

**А. Ю. ЛОБОДА^{а)1}, А. В. АНТИПЕНКО^{р)2}, Н. Н. ПРЕСНЯКОВА^{а)},
В. М. РЕТИВОВ^{б)}, Е. С. ВАЩЕНКОВА^{б)}, Е. Ю. ТЕРЕЩЕНКО^{а,в)},
Е. Б. ЯЦИШИНА^{а)}**

а) НИЦ «Курчатовский институт» (Москва, Россия)

б) НИЦ «Курчатовский институт» – ИРЕА (Москва, Россия)

в) ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН (Москва, Россия)

г) Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского (Симферополь, Россия)

ОСОБЕННОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОЛЫХ СФЕРИЧЕСКИХ ПУГОВИЦ XIII – НАЧАЛА XIV В. (ПО НАХОДКАМ ИЗ МОГИЛЫ 1/2018 НА ПЛАТО ЭСКИ-КЕРМЕН)

Аннотация: Элементный состав семи полых сферических пуговиц, найденных в могиле 1/2018 на плато Эски-Кермен, был исследован методом РФЛА. Две пуговицы затем были изучены методом МС-ИСП-ЛА, микропробы от них были исследованы РЭМ/ЭРМ. Цель исследования состояла в выявлении технологических этапов создания изделий и определении рецептуры всех использованных в работе сплавов. Сделан вывод, что все семь обнаруженных в погребении пуговиц являются серией предметов, изготовленных одновременно и из одного сырья.

Ключевые слова: городище на плато Эски-Кермен, сферические пуговицы, элементный состав, РФЛА, МС-ИСП-ЛА, РЭМ/ЭРМ, техника изготовления.

В 2018 г. совместной экспедицией Института археологии Крыма РАН и НИЦ истории и археологии Крыма Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского под руководством А. И. Айбабина и Э. А. Хайрединовой в центральной части городища Эски-Кермен, в 10 м к юго-западу от Главной базилики открыта

¹ Исследования проводились при поддержке Министерства науки и высшего образования в рамках выполнения работ по Государственному заданию ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН в части «исследования состава исторического металлического изделия», Тематического плана НИЦ «Курчатовский институт» в части «развитие методологии изучения объектов культурного наследия с применением естественно-научных методов».

² Исследование проводилось в рамках госзадания Министерства науки и высшего образования РФ № FZG-2017-0008 по теме «Херсонесская колонизация и исторические судьбы населения северо-западного и предгорного Крыма в раннем железном веке».

плитовая могила 1/2018 с захоронениями женщины и ребенка конца XIII – начала XIV в. В состав инвентаря женского погребения входили семь одинаковых полых сферических металлических пуговиц (высота 0,8–0,9 см, диаметр 0,6 см) с проводочной петелькой для пришивания [3, с. 26] (рис. 1).

Пуговицы представляют собой сборную конструкцию из трех спаянных между собой деталей – петли для пришивания, верхней и нижней полусферы. На верхней полусфере всех пуговиц присутствует ровное округлое отверстие, сделанное, скорее всего, для отвода газов при пайке. Петля для пришивания выполнена в виде кольца из круглой в сечении проволоки (толщиной 0,07–0,1 см) с несомкнутыми концами.

Пуговицы этого типа бытовали на территории Крыма в IX–XIV вв. Они встречаются в погребениях Юго-Западного Крыма, Сугдеи и Боспора [5, с. 370–372, рис. 17,6,8–10; 7, рис. 9,4; 4, с. 150–151, рис. 167,12]. На плато Эски-Кермен пуговицы аналогичной конструкции выявлены в усыпальницах, вырубленных около пещерных храмов на подъемной дороге [1, с. 47, рис. 7,16], в склепах около северной стены Главной базилики [6, с. 46, фото 5], а также в костнице под алтарной частью часовни в квартале 1 [2, с. 452, рис. 20,2–6].

До настоящего времени элементный состав найденных в Крыму полых сферических пуговиц, а также технология их изготовления не изучались. Этим обусловлена актуальность настоящего исследования.

