



Problemy istorii, filologii, kul'tury
3 (2018), 107–124
© The Author(s) 2018

Проблемы истории, филологии, культуры
3 (2018), 107–124
©Автор(ы) 2018

DOI 10.18503/1992-0431-2018-3-61-107–124

СОДЕРЖАНИЕ СЕРЕБРА В СТАТЕРАХ САВРОМАТА IV

М.Г. Абрамзон*, И.А. Сапрыкина**, Т.Н. Смекалова***

**Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова,
Магнитогорск, Россия*
abramzon-m@mail.ru

***Институт археологии РАН, Москва, Россия*
dolmen200@mail.ru

****Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского
Симферополь, Россия*

Аннотация. В 275/276 г. н.э. после семилетнего перерыва возобновилась боспорская чеканка. Однако состав металла и техника изготовления новых статеров Савромата IV и Тейрана заметно отличаются от прежних выпусков Рескупорида V. В статье публикуются результаты исследования химического состава металла статеров Савромата IV по данным Фанагорского клада 2011 г. Анализ металла по методу РФА выявил содержание серебра в пределах от 7–8 до 9–10%, что выше чем в статерах Тейрана (в среднем 5–6%). Серебряные монеты этих боспорских царей сопоставимы с современными им римскими серебряными номиналами (антонинианами), как по содержанию серебра в сплаве, так и, возможно, по технологии нанесения серебряного покрытия. Исследование показало, что статеры Савромата IV (как и все статеры Тейрана регулярного чекана), содержащие небольшое количество серебра, подобно антонинианам и денариям того времени, подвергались серебрению поверхности. Предполагается, что монетные кружки-заготовки обертывались в серебряную фольгу и нагревались до 950°, а затем подвергались холодной проковке.

Ключевые слова: Боспор, Римская империя, Савромат IV, монетная техника, статеры, антонинианы, процесс серебрения, РФА

Данные об авторах. Абрамзон Михаил Григорьевич – доктор исторических наук, профессор, директор НИИ исторической антропологии и филологии Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова; Сапрыкина Ирина Анатольевна – кандидат исторических наук, научный сотрудник Отдела сохранения археологического наследия Института археологии РАН; Смекалова Татьяна Николаевна – доктор исторических наук, заведующий отделом естественнонаучных методов в археологии Крыма Научно-исследовательского центра истории и археологии Крыма Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского.

Статья подготовлена при поддержке РФФ в рамках проекта № 18-18-00193 «Начальный период истории денег: переход от полновесной монеты к знаку условной стоимости».

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая статья продолжает серию публикаций авторов о составе монетного сплава и технике серебрения позднебоспорских статов¹. Особый интерес представляет исследование химического состава металла и реконструируемого способа серебрения статов Савромата IV, ставшего вместе с Тейраном соправителем Рескупорида V в 275/276 г. н.э. В этот год после семилетнего перерыва возрождается боспорская чеканка, однако состав монетного сплава и техника изготовления новых статов Савромата IV и Тейрана заметно отличаются от прежних выпусков Рескупорида V. Рим и Боспор в это время проводили морские операции против сарматов, аланов и готов, организовавших последний рейд из Приазовья в римские провинции². Дефицит серебра для чеканки денег, необходимых чтобы обеспечить военные операции против варварских племен, вторгающихся в провинции Империи, а также на Боспор, вынудил римских императоров и боспорских царей еще с 250-х гг. н.э. чеканить монеты из медно-серебряного сплава, поверхность которых покрывал тонкий слой драгоценного металла. Таким образом, в римском монетном деле и боспорской чеканке третьей – начала четвертой четвери III в. н.э. протекали сходные кризисные процессы. Новые исследования показывают, что после 275/276 г. н.э. на Боспоре и в Империи применяются близкие пропорции серебра в монетных сплавах и, возможно, общие технические приемы серебрения монет – знаков условной стоимости.

Химический состав сплава статов Савромата IV до недавнего времени точно не был известен; небольшие исследования проводились более двадцати лет тому назад. Так, например, анализу подверглись всего два экземпляра из собрания ГИМ³. Эта крошечная выборка привела к непроверенному заключению о том, что некоторые статы этого царя содержат более 50% серебра⁴. В конце 1990-х годов был исследован состав металла⁵ статов Савромата IV из собрания Государственного Эрмитажа (выборка – 10 экз.), что выявило большой разброс по содержанию в них серебра. Большинство из исследованных статов (7 экз.)⁶ показали достаточно высокое содержание серебра на поверхности – в среднем около 20–25%. Один из статов⁷ содержал около 6% серебра, а другой⁸ – имел, вероятно, искусственно обогащенную серебром поверхность, так как содержа-

¹ Дюков, Смекалова 1996, 16–19; Смекалова 2001а; 2001б; Смекалова, Дюков 2001, 90–103; Абрамзон, Гунчина 2016а; 2016б, 280–329; Сапрыкина, Гунчина 2017, 272–483; Сапрыкина, Пельгунова, Гунчина и др. 2017, 484–493; Абрамзон, Гунчина, Сапрыкина 2017, 152–169; Abramson, Saprykina, Kichanov et al. 2018, 114–117; Абрамзон, Сапрыкина, Кичанов и др. 2018, 24–28.

² Хайрединова 1994, 522.

³ Монеты из ГИМ: № 8839 – 50% Ag; № 5259 – 3,5% Ag. См. Фролова 1997, 72.

⁴ Фролова 1997, 72–73. Данные Фанагорийского клада 2011 г., включавшего почти 90 монет Савромата IV, не подтверждают эту информацию. Лишь в одном стате Савромата IV содержание серебра в разных точках поверхности варьируется от 8.35 до 35.28% (Сапрыкина, Гунчина 2017, 427, № 2222), но оно связано с особенностями техники изготовления статов.

⁵ Исследования проводились методом РФА на анализаторе «АР-104», выпущенном на Санкт-Петербургском предприятии геофизического приборостроения «Геологоразведка».

⁶ ГЭ. Инв. № 29595, 29596, 29598–29600, 29602, 29603. Фролова 1997, 281–283, типы III и IV, табл. LXIV, 12, 15; LXV, 1, 5; LXIV, 27; LXIII, 14, 16.

⁷ ГЭ. Инв. 29594. Фролова 1997, 282, тип IV, табл. LXIV, 9.

⁸ ГЭ. Инв. 29597. Фролова 1997, 282, тип IV, табл. LXV, 4.

ние этого элемента доходит до 55%⁹. Еще один из исследованных экземпляров¹⁰ полностью выбивается из общей картины, так как оказался изготовлен из медного сплава с аномально высоким содержанием свинца (более половины состава). О необычности этой монеты говорит также и ее высокий вес – 7.95 г, в то время как средний вес статеров этого правителя, как правило, несколько ниже, в пределах 6.5–7.5 г¹¹. В целом проведенный анализ показал, что статеры Савромата IV еще производят впечатление низкопробных серебряных монет¹². В некоторых каталогах статеры Савромата IV фигурируют как биллонные¹³. Новые результаты дало исследование в 2017 г. методом РФА монетного сплава 88 статеров Савромата IV из позднебоспорского клада, найденного в 2011 г. на некрополе Фанагории¹⁴.

Целью настоящей статьи является сравнение результатов анализа химического состава сплавов статеров Савромата IV из Фанагорийского клада, представляющих уникальный гомогенный комплекс монет этого царя¹⁵, и современных им римских монет.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Металл всех 88 статеров Савромата IV из клада (см. приложение) исследовался на РФА-спектрометре M1 Mistral (Bruker), позволяющем проводить измерения поверхности на глубину до 10 микрон, а также выполнять анализ на наличие покрытий. Стандартное время измерения составило 30–60 сек., напряжение – 50кV. Кроме того, для трех экземпляров из анализируемой выборки (№ 2150, 2151, 2153) выполнялось картирование элементов на РФА-спектрометре M4 Topnado (Bruker) под вакуумом¹⁶, для определения характера распределения основных элементов по поверхности. Отдельные монеты прошли микроскопическое исследование, при котором с помощью бинокулярного оптического микроскопа МБС-10 определялись участки с сохранившимся покрытием (макрофотосъемка в музейных условиях не выполнялась).

Анализ химического состава металла монет выполнялся по методу безэталонового РФА; предварительно все монеты прошли реставрационную очистку поверхности до «живого» металла. Анализ выполнялся для аверса и реверса; при работе с выборкой для нескольких монет был выборочно проведен отбор проб с трех точек для понимания вариации содержания серебра на поверхности в зависимости от участка исследования (см. приложение).

⁹ Смекалова 2001а, Прилож., № 1361–1370; Смекалова, Дюков 1996, 18.

