

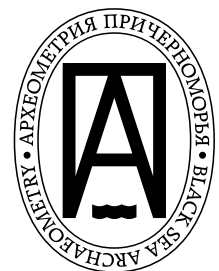


М.Г. АБРАМЗОН, Ю.Ю. ЕФИМОВА,
Н.В. КОПЦЕВА, И.А. САПРЫКИНА,
Т.Н. СМЕКАЛОВА

ПОСЛЕДНЕЕ СЕРЕБРО БОСПОРА:

МУЛЬТИАНАЛИТИЧЕСКИЙ ПОДХОД
К ИССЛЕДОВАНИЮ БОСПОРСКОЙ
СЕРЕБРЯНОЙ ЧЕКАНКИ III В. Н.Э.

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ АРХЕОЛОГИИ
RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
INSTITUTE OF ARCHAEOLOGY



RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
INSTITUTE OF ARCHAEOLOGY

THE LAST SILVER OF THE BOSPORUS:

MULTIANALYTIC APPROACH FOR STUDYING THE THIRD–CENTURY AD BOSPORAN SILVER COINAGE

by
**Mikhail G. Abramzon, Yuliya Yu. Efimova,
Natalia V. Koptseva, Irina A. Saprykina,
Tatyana N. Smekalova**



Moscow | 2021

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ АРХЕОЛОГИИ

**М.Г. Абрамзон, Ю.Ю. Ефимова, Н.В. Копцева,
И.А. Сапрыкина, Т.Н. Смекалова**

ПОСЛЕДНЕЕ СЕРЕБРО БОСПОРА:

**МУЛЬТИАНАЛИТИЧЕСКИЙ ПОДХОД
К ИССЛЕДОВАНИЮ БОСПОРСКОЙ
СЕРЕБРЯНОЙ ЧЕКАНКИ III В. Н.Э.**



Москва | 2021

УДК 904(470.62)
ББК 63.443.22(235.73)



Исследования и издание осуществлялись при поддержке Российского научного фонда
в рамках проекта № 18-18-00237-П. <https://rscf.ru/project/18-18-00237/>

Утверждено к печати Ученым советом Института археологии РАН

Ответственный редактор: доктор исторических наук В.Д. Кузнецов

Рецензенты: доктор исторических наук А.А. Завойкин,
доктор исторических наук, профессор А.А. Масленников

Абрамзон М.Г., Ефимова Ю.Ю., Кошцева Н.В., Сапрыкина И.А., Смекалова Т.Н.

Последнее серебро Боспора: мультианалитический подход к исследованию боспорской серебряной чеканки III в. н.э. — Москва: Институт археологии РАН, 2021. — 128 с., ил. (Серия: Археометрия Причерноморья. Вып. 4).

M.G. Abramzon, Yu.Yu. Efimova, N.V. Koptseva, I.A. Saprykina, T.N Smekalova.

The Last Gold of the Bosphorus: Multianalytic Approach for Studying the Third-Century AD Bosporan Silver Coinage. — Moscow: Institute of Archaeology RAS, 2021. — 128 p.; ill. (Series: Black Sea Archaeometry. Vol. 4).

ISBN 978-5-94375-344-2

В книге представлены результаты мультианалитического исследования технологических аспектов серебряной чеканки Боспора III в. н.э. Впервые сплавы боспорских статов анализируются комплексно с помощью таких методов как XRF, рентгеноспектральный микроанализ (EPMA), фокусированная сканирующая электронная микроскопия (FIB–FESEM–EDX; SEM–EDX), электронный микрозондовый анализ (EMPA), металлография, нейтронный резонансный анализ в радиационном захвате (NRCA), нейтронная дифракция, MC–ICP–MS метод анализа изотопного состава Pb в серебре, и др. Новые данные позволяют получить детальное представление о процессе девальвации боспорского статера, технологии обогащения серебром поверхности биллонных монет, серебрении статов из медного сплава, возможных рудных источниках серебра для позднего Боспора и других аспектах боспорского монетного дела в рассматриваемое время.

The book presents the results of multi-analytical studying the third-century AD Bosporan silver coinage. For the first time, the metal of Bosporan staters is analyzed using a complex of methods as following: XRF, X-ray spectral microanalysis (EPMA), focused scanning electron microscopy (FIB–FESEM–EDX; SEM–EDX), electron microprobe analysis (EMPA), metallography, neutron resonance capture analysis (NRCA), neutron diffraction, MC–ICP–MS method of analysis of the isotopic composition of Pb in silver, etc. The new data provide a good picture of devaluation of the Bosporan stater, the technology of silver surface enrichment of billon coins, silvering of copper-alloy staters, possible ore sources of silver for the Late Bosphorus, and other aspects of the Bosporan coin production at the time under consideration.