Образцы и методика исследований

Первичное рентгенофлуоресцентное исследование (РФЛА) всех семи пуговиц, обнаруженных в погребении, проводилось в НИЦ ИАК КФУ им. В. И. Вернадского на энергодисперсионном рентгеновском флуоресцентном спектрометре M1 MISTRAL (Bruker), с полупроводниковым кремний-дрейфовым детектором высокого разрешения (50 кэВ, мощность 50 Вт), ПО – XSpesPro. Размер пучка на образце (изучаемая область) составлял 1,5*1,5 мм². Регистрация флуоресцентного излучения проводилась «на воздухе», что позволило детектировать элементы с атомным номером выше 17 (Cl). Исследование элементного состава проводилось на неочищенных предметах. Изучались зоны в центральной части полусферы пуговиц.

Для более подробного анализа технологических особенностей изготовления был проведен ряд дополнительных исследований двух пуговиц с различным содержанием ртути и золота в поверхностном слое (№ 24 – объект А и № 26 – объект Б):

(1) Элементный состав металла каждой пуговицы (нижней полусферы) был определен методом масс-спектрометрии индуктивно связанной плазмой с пробоотбором лазерной абляцией (МС-ИСП-ЛА). Использование этого метода позволяет установить с высокой точностью примесный состав сплава, вплоть до следовых концентраций. Для проведения измерений использовали масс-спектрометр с индуктивно связанной плазмой ELAN DRC-е с системой лазерной абляции NWR 213 с параметрами:

Плазмообразующий поток аргона – 0,5 дм³/мин

Расход гелия через ячейку с образцом, дм³/мин – 0,5

Режим работы лазера – непрерывный

Диаметр пятна лазерного луча – 110 мкм

Мощность лазерного луча – 85%

Частота импульсов лазерного луча – 10 Гц

Плотность потока энергии лазерного луча – 1,8 Дж/см²

Скорость сканирования шаблона – 80 мкм/с

Градуировку масс-спектрометра проводили по твердым стандартным образцам NISTSRM612, NISTSRM610, NISTSRM614, NISTSRM616.

Исследуемый объект помещали на столик для пробы, прикрепляя его углеродным скотчем для электронной микроскопии, позиционируя пробу таким образом, чтобы интересующая точка (центральная область нижней полусферы пуговицы) находилась в верхней плоскости. Далее столик помещали в ячейку для абляции, вакуумировали и продували гелием. Перед рабочим измерением проводили предварительную лазерную очистку поверхности для удаления следов внешнего воздействия и улучшения сходимости результатов. Затем последовательно осуществляли абляцию и анализ калибровочных стандартов и исследуемых образцов.

(2) Также были выполнены исследования элементного состава поверхности и распределения элементов по глубине в шлифах микропроб от обеих пуговиц с применением методов растровой электронной микроскопии (РЭМ) с энергодисперсионным рентгеновским микроанализом (ЭРМ). Эксперименты проводились на двухлучевом растровом электронном микроскопе Versa 3D (ThermoFisherScientific), оборудованном энергодисперсионным рентгеновским спектрометром (EDAX, энергетическое разрешение 128 эВ), при ускоряющем напряжении 30 кВ в условиях высокого вакуума (10⁻⁴ Па), что позволило регистрировать легкие элементы (кислород, углерод и т.д.). Содержание элементов в объекте определялось в диапазоне от 0,5 до 100 массовых % с использованием ПО TEAM (EDAX). При исследовании поверхности объектов две пуговицы помещались в РЭМ, их элементный состав измерялся в различных областях по всей поверхности, в том числе, в зоне шва в центре тела пуговиц. На поверхности микрошлифов выполнялся точечный ЭРМ и строились карты распределения химических элементов для изучения стратиграфии приповерхностной области. Ввиду наблюдаемой сборной конструкции пуговиц, микропробы металла были отобраны от каждого конструктивного элемента без нарушения основной целостности объектов. Для сохранения оригинальной ориентации (поверхность/основа), микропробы помещались в эпоксидную смолу и шлифовались. Зоны отбора микропроб:

объект А (пуговица №24)

A1 – Петля для пришивания

A2 – Верхняя полусфера

A3 – Нижняя полусфера

A4 (A4.1, A4.2) – Соединение петли и верхней полусферы

Исследование микрошлифа этой переходной зоны происходило в два этапа – были проведены измерения и построены карты распределения химических элементов от пробы A4.1, затем образец повторно шлифовался, после чего снова анализировался, как проба A4.2.

объект Б (пуговица №26)

Б1 – Петля для пришивания

Б2 – Верхняя полусфера

Б3 – Нижняя полусфера

Из зоны соединения петли и верхней полусферы пуговицы 26 не было возможности отобрать пробу, не повреждая изделие.