¹⁰ ГЭ. Инв. 29601. Фролова 1997, 282, тип III, табл. LXIV, 2.

¹¹ Фролова 1997, 281–283

¹² Смекалова 2001б, 49.

¹³ Sear 2001, No. 5501.

¹⁴ Абрамзон, Кузнецов 2017.

¹⁵ К настоящему моменту нам известна 231 монета Савромата IV: 84 экз., учтенные Н.А. Фроловой (1997, 81–82), 88 – из Фанагорийского клада; 59 – из Электронного каталога-архива «Монеты Боспора». См. <http://bosporan-kingdom.com/725-4128/1.html> (и далее).

¹⁶ Сапрыкина, Пельгунова 2013, 82–83; Сапрыкина, Пельгунова, Гунчина и др. 2017, 492, рис. 9, 1.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ химического состава металла статеров Савромата IV показал, что содержание серебра в меди, из которой были изготовлены исследуемые статеры, варьирует в пределах от 3.62 (min) до 35.28% (max), при среднем значении в 5–9% (Рис. 1). Помимо серебра, в меди статеров было зафиксировано присутствие золота, олова, свинца, мышьяка, сурьмы и никеля, по процентному содержанию относящиеся к группе микропримесей.

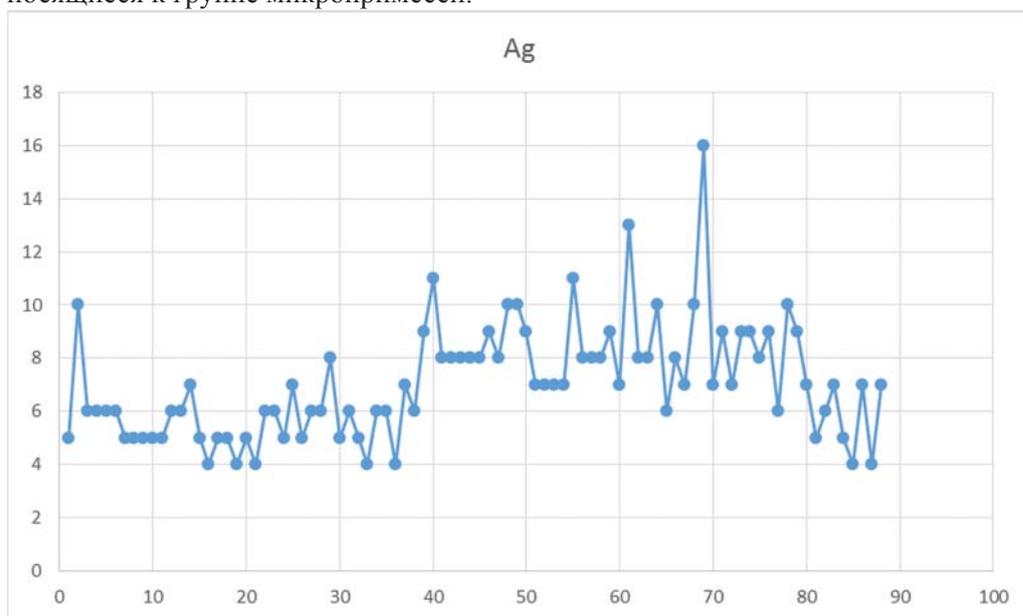


Рис. 1. Гистограмма распределения серебра на поверхности статеров Савромата IV (среднее значение)

Несмотря на незначительную вариативность содержания серебра в меди, можно заключить, что наименьшее количество серебра (5–6%) содержится в монетном сплаве выпусков Савромата IV, на реверсе которых помещен только портрет императора¹⁷ – предположительно, Тацита¹⁸ (№ 2149–2185). Нередко в этой выборке (37 экз.) встречаются монеты с содержанием серебра менее 5% (№ 2149, 2155, 2156, 2164, 2178, 2180, 2181, 2184), а единожды – менее 4% (№ 2167).

Наивысшее содержание серебра (среднее значение 8–10%) наблюдается в статерах с орлом на колонне¹⁹ (выборка из 27 монет: № 2186–2212), выпуск которых, скорее всего, носил триумфальный характер и возможно был посвящен победе флота Тацита над кораблями готов и герулов в Понте²⁰ (Рис. 2). В этой группе содержание серебра редко опускается ниже 7–8%, достигая максимально более 11% (№ 2193, 2196) и даже более 14% (№ 2189) (см. Приложение).

¹⁷ Фролова 1997, LXIV, 4–20; LXV, 1–12a.

¹⁸ Sear 2001, No. 5501.

¹⁹ Фролова 1997, LXIII, 19–27; LXIV, 1–3.

²⁰ Интерпретация типологии Савромата IV см.: Абрамзон, Кузнецов 2017, 47–51.



Рис. 2. Гистограмма распределения серебра в статерах № 2186–2212

В третьей группе статеров – с изображением императора и орла на сфере²¹ (выборка из 24 монет: № 2213–2236) содержание серебра в среднем 7–8%. Здесь попадаются монеты, как содержащие до 35.28% (№ 2222), 15% серебра (№ 2217), так и менее 5–6% (№ 2229, 2232, 2235).

В среднем содержание серебра в статерах Савромата IV выше, чем в металле монет Тейрана, чеканенных в 275/276–278/279 гг. н.э., где фиксируется стабильное содержание серебра в пределах 5–7%²².

Довольно интересны вариации содержания серебра, зафиксированные на поверхности некоторых статеров Савромата IV: его значение колеблется, например, от 8.4 до 21.1 % (№ 2189); от 7.78 до 19.20% (№ 2214) или от 8.35 до 35.28% (№ 2222), и другие (см. приложение). Однако все исследованные монеты сближают друг с другом, прежде всего, темный цвет поверхности, составляя разительный контраст с монетами Рескупорида V из состава того же клада, характеризующимися серебристым цветом и блеском при сопоставимых значениях серебра в металле²³. Микроскопическое исследование поверхности монет показало, что на там сохраняются небольшие по площади участки, визуально характеризующиеся серым (стальным) цветом (характерным для хлористого или сернистого серебра)²⁴. Сопоставление данных по максимальному содержанию серебра на поверхности

²¹ Фролова 1997, LXIII, 10–18.

²² Такое содержание серебра статерах Тейрана в целом коррелирует с данными, полученными при анализе поверхности римских монет III–IV вв. н.э., для которых было отмечено частичное итирование верхнего слоя. См. Klockenkampfer, Bubert, Hasler 1999, 318.

²³ Здесь имеются в виду максимальные значения содержания серебра в статерах Савромата IV.

²⁴ Данилевский, Тихонов, Фармаковский 1935, 107.

анализируемых статеров и участков наиболее интенсивного цвета показало их совпадение²⁵; проверка была выполнена при доисследовании отдельных статеров на РФА-спектрометре M4 Tornado (Bruker). В результате было установлено, что максимальные концентрации серебра, зафиксированные при анализе химического состава, действительно совпадают с участками серого (стального) цвета на поверхности исследованных статеров, атрибутированных при микроскопическом исследовании.

Для понимания характера распределения серебра на поверхности статеров на РФА-спектрометре M4 Tornado (Bruker) было выполнено картирование элементов (№ 2150, 2151, 2153). Картирование показало, что серебро, зафиксированное в результате анализа РФА, не рассеяно по поверхности, а точно локализуется на отдельных участках монет (и эти участки связаны непосредственно с участками серого цвета, исследованными ранее).

Дополнительно были проведены исследования по взаимосвязи серебра с рядом зафиксированных микропримесей; взаимосвязь была выявлена только для группы Ag–Au. Золото на поверхности локализуется в паре с серебром. Наиболее вероятным представляется, что золото входило в состав серебряного покрытия, причем по результатам картирования очевидно, что золото в основном расположено под серебром²⁶; его реальное содержание в настоящее время определить затруднительно без проведения специальных исследований. Однако проведенный в ходе картирования качественный анализ содержания золота свидетельствует в пользу его большего, чем было зафиксировано, присутствия на поверхности исследованных статеров. Вполне логично возникает вопрос о характере его присутствия на поверхности монет и технике изготовления статеров Савромата IV.

С одной стороны, отмеченные скачки содержания серебра позволяют рассматривать возможность обогащения серебром поверхностного слоя статеров по аналогии с римскими антонинианами 250–270-х гг. н.э. (Валериана, Галлиена, Постума, Аврелиана, Тацита, Флориана и др.)²⁷. С другой стороны, на данный момент мы не имеем однозначных свидетельств, позволяющих достоверно реконструировать технику обогащения поверхности, как это нам удалось сделать, к примеру, для статеров Рескупорида V из состава Фанагорийского клада 2011 г.