ISBN 978-5-94375-344-2

DOI: 10.25681/IARAS.2021.978-5-94375-344-2

© Институт археологии РАН, 2021

© Абрамзон М.Г., Ефимова Ю.Ю., Кошцева Н.В.,
Сапрыкина И.А., Смекалова Т.Н.

Оглавление

Предисловие	7
Введение	9
ГЛАВА 1. ОТ СЕРЕБРЯНОЙ ЧЕКАНКИ К ЧЕКАНКЕ БИЛЛОНА	15
Серебряные статеры Котиса III – Ининфимея: химический состав металла и потенциальные рудные источники (данные XRF и анализа изотопного состава Pb в серебре по методу MC–ICP–MS)	15
Исследование биллона Рескупорида V методами XRF, нейтронной томографии, нейтронного резонансного анализа в радиационном захвате (NRCA) и нейтронной дифракции	27
Экспериментальное исследование технологии обогащения серебром поверхности статеров Рескупорида V	43
Статеры Рескупорида V и Фарсанза 253/254 г. н.э.: новые данные о технологии изготовления	44
ГЛАВА 2. ТЕХНОЛОГИЯ ЧЕКАНКИ ПОСЛЕДНЕГО «СЕРЕБРА» БОСПОРА (275–286 гг. н.э.)	81
Посеребренные медные статеры Рескупорида V, Савромата IV и Тейрана	81
XRF и рентгеноспектральный микроанализ (EPMA) поверхности посеребренных статеров Фофорса 286/287 г. н.э.	95
Заключение	112
Приложение. Элементный состав сплава статеров Керченского клада 1988 г. (XRF)	113
Литература	122
Список сокращений	127

Contents

Preface	7
Introduction	9
CHAPTER 1. FROM SILVER COINAGE TO COINAGE IN BILLON	15
Silver staters of Cotys III to Ininthimeus: chemical composition of the alloy and potential ore sources (XRF and Pb isotopic analyses in silver)	15
Rhescuporis V's billon: X-ray fluorescence, neutron tomography, neutron resonance capture analysis (NRCA) and neutron diffraction	27
Experimental investigation of silvering in Rhescuporis V's coinage	43
AD 253/254 Rhescuporis V and Pharsanzes staters: new data on technology of production	44
CHAPTER 2. TECHNOLOGY OF THE LAST BOSPORAN "SILVER" PRODUCTION, AD 275 TO 286	81
Surface-silvered copper-alloy starters of Rhescuporis V, Sauromates IV, and Teiranes	81
XRF and X-ray spectral microanalysis (EPMA) of the surface of AD 286/287 Thothorses' silvered staters	95
Conclusion	112
Appendix. Elemental composition of the Kerch 1988 Hoard staters alloy (XRF)	113
Bibliography	122
List of abbreviations	127

Предисловие

Очередной выпуск серии «Археометрия Причерноморья» – «Последнее серебро Боспора» при­мыкает к Выпуску 1 «Последнее золото Боспора» (2020), посвященному изучению процесса деваль­вации основной боспорской денежной единицы – золотого статера с последней трети II в. н.э. до вре­мени Котиса III (227/228–234/235 гг. н.э.), при котором статер быстро теряет свое золотое содер­жание и становится серебряным, а затем биллон­ным. Новые данные по химическому составу ме­талла статеров этой эпохи конкретизируют пред­ставление о золотосодержащих сплавах, использу­емых на пантикапейском монетном дворе в конце II – первой трети III в. н.э., а также серебряных сплавах, пришедших им на смену.

Целью настоящего тома является суммирование результатов мультианалитических исследо­ваний технологических аспектов боспорской се­ребряной монетной чеканки III в. н.э. Этот период отмечен быстрой порчей уже серебряных статеров, что привело к вытеснению их монетами из билло­на, а далее медными с небольшим количеством серебра. Для придания таким обесцененным мо­нетам условной стоимости вида «серебряных» денег применялись различные технологические приемы обогащения их поверхности серебром, от рафинирования (аффинажа) до серебрения. Од­ной из главных задач Выпуска 4 является попытка определения возможных технологий серебрения боспорских статеров в сравнении с синхрон­ным монетным делом Римской империи, где на­блюдалась те же кризисные явления – дезинте­грация монетной системы, кризис денежного обращения, инфляция, порча монеты и обогаще­ние серебром поверхности монет с медным ядром.