Результаты

Измерения элементного состава поверхности пуговиц, проведенные методом РФЛА (табл. 1), показали высокое содержание в изделиях золота (до 50,15%), серебра (до 84,09%), меди (до 31,74%) и ртути (до 13,56%). Кроме того, в составе пуговиц был зафиксирован цинк (до 0,46%).

Таблица 1. РФЛА данные элементного состава металла пуговиц

		Ag	Cu	Au	Hg	Zn
Пуговица № 22	Точка 1	61,93	10,76	22,85	4,46	–
	Точка 2	84,09	4,74	7,81	3,36	–
Пуговица № 23	Точка 1	30,83	10,29	47,14	11,42	0,32
	Точка 2	30,69	15,46	41,14	12,39	0,32
Пуговица № 24 (объект А)	Точка 1	31,44	12,37	42,44	13,56	0,19
	Точка 2	31,22	7,65	49,14	11,80	0,19
Пуговица № 25	Точка 1	30,78	13,86	44,25	10,89	0,23
	Точка 2	26,10	19,58	41,33	12,79	0,20
Пуговица № 26 (объект Б)	Точка 1	31,19	11,33	46,04	11,20	0,23
	Точка 2	25,45	31,74	32,54	9,88	0,39
Пуговица № 27	Точка 1	31,17	5,74	50,15	12,77	0,18
	Точка 2	27,20	15,44	43,45	13,45	0,46
Пуговица № 28	Точка 1	34,57	7,16	46,09	12,106	0,17
	Точка 2	30,74	10,57	45,44	13,10	0,14

Обнаружение в элементном составе пуговиц золота и ртути позволило предположить использование технологии амальгамного золочения в их декоративной отделке. Дальнейшее изучение примесей в составе металла и стратиграфия слоев выполнялись на двух пуговицах (24 и 26).

Исследование элементного состава пуговиц 24 (А) и 26 (Б) методом МС-ИСП-ЛА показало, что они близки по содержанию как основных, так и примесных элементов (табл. 2).

Таблица 2. Результаты МС-ИСП-ЛА измерения элементного состава пуговиц

	Ag	Cu	Au	Hg	Pb	Sn	Sb	Zn	Tl	Te	Fe	Ni
А основа	13,136	46,900	3,670	0,562	0,015	0,013	0,002	0,003	0,001	0,001	0,001	0,001
Б основа	12,275	46,000	3,634	0,575	0,016	0,013	0,003	0,004	0,001	0,001	0,001	0,001

Помимо элементов, указанных в таблице 2, в металле обеих пуговиц обнаружено присутствие (менее 10 мкг/г): Li, Be, B, Al, Ti, V, Cr, Mn, Co, Sr, Zr, Mo, Cd, Ba, W, Th, U. Следует отметить, что глубина проникновения лазера на объекты превышала толщину слоя позолоты и, следовательно, полученные данные о содержании примесей относятся не только к приповерхностной зоне, но и к основному металлу.

РЭМ/ЭРМ измерения элементного состава поверхности пуговиц (табл. 3, А-I, Б-I) показали, что металл крайне схож по содержанию меди (2,2–2,6%), золота (71,7–71,9%) и ртути (6,8–8,3%), а также по общему характеру и количеству других микропримесей (Fe 0,2–0,4%; Ag 1,4–2,2%; O 14,7–15,7%). В составе пуговицы 26 (табл. 3, Б-I) обнаружен свинец (0,4%). На фоне измерений основного металла по своему составу выделяется область поверхностной зоны шва на пуговице 24 (табл. 3, А-II) – содержание меди здесь достигает 48,7%, свинца – 3,6%, появляется цинк (3,8%), понижается содержание золота (8,2%) и серебра (2,8%), почти исчезает ртуть (0,7%), зафиксированы: P (1,6%), Si (0,9%), Al (4,4%).