В случае со статерами Савромата IV имеющиеся данные позволяют предположить использование фольги для придания медным в своей основе монетам полновесного вида серебряных статеров и поддержания их номинала. В качестве рабочей гипотезы мы рассматриваем возможность использования золотосеребряной фольги при изготовлении статеров Савромата IV, когда монетные медные кружки-заготовки обертывались в фольгу (серебряной стороной фольги наружу) и нагревались до 950°, а затем подвергались холодной проковке, по аналогии с римскими серебряными денариями. Золотосеребряная фольга могла быть изготовлена без применения сложных методов амальгамирования²⁸, но с помощью мето-

²⁵ Сопоставление проводилось благодаря имеющейся в программном обеспечении XSpec Bruker опции фотографирования участка проведения анализа по методу РФА. Сапрыкина, Гунчина и др. 2017, 280–281.

²⁶ Сапрыкина, Пельгунова, Гунчина и др. 2017, 494, рис. 9, 1 (№ 2151).

²⁷ Абрамзон, Гунчина, Сапрыкина 2017, 156.

²⁸ В данном случае это может объяснить, почему при картировании элементов не было зафиксировано присутствия ртути на участках расположения, предположительно, золотосеребряной фольги.

да диффузии или механического склеивания при нагреве в строго определенном температурном интервале для активизации процессов межатомной связи. Такая техника получения золотосеребряной фольги получила широкое распространение еще с конца II тыс. до н.э.²⁹ В этом случае полученная фольга обладала долговременностью и устойчивостью к коррозии и механическим повреждениям. Следует отметить, что примеров использования такой фольги для изготовления монет нам в настоящий момент не известно, однако здесь следует учитывать исторический контекст, связанный с дефицитом драгоценного металла и возможным использованием имеющегося сырья, в том числе, ювелирного, для поддержания платежной системы Боспора в рассматриваемый период.

СРАВНЕНИЕ С РИМСКИМИ СЕРЕБРЯНЫМИ НОМИНАЛАМИ 250–270-х годов н.э.

Боспорская чеканка традиционно рассматривается в рамках римской провинциальной³⁰. В III в. н.э. боспорский монетный двор безусловно находился в русле основных тенденций монетного производства дворов Римской империи по решению общей проблемы деградации серебряных номиналов. Статеры Савромата IV, как и римские денарии и антонинианы, отчеканенные после 250–260 гг. н.э.³¹, часто имеют темный цвет поверхности и выглядят как обычные медные монеты, в отличие от статеров Рескупорида V 242/243–267/268 гг. н.э. Однако во время чистки монет из Фанагорийского клада было замечено, что многие статеры Савромата IV частично сохранили на поверхности серебристый цвет и блеск. Каким образом наносилось серебряное покрытие на его статеры? По-видимому, ответ на этот вопрос следует искать в римской технике производства посеребренных монет из сплава с небольшим содержанием серебра в третьей четверти III – начала IV в. н.э.

С 250 г. н.э. в римской чеканке производство монет из четвертного медного сплава (Cu–Sn–Pb–Ag) с серебряным покрытием становится обычной практикой; при этом содержание серебра в серебряных номиналах уменьшилось до 5%, иногда колеблясь на уровне до 20%³². Позднейшие из антонинианов Валериана I (253–260 гг.) содержали всего 3–4%, (иногда чуть больше) серебра и выглядели чисто как медные монеты³³; после чеканки на их поверхность наносился тонкий слой серебра, который вскоре стирался в процессе обращения. Антонинианы Аврелиана (270–275 гг.) были уже столь плохо посеребренными, что экземпляры, сохранившие следы процесса серебрения, представляют большую редкость³⁴. После 270 г. содержание серебра в римских монетах снова упало и составляло уже от

²⁹ La Nice, Craddock 1993, 176–177; Сапрыкина, Мастыкова 2017, 174–175.

³⁰ См. например: Sear 2001, 534–543.

³¹ Verboven 2007, 246–249.

³² King, Northover 1997, 73–78; Vlachou, McDonnell, Janaway 2002, 461; Deraisme, Beck, Pilon, Barrandon 2006.

³³ В сравнении с ними статеры Рескупорида V, например, 256/257–257/258 г. н.э. имели около 12% серебра (Абрамзон, Гунчина 2016б, 292) и выглядели все-таки как серебряные деньги. Такими они оставались и до 267/268 г. н.э., после чего наступает семилетний перерыв в боспорской чеканке.

³⁴ RIC V/1, 8 (note).

1 до 5%³⁵. Антонинианы Тацита (его портрет предположительно изображался на монетах Савромата IV – прим. авт.) содержали от 4 до 13% серебра³⁶; пореформенные фоллисы Диоклетиана – в среднем 3.87%, младшие номиналы его меди – еще меньше³⁷.

Состав сплава статов Савромата IV в целом очень близок к сплаву антонинианов 260-х – 276 гг. н.э. (табл. 1). Кроме того, на поверхность и тех и других монет нанесено тонкое серебряное покрытие.

Таблица 1

Сравнительный анализ сплавов статов Савромата IV
и антонинианов 260–276 гг. н.э.³⁸

Правитель, № монеты	Ag %	Cu %	Au %	Sn %	Pb %	Ni %
Савромат IV (275/276 г.), № 2149	4.84	94.09	0.13	0.35	0.40	0.05
Савромат IV, № 2155	4.93	94.34	0.11	0.28	0.23	0.05
Савромат IV, № 2151	5.83	93.04	0.24	0.50	0.23	0.07
Савромат IV, № 2236	6.31	92.44	0.15	0.62	0.25	0.05
Савромат IV, № 2193	11.35	87.82	0.10	0.09	0.18	0.00
Савромат IV, № 2217	15.37	83.24	0.12	0.30	0.23	0.02
Постум (259–267 гг.)	12.14	86.42	следы	0.88	следы	0.44
Постум	14	85	0.07	0.08	0.9	0.00
Постум	13	86	0.07	0.08	0.9	0.03
Постум	15	84	0.08	0.14	0.9	0.04
Галлиен (260–268 гг.)	6.01	87.88	следы	0.77	3.00	0.13
Галлиен	5.02	92.20		0.42	0.51	0.33
Галлиен	4.89	93.64		0.50	0.27	0.62
Клавдий II (268–270 гг.)	4.22	88.07		5.17	2.27	
Тацит (275–276 гг.)	3.32	95.65		1.02		
Тацит	4.75	94.24		1.01		
Тацит	10.81	87.77		1.46	0.73	
Тацит	4.16	94.75		1.10		

Толщина слоя серебряного покрытия на римских монетах конца III – начала IV в. н.э. колебалась от 5 до 10 микрон³⁹: на антонинианах Валериана и Галлиена – не более 7 микрон; Проба – 5 микрон, и т.д.⁴⁰ Серебрение поверхности могло быть получено в результате нагревания монеты, на которую насыпалась серебряная стружка, расплавлявшаяся при нагревании и обволакивающая всю монету тонким слоем серебра⁴¹.

³⁵ King, Northover 1997, 78–80; Caley, McBride 1956, 285.

³⁶ Esty, Equall, Smith 1993, 202, tab. 1.

³⁷ Sutherland, Harold 1961, 56–61; RIC VI, 94.

³⁸ Выборка антонинианов: Постум, Галиен, Клавдий II – по: Caley, McBride 1956, 286, tab. 1; Deraisme, Beck, Pilon, Barrandon 2006, 472, tab. 3; Тацит – по: Esty, Equall, Smith 1993, 202, tab. 1.

³⁹ Esty 1991, 226.

⁴⁰ Cope 1991, 270, 274.

⁴¹ Esty 1991, 226, note 1.

Другой возможный способ серебрения заключался в погружении монетных заготовок в расплавленный хлорид серебра⁴², однако методы горячего погружения не годятся для массового производства монеты⁴³.

