (например, на левом ухе и вокруг него), либо, возможно, вскрылись при холодной обработке отливки (на венке над левым ухом, у левого края линии роста волос перед лентой венка) (рис. 2б, точка 12). На завершающей стадии скульптуру доработали шлифовкой, гравировкой и полировкой.

Описанная технология производства характерна для италийских изделий [1, с. 24].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, можно заключить, что исследуемая гиря литая, биметаллическая: фигурная оболочка отлита из высокооловянистой бронзы, отличающейся по содержанию олова в разных частях отливки. Наибольшее количество олова (более 35.5%) зафиксировано в районе лицевой части скульптуры. Возможно, эта аномальная область образовалась в результате процесса ликвации при неоднородном остывании расплава. Не исключено, что мастера преднамеренно локально использовали сплав с повышенным содержанием олова в декоративных целях для придания лицу скульптуры более светлого оттенка.

Внутренняя полость полностью или частично заполнена другим, более тяжелым металлом — свинцом. Количество свинца при изготовлении гири, возможно, корректировалось для того, чтобы отрегулировать работу конкретного экземпляра весов.

На основании обобщения всех имеющихся данных об исследуемом артефакте (сохранность, хронологическая позиция, принадлежность к “римской имперской” материальной культуре, особенности контекста обнаружения) можно предположить, что весы, частью которых являлась рассматриваемая гиря, оказались в Таврике в ходе Римско-Боспорской войны 45–49 гг. н.э. [16], были захвачены “таврами” или “скифо-таврами” во время столкновения с римскими военными и затем жертвованы в святилище. Возможно, весы находились на кораблях, перевозивших римлян в 49 г. н.э. вдоль побережья Крыма со стороны Боспора на запад, выброшенных штормом на “берег тавров” и разграбленных местными варварами (*Tac. Ann.*, 12.17) [16, 17]. Гири из Эклизи-Бурун, принимая во внимание их хронологическую позицию, возможно, являются свидетельствами одного из “ранних” случаев знакомства в целом технологически не очень искусственного населения Северного Причерноморья [18] с наиболее передовыми для своего времени устройствами (“быстрыми” весами), разработанными в *Rex Romana*.

Исследования выполнены при поддержке Российского научного фонда (проект “*Bosporos and North Colchis. Greek colonies in non-Greek*”).

surroundings: dynamics of interaction between societies of a different kind” № 18-18-00237-П). <https://rscf.ru/project/18-18-00237/>, а также в рамках плановой темы Отдела археологии РЖВ ИАК РАН “Археологические культуры Крыма в раннем железном веке: проблемы хронологии, контактов, трансформации”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Franken N.* Aequipondia. Figürliche Laufgewichte römischer und frühbyzantinischer Schnellwaagen. Alfter: Verlag und Datenbank für Geisteswissenschaften, 1994. 246 s.
2. *Онайко Н.* // Краткие сообщения Института археологии. 1971. № 128. С. 73.
3. *Трейстер М., Косяненко В.* // Вестник древней истории. 1995. № 1. С. 159.
4. Лысенко А.В., Масыкин В.В. // История и археология Крыма. 2016. № 3. С. 161.
5. *Лысенко А.В.* // Археологический альманах. 2015. № 32. С. 55.
6. *Лысенко А.В.* // Stratum plus. 2005–2009. № 4. С. 374.
7. *Mutz A.* Römische Waagen und Gewichte aus Augst und Kaiseraugst. Augst: Max Muff AG Pratteln, 1983. 64 s.
8. *Franken N.* // Bonner Jahrbücher. 1993. № 193. S. 69.
9. *Philipp H.* // Athenische Mitteilungen. 1979. № 94. S. 39.
10. *Семенов И.В.* Повышение эксплуатационных свойств свинцово-оловянистой антифрикционной бронзы. Специальность 05.16.09 – Материаловедение (машиностроение). Дис. ... канд. тех. наук. Томск, 2016.
11. *Урвачев В.П., Кочетков В.В., Горина Н.Б.* Ювелирное и художественное литье по выплавляемым моделям сплавов меди. Челябинск: Металлургия, 1991. 168 с.
12. Вопросы техники в “Естественной истории” Плиния Старшего // Вестник древней истории. 1946. № 3. С. 269.
13. *Franken N.* // Bonner Jahrbücher. 1995. № 195. S. 425.
14. *Ruprechtsberger E.M.* // Jahrbuch der Gesellschaft für Landeskunde und Denkmalpflege Oberösterreich. 2020. № 165. S. 9.
15. *Минасян Р.* Металлообработка в древности и средневековье. СПб.: Изд-во Гос. Эрмитажа, 2014. 472 с.
16. *Горончаровский В.* // Вестник древней истории. 2003. № 3. С. 161.
17. *Колтухов С.Г.* // Древности степного Причерноморья и Крыма. Вып. 4. Запорожье: Издательско-полиграфический комплекс “Запоріжжя”, 1993. С. 206.
18. *Antipenko A.V., Kolobylyna N.N., Loboda A.U. et al.* // Crystallography Reports. 2018. № 63. P. 699. <https://doi.org/10.1134/S106377451804003X>