Таблица 3. Данные РЭМ/ЭРМ элементного состава: *обл. Iм* – основной металл; *обл. 2з* – слой позолоты; *обл. 3*, *обл. 3.1*, *обл. 3.2* – промежуточные слои, лежащие между основным металлом и слоем золочения

Поверх- ность			Ag	Cu	Au	Hg	Zn	Pb
	А-I		1,4	2,6	71,7	8,3	–	–
	А-II		2,8	48,7	8,2	0,7	3,8	3,6
	Б-I		2,2	2,2	71,9	6,8	–	0,4
Шлифы микропроб (по глубине)	А1	<i>обл. Iм</i>	81,7	12,6	1,4	0,1	0,1	1,3
		<i>обл. 2з</i>	2,0	1,5	78,0	14,4	–	–
	А2	<i>обл. Iм</i>	79,3	15,3	0,7	0,2	–	1,0
		<i>обл. 2з</i>	4,4	1,0	70,7	22,8	–	0,1
	А3	<i>обл. Iм</i>	81,0	11,5	1,0	0,7	–	2,0
		<i>обл. 2з</i>	30,9	4,4	2,6	59,1	–	0,7
	А4.1	<i>обл. Iм</i>	81,6	13,1	0,3	–	–	1,0
		<i>обл. 2з</i>	20,4	9,3	52,9	9,9	0,2	0,8
		<i>обл. 3</i>	80,6	6,0	0,4	0,1	2,1	4,7
	А4.2	<i>обл. Iм</i>	75,4	22,6	0,1	–	–	0,8
		<i>обл. 2з</i>	20,3	4,0	50,0	18,5	–	0,6
		<i>обл. 3.1</i>	4,4	60,5	1,7	0,2	11,0	10,2
		<i>обл. 3.2</i>	26,3	25,7	1,2	1,7	14,9	16,6
	Б1	<i>обл. Iм</i>	81,3	13,0	0,6	0,1	–	1,4
		<i>обл. 2з</i>	12,3	5,3	66,9	7,5	0,7	–
	Б2	<i>обл. Iм</i>	80,9	13,5	0,4	0,3	–	1,4
		<i>обл. 2з</i>	23,8	13,8	43,6	8,5	–	–
	Б3	<i>обл. Iм</i>	81,8	12,7	0,5	0,2	–	1,2
<i>обл. 2з</i>		6,8	2,1	72,3	5,8	0,4	–	

Анализ распределения химических элементов на поверхности шлифов (рис. 2) показал, что основной металл, из которого изготовлены все детали обеих исследованных пуговиц, представляет собой сплав на основе серебра (75,4–81,7%) и меди (11,5–22,6%) (табл. 3, *A1 обл.1м – A4.2 обл.1м, B1обл.1м – B3 обл.1м*). Также в основном металле обнаружен свинец (0,8–2,0%), в одной зоне фиксируется наличие цинка (0,1%), присутствуют в малых количествах золото (0,1–1,4%) и ртуть (0,1–0,7%).

Исследование слоя золочения (табл. 3, *A1 обл.2з – A4.2 обл.2з, B1 обл.2з – B3 обл.2з*), визуально детектируемого на всех микрошлифах (рис. 2), показало значительную неоднородность в содержании ртути (5,8–59,1%), а также колебания концентраций золота (2,6–78,0%), серебра (2,0–30,9%), меди (1,0–13,8%) и свинца (0–0,8%). Цинк обнаружен в пробах A4.1, B1 и B3 (0,2%, 0,7% и 0,4% соответственно).

Присутствие меди зафиксировано также выше слоя золочения – в зоне, относящейся к внешней поверхности пуговицы, и, вероятно, имеющей коррозионный характер.

Отдельно нужно отметить исследования, проведенные на микрошлифах от области соединения петли с верхней полусферой (A4.1, A4.2). Построение карт распределения химических элементов на поверхности микрошлифа A4.1 (рис. 3) позволило обнаружить в образце три зоны, различные по структуре и элементному составу: основной металл (табл. 2, *A4.1обл.1м*), слой золочения (табл. 2, *A4.1обл.2з*) и переходная зона (табл. 2, *A4.1 обл.3*), которая отличается как от основного металла, так и от слоя позолоты. Состав слоя золочения и зоны основного металла полностью соответствует аналогичным зонам других микрошлифов и описан выше (табл. 3, *обл.2з; обл.1м*). Элементный состав переходной зоны характеризуется высоким содержанием серебра (80,6%), присутствием меди (6,0%), микропримесями золота (0,4%) и ртути (0,1%). Ее особенностью, в первую очередь, является наличие цинка (2,1%) и увеличение концентрации свинца (4,7%).