Экспериментально доказана возможность использования пасты из серебра, ртути и соды для серебрения поверхности антонинианов после операции их чеканки. Другими компонентами пасты могли быть хлорид натрия, хлорид аммония, тартрат водорода калия, хлорид ртути и мел в качестве загустителя⁴⁴. Серебряное амальгамирование особенно интенсивно применялось для серебрения поверхности позднеримских монет⁴⁵. Использовался ли этот метод на Боспоре после 275/276 г. н.э.? По-видимому, нет: результаты картирования химических элементов на поверхности статера Савромата IV № 2151 (как и монет Тейрана) демонстрируют отсутствие ртути⁴⁶, что косвенно свидетельствует в пользу использования техники горячей плакировки монет серебряной фольгой (в случае с боспорскими монетами – золотосеребряной), что также доказано экспериментально для римских монет⁴⁷. Метод горячей плакировки известен в римском монетном деле более раннего периода⁴⁸, а также в чеканке Галльской Империи III в. н.э.⁴⁹

ВЫВОДЫ

Исследования химического состава металла статеров Савромата IV выявило стабильно низкое содержание серебра в сплаве (среднее значение 5–9%, вариации от 6 до 11% в среднем по выборке), что несколько превышает пропорции серебра в металле статеров Тейрана, и близко к металлу антонинианов римских императоров Центральной Империи, начиная с выпусков Галлиена 260–268 гг., Клавдия II Готского (268–270 гг.)⁵⁰, а позднее Тацита (275–276 гг.) и Флориана (276 г. н.э.). По-видимому, техника изготовления монет Савромата IV и Тейрана близка к той, что применялась в чеканке посеребренных монет Аврелиана, затем Тацита в 275–276 гг. и Флориана в 276 г. н.э., антонинианы которых были сделаны из сплава на медной основе с содержанием серебра в среднем до 9–11% и серебряным покрытием от 19 до 63%.⁵¹

⁴² Cope 1968, 115–149; 1991.

⁴³ Anheuser, Northover 1994; Vlachou, McDonnell, Janaway 2002.

⁴⁴ RIC V/1, 8 (note); Anheuser 1997; 127–134; Vlachou, McDonnell, Janaway 2002.

⁴⁵ Vlachou, McDonnell, Janaway 2002.

⁴⁶ С другой стороны, учитывая, что ртуть полностью улетучивается при нагревании до 780°, необходимы дальнейшие исследования. Экспериментально установлено, что четвертные сплавы позднеримских монет (Cu-Sn-Pb-Ag), содержавшие 1–5% серебра и по 3–9% олова и свинца, обеспечивали успешное нанесение серебряного покрытия, позволяя металлу нагреваться до достаточной температуры и испарения ртути (Vlachou, McDonnell, Janaway 2002). Между тем в сплав статеров Савромата IV и Тейрана остается по сути бинарным (Cu-Ag), включая пропорции свинца и олова всего по 0.10–0.40%, крайне редко по 1–1,4%. Близкий состав сплава имели антонинианы Постума, Галлиена, Тацита (см. табл. 1).

⁴⁷ Deraisme, Beck, Pilon, Barrandon 2006, 476–479.

⁴⁸ Kraft, Flege, Reiff, Ortner, Ensinger 2006, 87–90.

⁴⁹ Deraisme, Beck, Pilon, Barrandon 2006, 476.

⁵⁰ В антонинианах Галлиена около 6% серебра, Клавдия II – около 4–5%. См. Caley, McBride 1956, 286, tab. 5; Cope 1969, 144–161.

⁵¹ Esty, Equall, Smith 1993, 201–204.

Приложение

Химический состав сплава статеров Савромата IV из Фанагорийского клада
2011 г.

№ в клада	Место взятия пробы	№ анализа	Ag %	Cu %	Au %	Sn %	Pb %	As %	Sb %	Ni %
2149	аверс	2149ab	4.93	94.17	0.14	0.38	0.20	0.08	0.05	0.05
		2149ac	4.47	94.70	0.11	0.37	0.16	0.07	0.07	0.05
	реверс	2149bb	5.13	93.41	0.12	0.34	0.86	0.00	0.10	0.05
		2149bc	5.25	93.00	0.14	0.36	1.03	0.06	0.10	0.06
2150	аверс	2150ab	9.60	89.38	0.19	0.17	0.44	0.08	0.12	0.02
		2150ac	7.71	91.27	0.22	0.16	0.44	0.06	0.11	0.04
	реверс	2150bb	6.27	92.79	0.16	0.16	0.51	0.00	0.07	0.04
		2150bc	7.14	91.86	0.24	0.14	0.51	0.00	0.08	0.04
2151	аверс	2151ab	5.83	93.04	0.22	0.52	0.25	0.00	0.08	0.06
		2151ac	5.84	93.04	0.26	0.49	0.21	0.00	0.08	0.08
		2151b	6.04	92.71	0.18	0.63	0.25	0.06	0.08	0.06
2152	аверс	2152a	5.58	93.53	0.12	0.33	0.24	0.08	0.07	0.05
	реверс	2152b	5.28	93.96	0.12	0.34	0.15	0.08	0.04	0.05
2153	аверс	2153a	6.07	92.86	0.12	0.16	0.65	0.00	0.10	0.04
	реверс	2153b	5.50	93.25	0.14	0.49	0.48	0.00	0.09	0.05
2154	аверс	2154a	6.43	92.40	0.17	0.58	0.26	0.06	0.10	0.00
	реверс	2154b	5.12	93.35	0.09	0.40	0.89	0.00	0.09	0.06
2155	аверс	2155a	4.93	94.34	0.11	0.28	0.23	0.00	0.06	0.05
	реверс	2155b	4.93	94.10	0.13	0.28	0.43	0.00	0.08	0.05
2156	аверс	2156a	4.91	94.37	0.09	0.22	0.29	0.00	0.07	0.05
	реверс	2156b	4.79	94.52	0.10	0.25	0.19	0.06	0.05	0.04
2157	аверс	2157a	4.97	94.06	0.10	0.32	0.39	0.00	0.11	0.05
	реверс	2157b	5.80	93.09	0.13	0.42	0.37	0.06	0.09	0.03
2158	аверс	2158a	5.49	93.45	0.12	0.33	0.47	0.00	0.07	0.06
	реверс	2158b	5.00	94.18	0.11	0.35	0.25	0.00	0.06	0.04
2159	аверс	2159a	5.28	93.31	0.13	0.75	0.32	0.11	0.06	0.04
	реверс	2159b	6.18	92.32	0.13	0.70	0.45	0.12	0.05	0.05
2160	аверс	2160a	5.83	92.81	0.15	0.80	0.21	0.09	0.08	0.04
	реверс	2160b	6.76	91.78	0.21	0.84	0.30	0.00	0.06	0.04
2161	аверс	2161a	6.40	92.73	0.18	0.24	0.34	0.00	0.08	0.03
	реверс	2161b	6.10	93.20	0.15	0.17	0.15	0.11	0.08	0.04
2162	аверс	2162a	6.82	91.85	0.21	0.51	0.40	0.08	0.08	0.05
	реверс	2162b	5.95	92.98	0.13	0.36	0.37	0.10	0.06	0.06
2163	аверс	2163a	5.35	93.85	0.12	0.21	0.35	0.00	0.07	0.04
	реверс	2163b	8.83	90.09	0.28	0.25	0.42	0.00	0.10	0.03
2164	аверс	2164a	4.36	94.62	0.12	0.57	0.14	0.09	0.07	0.03
	реверс	2164b	4.57	94.19	0.09	0.35	0.65	0.00	0.11	0.04
2165	аверс	2165a	5.01	94.09	0.14	0.23	0.41	0.00	0.07	0.04
	реверс	2165b	5.22	92.86	0.12	0.17	1.48	0.00	0.09	0.05
2166	аверс	2166a	5.10	93.35	0.13	0.81	0.45	0.06	0.09	0.00
	реверс	2166b	3.62	95.15	0.08	0.63	0.40	0.00	0.07	0.05
2167	аверс	2167a	3.52	95.27	0.08	0.68	0.23	0.06	0.10	0.06
	реверс	2167b	4.63	93.93	0.11	0.70	0.50	0.00	0.09	0.04
2168	аверс	2168a	5.49	92.98	0.11	0.35	0.93	0.00	0.10	0.05
	реверс	2168b	7.16	91.45	0.21	0.50	0.53	0.00	0.08	0.05
2169	аверс	2169a	4.07	94.08	0.08	1.38	0.19	0.06	0.09	0.05
	реверс	2169b	7.92	90.51	0.18	0.27	0.80	0.11	0.18	0.02

2170	avers	2170a	5.89	92.47	0.16	0.89	0.31	0.10	0.10	0.05
	revers	2170b	6.44	91.70	0.19	0.93	0.42	0.10	0.11	0.06
2171	avers	2171a	5.92	93.01	0.11	0.24	0.59	0.00	0.08	0.05
	revers	2171b	6.92	92.11	0.20	0.32	0.33	0.06	0.07	0.00
2172	avers	2172a	5.06	94.40	0.10	0.10	0.21	0.00	0.09	0.04
	revers	2172b	10.23	88.79	0.27	0.14	0.29	0.10	0.16	0.03
2173	avers	2173a	6.81	92.42	0.14	0.13	0.23	0.10	0.14	0.03
	revers	2173b	6.44	92.90	0.16	0.16	0.16	0.00	0.13	0.06
2174	avers	2174a	5.20	94.21	0.11	0.16	0.12	0.07	0.09	0.04
	revers	2174b	4.96	94.44	0.11	0.15	0.21	0.00	0.09	0.04
2175	avers	2175a	6.21	92.18	0.16	0.36	0.95	0.00	0.09	0.05
	revers	2175b	4.63	94.55	0.11	0.29	0.31	0.00	0.07	0.05
2176	avers	2176a	6.05	93.08	0.14	0.21	0.31	0.09	0.07	0.06
	revers	2176b	6.09	93.08	0.14	0.20	0.28	0.07	0.10	0.05
2177	avers	2177a	7.64	91.38	0.19	0.16	0.43	0.07	0.09	0.03
	revers	2177b	5.18	93.86	0.12	0.16	0.56	0.00	0.07	0.04
2178	avers	2178a	4.85	93.97	0.11	0.47	0.44	0.00	0.09	0.05
	revers	2178b	4.78	93.96	0.11	0.39	0.63	0.00	0.08	0.05
2179	avers	2179a	5.80	92.99	0.12	0.55	0.34	0.06	0.09	0.04
	revers	2179b	5.81	92.61	0.13	0.46	0.86	0.00	0.08	0.05
2180	avers	2180a	4.96	93.47	0.10	0.33	0.99	0.00	0.09	0.06
	revers	2180b	4.91	94.03	0.11	0.41	0.36	0.06	0.06	0.06
2181	avers	2181a	4.36	94.67	0.10	0.40	0.36	0.00	0.06	0.05
	revers	2181b	4.62	94.08	0.12	0.42	0.56	0.00	0.09	0.05
2182	avers	2182a	6.46	92.14	0.14	0.21	0.94	0.00	0.07	0.05
	revers	2182b	6.74	92.21	0.23	0.22	0.41	0.08	0.07	0.04
2183	avers	2183a	6.28	92.49	0.13	0.60	0.39	0.00	0.06	0.04
	revers	2183b	5.19	93.52	0.11	0.58	0.48	0.00	0.06	0.05
2184	avers	2184a	4.43	94.16	0.13	0.75	0.39	0.00	0.10	0.04
	revers	2184b	4.12	94.85	0.08	0.60	0.19	0.06	0.07	0.04
2185	avers	2185a	7.27	91.33	0.04	0.40	0.81	0.00	0.11	0.04
	revers	2185b	6.42	92.66	0.03	0.42	0.30	0.06	0.08	0.03
2186	avers	2186a	5.98	93.54	0.04	0.11	0.09	0.16	0.05	0.03
	revers	2186b	8.96	90.45	0.07	0.10	0.11	0.23	0.05	0.03
		2186bc	10.41	88.96	0.08	0.12	0.20	0.14	0.07	0.00
2187	avers	2187ab	8.60	90.87	0.06	0.14	0.09	0.17	0.05	0.02
		2187ac	8.04	91.29	0.06	0.17	0.18	0.18	0.06	0.04
	revers	2187b	5.64	93.91	0.04	0.11	0.13	0.11	0.02	0.03
2188	avers	2188a	11.32	87.85	0.08	0.16	0.43	0.00	0.11	0.05
	revers	2188b	10.81	88.33	0.07	0.29	0.35	0.00	0.10	0.05
2189	avers	2189ab	8.04	91.33	0.06	0.13	0.12	0.23	0.05	0.03
		2189ac	21.10	87.16	0.10	0.14	0.23	0.22	0.06	0.00
	revers	2189bb	10.01	89.16	0.08	0.12	0.25	0.28	0.07	0.04
		2189bc	18.97	79.82	0.12	0.13	0.56	0.30	0.10	0.00
2190	avers	2190a	7.88	91.55	0.06	0.15	0.07	0.20	0.03	0.06
	revers	2190b	9.96	89.33	0.08	0.17	0.13	0.22	0.05	0.06
2191	avers	2191a	7.79	91.75	0.04	0.11	0.13	0.13	0.05	0.00
	revers	2191b	6.83	92.65	0.05	0.09	0.15	0.14	0.06	0.04
2192	avers	2192a	7.86	91.57	0.06	0.10	0.17	0.14	0.06	0.05
	revers	2192bb	14.42	84.92	0.12	0.13	0.18	0.14	0.07	0.03
		2192bc	9.57	89.73	0.07	0.11	0.21	0.18	0.09	0.04
2193	avers	2193a	8.17	91.20	0.07	0.09	0.09	0.37	0.02	0.00
	revers	2193b	14.53	84.45	0.12	0.09	0.26	0.49	0.04	0.00

2194	аверс	2194a	9.06	90.33	0.05	0.18	0.22	0.10	0.07	0.00
	реверс	2194b	7.41	92.01	0.03	0.16	0.19	0.14	0.03	0.03
2195	аверс	2195a	8.17	91.49	0.07	0.10	0.04	0.10	0.04	0.00
	реверс	2195b	9.32	90.13	0.09	0.11	0.10	0.17	0.04	0.03
2196	аверс	2196ab	10.08	89.21	0.11	0.10	0.11	0.39	0.00	0.00
		2196ac	16.16	82.90	0.22	0.13	0.15	0.38	0.05	0.00
	реверс	2196b	8.58	90.76	0.10	0.10	0.12	0.31	0.03	0.00
2197	аверс	2197ab	9.78	89.72	0.06	0.09	0.14	0.14	0.07	0.00
		2197ac	11.14	88.31	0.07	0.10	0.16	0.14	0.07	0.00
	реверс	2197b	9.71	89.80	0.05	0.07	0.12	0.15	0.07	0.03
2198	аверс	2198a	9.20	90.03	0.06	0.14	0.21	0.26	0.07	0.03
	реверс	2198b	7.25	92.12	0.05	0.18	0.13	0.19	0.06	0.03
2199	аверс	2199a	7.05	92.49	0.03	0.09	0.10	0.15	0.06	0.03
	реверс	2199b	11.43	87.84	0.06	0.13	0.20	0.25	0.08	0.00
2200	аверс	2200a	7.02	92.56	0.03	0.09	0.08	0.16	0.03	0.02
	реверс	2200b	6.87	92.72	0.04	0.08	0.10	0.16	0.04	0.00
2201	аверс	2201a	7.06	92.43	0.04	0.09	0.13	0.18	0.04	0.03
	реверс	2201b	6.05	93.53	0.04	0.13	0.05	0.13	0.05	0.03
2202	аверс	2202a	7.37	92.07	0.07	0.08	0.06	0.35	0.00	0.00
	реверс	2202b	8.41	90.99	0.11	0.09	0.06	0.34	0.00	0.00
2203	аверс	2203a	10.89	88.51	0.06	0.11	0.10	0.28	0.05	0.00
	реверс	2203b	7.59	91.95	0.05	0.09	0.06	0.18	0.06	0.03
2204	аверс	2204a	7.74	91.45	0.06	0.27	0.18	0.22	0.06	0.02
	реверс	2204b	8.47	90.67	0.07	0.25	0.33	0.17	0.05	0.00
2205	аверс	2205a	7.99	91.51	0.06	0.08	0.07	0.27	0.02	0.00
	реверс	2205b	9.73	89.50	0.06	0.10	0.18	0.43	0.00	0.00
2206	аверс	2206a	7.67	91.80	0.04	0.11	0.13	0.17	0.04	0.02
	реверс	2206b	8.37	91.13	0.05	0.09	0.11	0.15	0.07	0.03
2207	аверс	2207a	8.87	90.25	0.06	0.24	0.42	0.00	0.09	0.06
	реверс	2207b	8.69	90.27	0.06	0.20	0.61	0.00	0.12	0.06
2208	аверс	2208ab	7.43	92.07	0.05	0.13	0.09	0.17	0.03	0.03
		2208ac	9.64	89.77	0.09	0.13	0.16	0.13	0.08	0.00
	реверс	2208b	8.03	91.42	0.06	0.13	0.10	0.19	0.05	0.02
2209	аверс	2209a	12.52	86.57	0.10	0.13	0.17	0.43	0.06	0.02
	реверс	2209b	6.87	92.54	0.06	0.11	0.12	0.25	0.03	0.03
2210	аверс	2210a	7.61	91.99	0.06	0.11	0.00	0.16	0.05	0.03
	реверс	2210b	10.91	88.63	0.09	0.13	0.03	0.15	0.05	0.00
2211	аверс	2211a	7.56	91.72	0.06	0.31	0.15	0.06	0.08	0.06
	реверс	2211b	6.41	92.90	0.05	0.29	0.20	0.00	0.07	0.07
2212	аверс	2212a	10.19	88.87	0.09	0.37	0.26	0.07	0.12	0.04
	реверс	2212b	8.65	90.58	0.08	0.29	0.26	0.00	0.09	0.05
2213	аверс	2213a	6.22	93.25	0.04	0.15	0.15	0.10	0.06	0.03
	реверс	2213b	7.78	91.56	0.06	0.15	0.19	0.12	0.09	0.05
2214	аверс	2214ab	8.49	90.82	0.09	0.12	0.07	0.35	0.03	0.03
		2214ac	19.20	79.75	0.27	0.18	0.23	0.27	0.08	0.03
	реверс	2214b	8.25	91.12	0.07	0.11	0.07	0.32	0.02	0.03
2215	аверс	2215a	7.24	92.08	0.04	0.25	0.16	0.15	0.04	0.03
	реверс	2215b	8.80	90.39	0.06	0.32	0.19	0.17	0.05	0.03
2216	аверс	2216a	9.97	89.30	0.09	0.13	0.25	0.09	0.13	0.04
	реверс	2216b	8.13	91.12	0.08	0.15	0.34	0.00	0.11	0.06
2217	аверс	2217a	16.04	82.36	0.13	0.39	0.73	0.12	0.22	0.00
	реверс	2217b	14.71	84.12	0.11	0.20	0.53	0.12	0.17	0.04
			15.37	83.24	0.12	0.30	0.23			