Исследование микрошлифа A4.2, в свою очередь, показало наличие четырех зон (рис. 4): основной металл (табл. 3, *A4.2обл.1м*) и слой золочения (табл. 3, *A4.2обл.2з*), аналогичные выше описанным, и переходная зона, представляющая собой два слоя, отличающиеся морфологией и элементным составом (табл. 3, *A4.2 обл.3.1; обл.3.2*). Область 3.1 расположена ближе к слою золочения и по данным ЭРМ содержит 4,4% серебра, 60,5% меди, 10,2% свинца, 11,0% цинка, 1,7% золота и 0,2% ртути. Область 3.2 находится между областью 3.1 и основным металлом и характеризуется наличием 26,3% серебра, 25,7% меди, 16,6% свинца, 14,9% цинка, 1,2% золота и 1,7% ртути.

Обсуждение

Исследуемые пуговицы представляют собой сборную конструкцию. Она состоит из верхней и нижней полусферы. Хорошо виден соединительный шов. К верхней полусфере прикреплена петля. Предположительно, отдельные детали пуговицы соединялись при помощи пайки с применением припоя.

Сопоставление результатов измерений элементного состава металла пуговиц различными методами позволило охарактеризовать основной металл изделий как сплав серебра (75,4–81,7%) с медью (11,5–22,6%) и свинцом (0,8–2%). Наличие свин-

ца в сплаве подтверждается и результатами масс-спектрометрии: он присутствует в центральной части нижней полусферы пуговиц 24 (А) и 26 (Б) (0,562 и 0,575%).

Переходный слой обнаружен только на микропробе А4, отобранной с места соединения петли и верхней полусферы (табл. 3, *А4.1 обл.3, А4.2 обл.3.1; обл.3.2*). Этот дополнительный слой расположен на поверхности основного металла и покрыт золочением так же, как и вся остальная поверхность пуговицы. Двукратная шлифовка микрошлифа А4 (*А4.1, А4.2*) позволила более подробно изучить данную область. Зона 3.1 (*А4.2*) расположена ближе к слою золочения и отличается от состава основного металла, как по элементному составу, так и по морфологии образца (рис. 4). Можно предположить, что эта зона представляет собой область не до конца растекшегося припоя, тогда как области 3 (*А4.1*) и 3.2 (*А4.2*) отражают зоны диффузии припоя в основной металл. Вероятнее всего, припой, использованный для пайки составных элементов пуговицы 24, представлял собой медный сплав (Cu 60,5%) с высоким содержанием цинка (11,0%) и свинца (10,2%). Обнаружение в составе этого слоя золота (1,7%), серебра (4,4%) и ртути (0,2%), вероятно, связано с диффузионными процессами в ходе пайки и золочения.

Слой позолоты покрывает всю поверхность изделий, включая места предположительной пайки, его толщина достигает 20 мкм. Крайне неоднородный элементный состав этой зоны связан с формированием в нем как соединений ртути с золотом (табл. 3, *А2 обл.2з*) (Au – 70,7%, Hg – 22,8%), так и соединений ртути с серебром (табл. 3, *А3 обл.2з*) (Au – 30,9%, Hg – 59,1%). Вероятно, это обусловлено использованием для создания амальгамы золота с высоким содержанием серебра и примесями меди [8, с. 112].

Обнаруженная на микрошлифах послойность приповерхностной зоны пуговиц, а также элементный состав каждого слоя позволяют реконструировать последовательность изготовления изделий и предположительную рецептуру всех использованных сплавов:

1) На первом этапе из серебряно-медного сплава были изготовлены элементы конструкции каждой пуговицы – две полусферы и петля для пришивания.

Вероятно, из листа металла были изготовлены круглые заготовки, которым давлением в округлой матрице была придана полусферическая форма. Для каждой пуговицы в одной из двух полусферических заготовок было проделано отверстие. Наблюдаемый в оптическом микроскопе рельефный выступ у отверстий указывает на их изготовление пробиванием изнутри полусфер до сборки пуговиц, а круглый, не искаженный давлением контур отверстий, свидетельствует о пробивании уже после придания заготовкам полусферической формы.

Петля для пришивания была изготовлена из согнутой в кольцо проволоки.

2) На втором этапе, после подготовки всех деталей пуговиц, проводилась пайка медным припоем, легированным цинком и свинцом. Температура плавления подобных сплавов составляет 800–9000С.