2218	аверс	2218a	6.81	92.57	0.05	0.25	0.05	0.20	0.02	0.05
	реверс	2218b	8.10	91.17	0.05	0.25	0.07	0.32	0.00	0.04
2219	аверс	2219a	8.66	90.67	0.09	0.08	0.12	0.35	0.03	0.00
	реверс	2219b	8.77	90.57	0.10	0.10	0.10	0.34	0.02	0.00
2220	аверс	2220a	6.86	92.51	0.06	0.14	0.07	0.31	0.02	0.03
	реверс	2220b	8.67	90.58	0.09	0.18	0.07	0.34	0.03	0.03
2221	аверс	2221a	8.61	90.68	0.06	0.29	0.18	0.06	0.08	0.05
	реверс	2221b	8.25	91.03	0.07	0.28	0.18	0.06	0.07	0.07
2222	аверс	2222a	9.23	89.88	0.08	0.27	0.30	0.08	0.12	0.05
	реверс	2222bb	8.35	91.03	0.05	0.18	0.18	0.06	0.09	0.06
		2222bc	35.28	62.74	0.29	0.24	1.09	0.00	0.37	0.00
2223	аверс	2223a	7.77	91.67	0.00	0.08	0.08	0.38	0.01	0.00
	реверс	2223b	9.68	89.56	0.00	0.11	0.13	0.51	0.02	0.00
2224	аверс	2224ab	8.90	90.31	0.06	0.24	0.34	0.00	0.08	0.07
		2224ac	9.55	89.42	0.10	0.30	0.49	0.00	0.09	0.05
	реверс	2224b	9.62	89.57	0.11	0.33	0.24	0.00	0.07	0.06
2225	аверс	2225a	6.18	93.24	0.03	0.24	0.12	0.11	0.05	0.03
	реверс	2225b	6.26	93.19	0.04	0.23	0.09	0.09	0.06	0.03
2226	аверс	2226a	10.37	88.87	0.02	0.14	0.14	0.44	0.02	0.00
	реверс	2226b	8.14	91.23	0.00	0.12	0.12	0.39	0.00	0.00
2227	аверс	2227a	8.82	90.63	0.06	0.09	0.16	0.14	0.07	0.03
	реверс	2227b	7.89	91.63	0.06	0.09	0.08	0.13	0.06	0.04
2228	аверс	2228a	7.02	92.20	0.07	0.16	0.33	0.11	0.09	0.03
	реверс	2228b	7.34	91.61	0.07	0.13	0.66	0.06	0.09	0.04
2229	аверс	2229a	5.14	94.20	0.10	0.17	0.17	0.12	0.06	0.05
	реверс	2229b	5.41	93.79	0.13	0.12	0.35	0.07	0.07	0.06
2230	аверс	2230a	6.12	92.89	0.15	0.18	0.41	0.12	0.05	0.09
	реверс	2230b	6.08	93.03	0.16	0.18	0.28	0.13	0.05	0.09
2231	аверс	2231a	7.08	91.96	0.21	0.17	0.31	0.14	0.05	0.08
	реверс	2231b	5.65	93.25	0.14	0.15	0.52	0.11	0.08	0.10
2232	аверс	2232a	5.21	94.05	0.12	0.19	0.18	0.11	0.05	0.09
	реверс	2232b	5.60	93.34	0.12	0.25	0.44	0.10	0.05	0.10
2233	аверс	2233a	3.91	95.57	0.05	0.08	0.20	0.08	0.05	0.06
	реверс	2233b	7.98	91.28	0.11	0.11	0.22	0.15	0.11	0.03
2234	аверс	2234a	6.53	92.35	0.21	0.28	0.40	0.11	0.07	0.05
	реверс	2234b	5.69	92.96	0.15	0.26	0.70	0.09	0.10	0.06
2235	аверс	2235a	4.21	94.92	0.09	0.32	0.23	0.08	0.07	0.08
	реверс	2235b	4.49	94.46	0.11	0.33	0.46	0.00	0.07	0.07
2236	аверс	2236a	6.61	92.04	0.17	0.63	0.32	0.09	0.06	0.06
	реверс	2236b	6.01	92.84	0.14	0.62	0.17	0.11	0.06	0.05

ЛИТЕРАТУРА

- Абрамзон, М.Г., Гунчина, О.Л. 2016а: Исследование монетного сплава боспорских статеров III–IV вв. н.э. методом рентгеновской флуоресцентной спектроскопии (XRF) (по материалам крупнейшего клада из раскопок Фанагории). В сб.: *Первый Российский кристаллографический конгресс. От конвергенции наук к природоподобным технологиям. Москва, ВДНХ, 21–26 ноября 2016 г. Сборник тезисов.* М., 279.
- Абрамзон, М.Г., Гунчина, О.Л. 2016б: Содержание серебра в статерах Рескупорида V 242/243–257/258 гг. н.э.: исследование методом рентгеновской флуоресцентной спектроскопии (XRF). *ПИФК* 4, 280–329.

- Абрамзон, М.Г., Гунчина, О.Л., Сапрыкина, И.А. 2017: Содержание серебра в статерах Тейрана и реконструкция техники серебрения. *ПИФК* 4, 152–169.
- Абрамзон, М.Г., Кузнецов, В.Д. 2017: *Клад позднебоспорских статов из Фанагории* (Фанагория. Результаты археологических исследований. 5). М.
- Абрамзон, М.Г., Сапрыкина, И.А., Кичанов, С.Е., Козленко, Д.П., Назаров, К.М. 2018: Исследование химического состава сплава боспорских билонных статов III в. н.э. методами РФА-спектроскопии, нейтронной томографии и дифракции. *Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования* 2, 24–28.
- Абрамзон, М.Г., Фролова, Н.А. 2007–2008: *Корпус боспорских кладов античных монет. Т. I (1834–2005 гг.)*. (БИ. Suppl. 2), 580–596.
- Данилевский, В.В., Тихонов, Н.П., Фармаковский, М.В. (ред.). 1935: *Очерки по методике технологического исследования, реставрации и консервации древних металлических изделий*. Вып. 130. М. –Л.
- Дюков, Ю.Л., Смекалова, Т.Н. 1996: Состав металла статов боспорских царей (228–332 гг. н.э.). В сб.: *Четвертая всероссийская нумизматическая конференция в г. Дмитрове 22–26 апреля 1996 г. Тезисы докладов*. М., 16–19.
- Сапрыкина, И.А., Гунчина, О.Л. 2017: Химический состав металла боспорских статов Фанагорийского клада 2011 г. В кн.: Абрамзон, М.Г., Кузнецов, В.Д. 2017, 272–483.
- Сапрыкина, И.А., Мастыкова, А.В. 2017: Золотые изделия из «княжеского» погребения с поселения Мухино-2 гуннского времени на Верхнем Дону: редкие техники изготовления? *Stratum plus. Archaeology and Cultural Anthropology* 4, 165–180.
- Сапрыкина, И.А., Пельгунова, Л.А., Гунчина, О.Л., Равич, И.Г., Кичанов, С.Е., Козленко, Д.П., Назаров, К.М. 2017: Некоторые замечания о технике изготовления боспорских статов из Фанагорийского клада 2011 г. В кн.: Абрамзон, М.Г., Кузнецов, В.Д. 2017, 484–493.
- Смекалова, Т.Н., Дюков, Ю.Л. 2001: *Монетные сплавы государств Северного Причерноморья: Боспор, Ольвия, Тира*. СПб.
- Смекалова, Т.Н. 2001а: *Проблемы эволюции состава сплавов монет античных центров Северного Причерноморья в VI в. до н.э. – IV в. н.э.* Дисс... док. ист. наук. СПб.
- Смекалова, Т.Н. 2001б: Еще раз к вопросу о составе сплава боспорских монет первых веков нашей эры. *ПИФК* XI, 17–53.
- Фролова, Н.А. 1997: *Монетное дело Боспора (середина I в до н.э. – середина IV в. н.э.)*. Ч. II. М.
- Хайрединова, Э.А. 1994: Боспор и морские походы варваров второй половины III в. н.э. *МАИЭТ* IV, 517–527.
- Abramson, M.G., Saprykina, I.A., Kichanov, S.E., Kozlenko, D.P., Nazarov, K.M. 2018: A Study of the Chemical Composition of the 3rd Century AD Bosporan Billon Staters by XRF-Analysis, Neutron Tomography and Diffraction. *Journal of Surface Investigation: X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques* 12/1, 114–117.
- Anheuser, K. 1997: Where is all the amalgam silvering? In: P. Vandiver, J.R. Druzik, J.F. Merkel et al. (eds.), *Materials Issues in Art and Archaeology* V. (Materials Research Society 462). Massachusetts, 127–134.
- Anheuser, K., Northover, J.P. 1994: Silver plating on Roman and Celtic coins from Britain – a technical study. *The British Numismatic Journal* 64, 22–32.
- Caley, E.R.; McBride, H.D. 1956: Chemical Composition of Antoniniani of Trajan Decius, Trebonianus Gallus, and Valerian. *The Ohio Journal of Science* 56.5 (September), 285–289.
- Cope, L.H. 1968. The argentiferous Bronze Alloys of the large Tetrarchic Folles of A.D. 294–307. *NC* 8, 115–149.
- Cope, L. 1969: The Nadir of the Imperial Antoninianus in the Reign of Claudius II Gothicus, A.D. 268–270. *NC* 9, 144–161.

- Cope, L.H. 1972: Surface-Silvered Ancient Coins. In: E.T. Hall, D.M. Metcalf (eds.), *Methods of Chemical and Metallurgical Investigation of Ancient Coinage. A Symposium held by the Royal Numismatic Society at Burlington House, London, December 9–11, 1972.* (Royal Numismatic Society Special Publication 8). London, 261–278.
- Deraisme, A., Beck, L., Pilon, F., Barrandon, J.-N. 2006: A Study of the Silvering Process of the Gallo-Roman Coins Forged during the Third Century A.D. *Archaeometry* 48(3), 464–480.
- Esty, W. 1991: The Contribution of Surface-Silvering to Silver Content. *NC* 151, 226–228.
- Esty, W., Equall, N., Smith, R.J. 1993: The Alloy of the ‘XI’ Coins of Tacitus. *NC* 153, 201–204.
- King, C.E. 1989: The Alloy Content of the Antoninianus, A.D. 253–268. In: I.A. Carradice et al. (eds.), *Proceedings of the 10th International Congress of Numismatics, London, 1986.* Wetteren, 289–292.
- King, C.E., Northover, J.P. 1997: Ashmolean, British Museum and Neftenbach Hoard Analyses. In: L.H. Cope, C.E. King, J.P. Northover, T. Clay (eds.), *Metal Analyses of Roman Coins Minted under Empire* (British Museum Occasional Paper 120), 67–154.
- Klockenkamper, R., Bubert, H., Hasler, K. 1991: Detection of Near-surface Silver Enrichment on Roman Imperial Silver Coins by X-ray Spectral Analysis. *Archaeometry* 41.2, 311–320.
- Kraft, G., Flege, S., Reiff, F., Ortner, H.M., Ensinger, W. 2006: EPMA Investigation of Roman Coin Silvering Techniques. *Microchim Acta* 155, 179–182.
- La Niece, S., Craddock, P. (eds.) 1993: *Metal Plating and Patination: Cultural, Technical and Historical Developments.* Oxford.
- Sear, D. 2001: *Greek Imperial Coins and Their Values. The Local Coinages of the Roman Empire.* London.
- Sutherland, S.H.V., Harold, M.R. 1961: The Silver Content of Diocletian’s Early Post-reform Copper Coins. *Archaeometry* 4, 56–61.
- Verboven, K. 2007: Demise and fall of the Augustan monetary system. In: O. Hekster, G. de Kleijn, D. Slootjes (eds.), *Crisis and the Roman Empire.* Leiden–Boston, 245–257.
- Vlachou, C., McDonnell, J.G., Janaway, R.C. 2002: Experimental Investigation of Silvering in Late Roman coinage. In: *Material Research Society Symposia Proceedings* 712, 461–470.

REFERENCES

- Abramson, M.G., Saprykina, I.A., Kichanov, S.E., Kozlenko, D.P., Nazarov, K.M. 2018a: Issledovanie khimicheskogo sostava splava bosporskikh bilonnykh staterov III v. n.e. metodami RFA-spektroskopii, neytronnoy tomografii i difraktsii [A Study of the Chemical Composition of the 3rd Century AD Bosporan Billon Staters by XRF-Analysis, Neutron Tomography and Diffraction]. *Poverkhnost’. Rentgenovskie, sinkhrotronnye i neytronnye issledovaniya* [Journal of Surface Investigation: X-ray, Synchrotron and Neutron Technique] 2, 24–28.
- Abramson, M.G., Saprykina, I.A., Kichanov, S.E., Kozlenko, D.P., Nazarov, K.M. 2018b: A Study of the Chemical Composition of the 3rd Century AD Bosporan Billon Staters by XRF-Analysis, Neutron Tomography and Diffraction. *Journal of Surface Investigation: X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques* 12/1, 114–117.
- Abramzon, M.G., Frolova, N.A. 2007–2008: *Korpus bosporskikh kladov antichnykh monet. I. (1834–2005 gg.)* [A corpus of the Bosporan hoards of ancient coins. I. (1834–2005)]. (Bosporskie issledovaniya [Bosporos Studies]. Supplementum 2). Simferopol–Kerch.
- Abramzon, M.G., Gunchina, O.L. 2016a: Issledovanie monetnogo splava bosporskikh staterov III–IV vv. n.eh. metodom rentgenovskoy fluorestsentnoy spetroskopii (XRF) (po materialam krupneyshego klada iz raskopok Fanagorii) [A study of the Bosporan staters alloy of the 3rd–beginning of the 4th century BC by X-ray spectral analysis (on materials of the largest hoard from the excavations at Phanagoria)]. In: *Pervyy Rossiyskiy kristallograficheskiy kongress. Ot konvergentsii nauk k prirodopodobnym tekhnologiyam. Moskva, VDNH, 21–*