3) Заключительным этапом работ было нанесение на поверхность пуговиц золотой амальгамы и последующее медленное нагревание изделий для выпаривания ртути.

Выводы

Обнаруженное сходство элементного состава всех исследуемых пуговиц (по данным РФЛА), а также сходство микропримесного состава двух пуговиц, изученных более подробно (по данным МС-ИСП-ЛА), с учетом идентичности их формы и размеров, позволяет предположить, что данные изделия являются серийными предметами, изготовленными, скорее всего, одновременно и из одного сырья.

Важным фактором, характеризующим производственные традиции мастерской, является выявленная рецептура припоя – медный сплав, легированный цинком и свинцом. Для каждого мастера использование при пайке того или иного состава припоя крайне индивидуально. Дополнительные исследования элементного состава и технологических особенностей сборных полых изделий, анализ состава использованного припоя помогут в будущем выделить несколько мастерских и, возможно, определить их вероятное местоположение.

Ювелирное производство и связанная с ним миграция драгоценных металлов всегда оказывают значительное влияние не только на совершенствование местных и заимствованных ремесленных традиций, но и на экономическое и торговое развитие региона. Дальнейшие естественно-научные исследования металлических изделий, происходящих из закрытых комплексов, и последующее создание базы данных значительно расширят наше представление о материальной культуре и социально-экономических аспектах истории средневековых городов Горного Крыма.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айбабин А.И. Основные этапы истории городища Эски-Кермен // МАИЭТ. 1991. Вып. II. С. 43–51.
2. Айбабин А.И., Хайрединова Э.А. Позднесредневековая часовня на плато Эски-Кермен // МАИЭТ. 2011. Вып. XVII. С. 422–457.
3. Айбабин А.И., Хайрединова Э.А. Исследования центральной части городища на плато Эски-Кермен в 2018 г. // ΧΕΡΣΩΝΟΣ ΘΕΜΑΤΑ: империя и полис. XI Международный Византийский семинар. Материалы научной конференции. Симферополь, 2019. С. 25–32.
4. Майко В.В. Восточный Крым во второй половине X–XII вв. Киев, 2014. 467 с.
5. Макарова Т.И. Археологические раскопки в Керчи около церкви Иоанна Предтечи // МАИЭТ. 1998. Вып. VI. С. 344–393.
6. Паршина Е.А. Эски-Керменская базилика // Архитектурно-археологические исследования в Крыму / Ред. С.Н. Бибиков. Киев: Наукова думка, 1988. С. 36–59.
7. Петровский В.А., Труфанов А.А. Средневековый христианский комплекс к западу от Баклы по материалам раскопок 1993–1994 гг. // Проблемы археологии древнего и средневекового Крыма / Ред.-сост. Ю.М. Могаричев, И.Н. Храпунов. Симферополь: Таврия, 1995. С. 136–142.
8. Плаксин И.Н. Металлургия благородных металлов. М.: Metallurgizdat, 1958. 367 с.

REFERENCES

1. Aibabin A.I. Osnovnye etapy istorii gorodishha Eski-Kermen. *Materialy po arkheologii, istorii i etnografii Tavrii*, Simferopol, 1991, vol. II, pp. 43–51.

2. Aibabin A.I., Khairedinova E.A. Pozdnesrednevekovaja chasovnja na plato Eski-Kermen. *Materialy po arkheologii, istorii i etnografii Tavrii*, Simferopol, 2011, vol. XVII, pp. 422–457.
3. Aibabin A.I., Khairedinova E.A. Issledovanija central'noj chasti gorodishcha na plato Eski-Kermen v 2018 g. *Materialy nauchnoj konferencii XI Mezhdunarodnyj Vizantijskij seminar "ΧΕΡΣΩΝΟΣ ΘΕΜΑΤΑ: imperija i polis"*, Simferopol, 2019, pp. 25–32.
4. Maiko V.V. *Vostochnyj Krym vo vtoroj polovine X-XII vv.* Kiev, Oleg Filjuk Publ., 2014, 467 p.
5. Makarova T.I. Arkheologicheskie raskopki v Kerchi okolo cerkvi Ioanna Predtechi. *Materialy po arkheologii, istorii i etnografii Tavrii*, Simferopol, 1998, vol. VI, pp. 344–393.
6. Parshina E.A. Eski-Kermenskaja bazilika. Bibikov S.N. (Ed.), *Arkhitekturno-arkheologicheskie issledovanija v Krymu*, Kiev, Naukova dumka Publ., 1988, pp. 36–59.
7. Petrovskij V.A., Trufanov A.A. Srednevekovyj khristianskij kompleks k zapadu ot Bakly po materialam raskopok 1993–1994 gg. Mogarichev Ju.M., Khrapunov I.N. (Ed.), *Problemy arkheologii drevnego i srednevekovogo Kryma*, Simferopol, Tavrija Publ., 1995, pp. 136–142.
8. Plaksin I.N. *Metallurgija blagorodnyh metallov*. Moscow, Metallurgizdat Publ., 1958, 367 p.

**A. Yu. LOBODA^{a)}, A. V. ANTIPENKO^{d)}, N. N. PRESNYAKOVA^{a)}, V. M. RETIVOV^{b)},
E. S. VASHCHENKOVA^{b)}, E. YU. TERESHHENKO^{a,c)}, E. B. YATSISHINA^{a)}**

a) National Research Center "Kurchatov Institute" (Moscow, Russia)

b) National Research Center "Kurchatov Institute" – IREA (Moscow, Russia)

c) Federal Scientific Research Center "Crystallography and Photonics" RAS (Moscow, Russia)

d) V.I. Vernadsky Crimean Federal University (Simferopol, Russia)

THE FEATURES OF THE MAKING OF HOLLOW SPHERICAL BUTTONS FROM THE THIRTEENTH AND EARLY FOURTEENTH CENTURIES (ACCORDING TO THE FINDS IN GRAVE 1/2018 AT ESKI-KERMEN PLATEAU)

Abstract: The elemental composition of seven hollow spherical buttons found in grave 1/2018 at Eski-Kermen plateau was studied by XRD. After, two buttons were studied with MS-ICP-LA, and their micro-samples were examined by SEM/EDAX. The purpose of the research was to identify the technological stages of the button-making and to determine recipes of all the alloys used. The conclusion is that all seven buttons found in the burial are a series of items made simultaneously from one raw material.

Key words: ancient town at Eski-Kermen plateau, hollow spherical buttons, elemental composition, XRD, MS-ICP-LA, SEM/EDAX, production technology.



Рис. 1. Пуговица 26 из могилы 1/2018 на плато Эски-Кермен

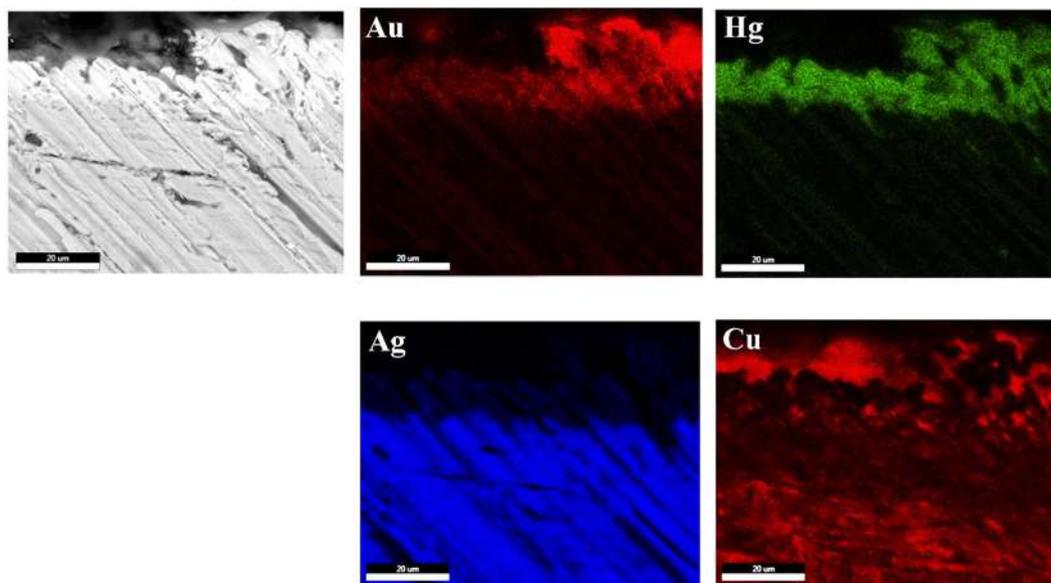


Рис. 2. Карта распределения химических элементов на поверхности шлифа микрообразца А2