- 26 noyabrya 2016 g. *Sbornik tezisov* [The First Russian Crystallographic Congress. From the Sciences that resemble natural ones to the technology convergence. Moscow, VDNKH, 21–26 November 2016. Abstracts]. Moscow, 279.
- Abramzon, M.G., Gunchina, O.L. 2016b: Soderzhanie serebra v staterakh Reskuporida V 242/243–257/258 gg. n. e.: issledovanie metodom rentgenovskoy fluorescentnoy spetskopii (XRF) [The silver content of Phescuporis V's stater of AD 242/243–257/258 (a study by X-ray spectroscopy)]. *Problemy istorii, filologii, kul'tury* [Journal of Historical, Philological and Cultural Studies] 4, 280–329.
- Abramzon, M.G., Gunchina, O.L., Saprykina, I.A. 2017: Soderzhanie serebra v staterakh Teyrana i rekonstruktsiya tekhniki serebreniya [Silver content and surface-silvering of Teiranes' stater]. *Problemy istorii, filologii, kul'tury* [Journal of Historical, Philological and Cultural Studies] 4, 152–169.
- Abramzon, M.G., Kuznetsov, V.D. 2017: *Klad pozdnebosporskikh staterov iz Fanagorii* [A Hoard of Late Bosporan Staters from Phanagoria] (Fanagoriya. Rezul'taty arkhelogicheskikh issledovaniy [Phanagoria. Results of archaeological studies]. 5). Moscow.
- Anheuser, K., Northover, J.P. 1994: Silver plating on Roman and Celtic coins from Britain – a technical study. *The British Numismatic Journal* 64, 22–32.
- Anheuser, K. 1997: Where is all the amalgam silvering? In: P. Vandiver, J.R. Druzik, J.F. Merkel et al. (eds.), *Materials Issues in Art and Archaeology V*. (Materials Research Society 462). Massachusetts, 127–134.
- Caley, E.R., McBride, H.D. 1956: Chemical Composition of Antoniniani of Trajan Decius, Trebonianus Gallus, and Valerian. *The Ohio Journal of Science* 56.5 (September), 285–289.
- Cope, L.H. 1968: The argentiferous Bronze Alloys of the large Tetrarchic Folles of A.D. 294–307. *NC* 8, 115–149.
- Cope, L.H. 1969: The Nadir of the Imperial Antoninianus in the Reign of Claudius II Gothicus, A.D. 268–270. *NC* 9, 144–161.
- Cope, L.H. 1972: Surface-Silvered Ancient Coins. In: E.T. Hall, D.M. Metcalf (eds.), *Methods of Chemical and Metallurgical Investigation of Ancient Coinage. A Symposium held by the Royal Numismatic Society at Burlington House, London, December 9–11, 1972*. (Royal Numismatic Society Special Publication 8). London, 261–278.
- Danilevsky, V.V., Tikhonov, N.P., Farmakovskiy, M.V. (eds.) 1935: *Ocherki po metodike tekhnologicheskogo issledovaniya, restavratsii i konservatsii drevnikh metallicheskih izdeliy* [Essays on the Technique of Technological Research, Restoration and Conservation of Ancient Metal Products]. 130. Moscow–Leningrad.
- Deraisme, A., Beck, L., Pilon, F., Barrandon, J.-N. 2006: A Study of the Silvering Process of the Gallo-Roman Coins Forged during the Third Century A.D. *Archaeometry* 48(3), 464–480.
- Dyukov, Yu.L., Smekalova, T.N. 1996: Sostav metalla staterov bosporskikh tsarey (228–332 gg. n.e.) [Composition of the Bosporan kings stater's alloy (AD 228–332)]. In: *Chetvertaya vserossiyskaya numizmaticheskaya konferentsiya v g. Dmitrovo 22–26 aprelya 1996 g. Tezisy dokladov* [The Fourth All-Russian Numismatic Conference in Dmitrov. 22–26 April 1996. Abstracts]. Moscow, 16–19.
- Esty, W. 1991: The Contribution of Surface-Silvering to Silver Content. *NC* 151, 226–228.
- Esty, W., Equall, N., Smith, R.J. 1993: The Alloy of the 'XI' Coins of Tacitus. *NC* 153, 201–204.
- Frolova, N.A. 1997: *Monetnoe delo Bospora (seredina I v do n.e. – seredina IV v. n.e.)*. [The Bosporan coinage (the mid-1st century BC – mid-4th century AD)]. II. Moscow.
- Khayredinova, E.A. 1994: Bospor i morskije pokhody varvarov vtoroy poloviny III v. n.e. [The Bosporus and raids of barbarians during the second half of the 3rd century AD]. *Materialy po arkheologii, istorii i etnografii Tavrii* [Materials on the Archaeology, History and Ethnography of Tauria] IV, 517–527.

- King, C.E., Northover, J.P. 1997: Ashmolean, British Museum and Neftenbach Hoard Analyses. In: L.H. Cope, C.E. King, J.P. Northover, T. Clay (eds.), *Metal Analyses of Roman Coins Minted under Empire* (British Museum Occasional Paper 120), 67–154.
- King, C.E. 1989: The Alloy Content of the Antoninianus, A.D. 253–268. In: I.A. Carradice et al. (eds.), *Proceedings of the 10th International Congress of Numismatics, London, 1986*. Wetteren, 289–292.
- Klockenkamper, R., Bubert, H., Hasler, K. 1991: Detection of Near-surface Silver Enrichment on Roman Imperial Silver Coins by X-ray Spectral Analysis. *Archaeometry* 41.2, 311–320.
- Kraft, G., Flege, S., Reiff, F., Ortner, H.M., Ensinger, W. 2006: EPMA Investigation of Roman Coin Silvering Techniques. *Microchim Acta* 155, 179–182.
- La Niece, S., Craddock, P. (eds.). 1993: *Metal Plating and Patination: Cultural, Technical and Historical Developments*. Oxford: Butterworth-Heinemann Ltd.
- Saprykina, I.A., Gunchina, O.L. 2017: Khimicheskiy sostav metalla bosporskikh staterov Fanagoriyskogo klada 2011 g. [Chemical composition of the metal of Bosporan staters from the Phanagorian 2011 Hoard]. In: Abramzon, M.G., Kuznetsov, V.D. 2017, 272–483.
- Saprykina, I.A., Mastykova, A.V. 2017: Zolotyie izdeliya iz «knyazheskogo» pogrebeniya s poseleniya Mukhino-2 gunnskogo vremeni na Verkhnem Donu: redkie tekhniki izgotovleniya? *Stratum plus. Archaeology and Cultural Anthropology* 4, 165–180.
- Saprykina, I.A., Pelgunova, L.A., Gunchina, O.L., Ravich, I.G., Kichanov, S.E., Kozlenko, D.P., Nazarov, K.M. 2017: Nekotorye zamechaniya o tekhnike izgotovleniya bosporskikh staterov iz Fanagoriyskogo klada 2011 g. [Some notes on the technology of production of the Bosporan staters from the Phanagorian 2011 Hoard]. In: Abramzon, M.G., Kuznetsov, V.D. 2017, 484–493.
- Sear, D. 2001: *Greek Imperial Coins and Their Values. The Local Coinages of the Roman Empire*. London.
- Smekalova, T.N., Dyukov, Yu.L. 2001: *Monetnye splavy gosudarstv Severnogo Prichernomor'ya: Bospor, Ol'viya, Tira* [Coinage alloys of the North Black Sea states: Bosporus, Olbia, Tyra]. Saint Petersburg.
- Smekalova, T.N. 2001a: *Problemy evolyutsii sostava splavov monet antichnykh tsentrov Severnogo Prichernomor'ya v VI v. do n.e. – IV v. n.e.* [Problems of Evolution of the Black Sea Ancient Centers Coin Alloys in the 6th Century BC – 4th century AD (PhD Thesis)]. Saint Petersburg.
- Smekalova, T.N. 2001b: Eshche raz k voprosu o sostave splava bosporskikh monet pervykh vekov nashey ery [Again on the issue of the composition of the alloy of Bosporan coins in the first centuries AD]. *Problemy istorii, filologii, kul'tury* [Journal of Historical, Philological and Cultural Studies] XI, 17–53.
- Sutherland, S.H.V., Harold, M.R. 1961: The Silver Content of Diocletian's Early Post-reform Copper Coins. *Archaeometry* 4, 56–61.
- Verboven, K. 2007: Demise and Fall of the Augustan monetary system. In: O. Hekster, G. de Kleijn, D. Slootjes (eds.), *Crisis and the Roman Empire*. Leiden–Boston, 245–257.
- Vlachou, C., McDonnell, J.G., Janaway, R.C. 2002: Experimental Investigation of Silvering in Late Roman coinage. In: *Material Research Society Symposia Proceedings* 712, 461–470.

THE SILVER CONTENT OF SAUROMATES IV's STATERS

Mikhail G. Abramzon*, Irina A. Saprykina**, Tatyana N. Smekalova***

* *Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia*
abramzon-m@mail.ru

** *Institute of Archaeology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*
dolmen200@mail.ru

*** *Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia*
tnsmek@mail.ru

Abstract. In AD 275/276, the Bosporan coinage was resumed after a seven-year break. However, the composition of the alloy and technique of silvering of new staters under Sauromates IV and Teiranes differ significantly from the previous issues of Rhescuporis V. The article is the publication of the results of an investigation of the chemical composition of the alloy of the Sauromates IV's staters from the Phanagorian 2011 hoard. The RFA showed the poor silver content of the Sauromates IV's staters varying, with an average, between 7–8 and 9–10%, which is higher than in the Teiranes' staters (5–6%). The silvered coins of these Bosporan kings are comparable with the contemporary low-silver Roman antoniniani, both in terms of silver content in the alloy, and possibly in the silver-plating technology. The study showed that Sauromates IV's staters (like all Teiranes' issues), containing a low silver percentage in alloy, as well as the synchronous Roman coins, suffered the process for silvering. Most likely, their plating was probably obtained by combination of wrapping of blanks in a silver foil heated to at least 950° and then cold striking.

Keywords: Bosphorus, Roman Empire, Sauromates IV, coin production, technical aspects, silver-plated staters, antoniniani, XRF, silvering process