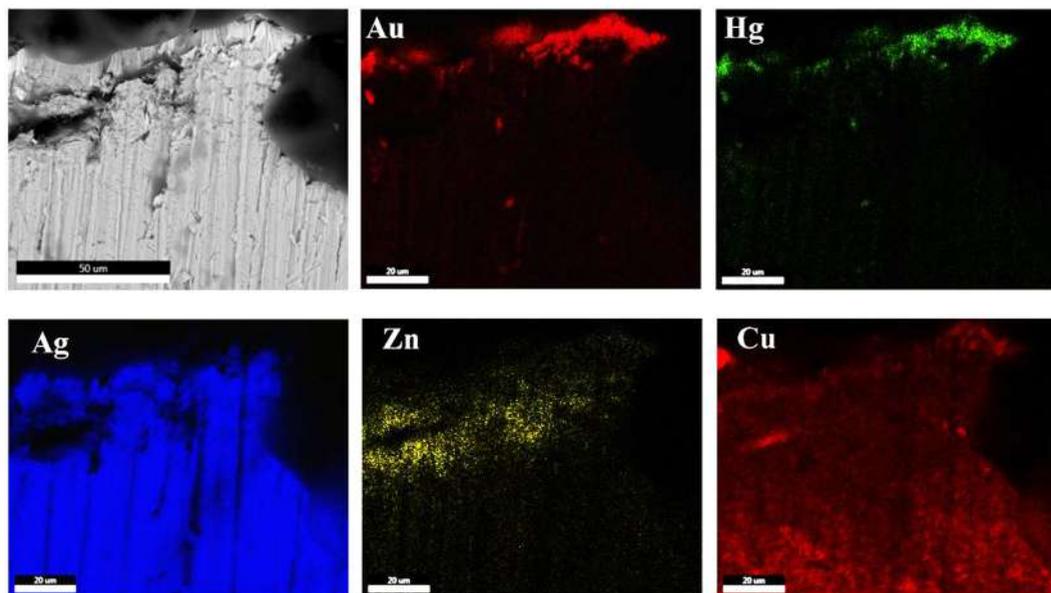


Рис. 3. Карта распределения химических элементов на поверхности шлифа микрообразца А4.1

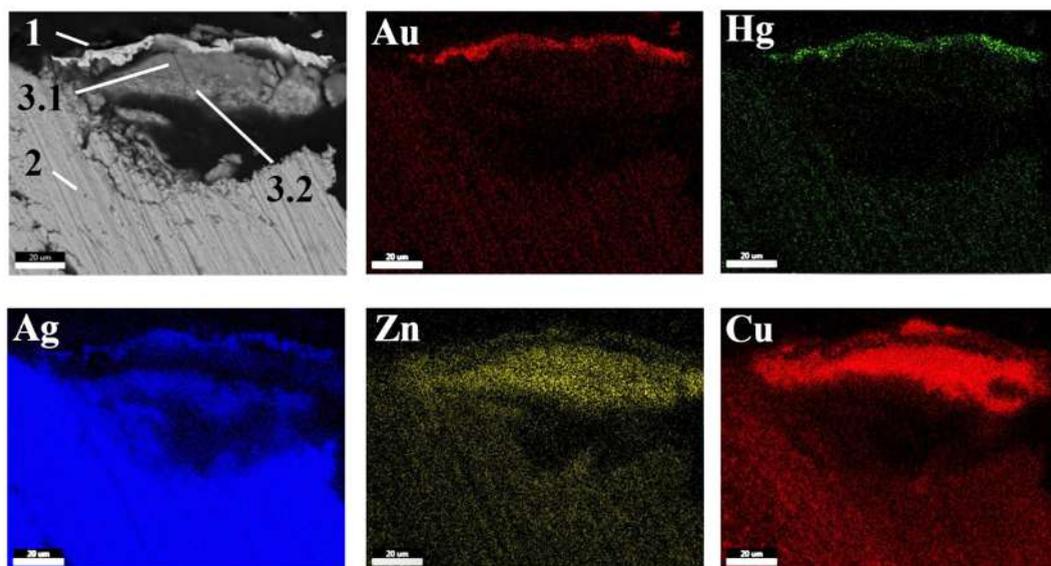


Рис. 4. Карта распределения химических элементов на поверхности шлифа микрообразца А4.2