В конкретном историческом контексте эпохи III в. н.э. исследование денежного производства Боспора представляет особый интерес. Турбулент­ные события в Северном Причерноморье, вызван­ные рейдами германских и сармато-аланских

племен, сопровождавшимися разрушениями бо­спорских поселений и ухудшением экономическо­го состояния государства, привели к прогрессиру­ющей деградации боспорского статера, который в очень короткий промежуток времени превраща­ется из золотого в серебряный, затем биллонный и – к концу столетия – медный.

Новый импульс для исследования начала это­го катастрофического процесса дало открытие крупного клада статеров Котиса III и Савромата III из раскопок поселения Волна 1 (Таманский полу­остров) в 2014 г., отчеканенных из золотых и се­ребряных сплавов.

Другой важнейшей базой для исследования технологии боспорской серебряной чеканки стал огромный Фанагорийский клад 2011 г., содержав­ший 3695 статеров III – начала IV в. н.э., из кото­рых более 2300 были отчеканены из сплавов с се­ребром. Этот крупнейший гомогенный комплекс биллонных и посеребренных медных статеров наиболее ярко отражает процесс официальной порчи серебряной монеты, вызванный, с одной стороны, девальвацией римской валюты, с другой – дефицитом серебра для чеканки денег у боспор­ских правителей в связи с растущими военными расходами для сдерживания усиливающегося давления племен на границы Империи и Боспора. Результатом стало прогрессирующее снижение пробы серебра в монетном сплаве, а после его почти полного исчезновения – переход к практи­ке серебрения поверхности медных монет. В этом аспекте Фанагорийский клад выступает бесцен­ным свидетельством экономики Боспора и исто­рического контекста эпохи.

Комплексное исследование металла монет Фанагорийского клада в течение последних 5 лет ведется с применением широкого спектра есте­ственно-научных методов: рентгенофлуоресцент­ного анализа (XRF), рентгеноспектрального микро­анализа (EPMA), фокусированной сканирующей

электронной микроскопии (FIB–FESEM–EDX; SEM–EDX), электронного микрозондового анализа (EMPA), металлографии, нейтронного резонансного анализа в радиационном захвате (NRCA), нейтронной дифракции, MS–ICP–MS метода анализа изотопного состава Pb в серебре и др. Новейшие исследования, результаты которых суммируются в настоящем томе, позволяют полнее представить технологические особенности чеканки последнего боспорского «серебра», включая возможные технологические приемы обогащения серебром поверхности статеров, применявшиеся на боспорском монетном дворе.

Важной вехой в расширении исследований технологии изготовления боспорских монет явился поддержанный в 2018 г. Российским научным фондом проект № 18-18-00193 «Начальный период истории денег: переход от полновесной монеты к знаку условной стоимости» (2018–2020 гг.) и его продолжение – проект №18-18-00193-П (2021–2022 гг.). Исследования технологии чеканки статеров кладов из Керчи (1964 и 1988 гг.), Анапы (1987 г.), Фанагории (2011 г.), поселения Волна 1 (2014 г.) проводились в рамках сотрудничества между Институтом археологии РАН и целым рядом научных организаций, среди которых: реставрационная лаборатория Государственного историко-археологического музея-заповедника «Фанагория», Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, НИЦ истории и археологии Крыма Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского, ЦКЛ НИИ «Наностали» Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова, Лабора-

рия нейтронной физики им. И.М. Франка Объединенного института ядерных исследований и др. Отметим, что до последнего времени все подобные исследования боспорских статеров ограничивались лишь небольшими выборками, а изотопный анализ Pb в серебре боспорских монет вообще осуществлен впервые.

Мы выражаем глубокую благодарность нашим коллегам и соавторам, в первую очередь Н.В. Бажажиной (Симбирцевой), О.Л. Гунчиной, С.Е. Кичанову, А.М. Ергашову, С.Т. Мажен, Ю.Д. Марееву, Д.П. Козленко, К. Назарову, Л.А. Пельгуновой, И.Г. Равич, П.В. Седьшову, А.В. Чугаеву, В.Н. Швецову, а также многим другим специалистам из перечисленных учреждений за сотрудничество в исследовании технологических аспектов боспорского монетного производства с помощью естественно-научных методов.

Мы искренне благодарим В.Д. Кузнецова, директора ГИАМЗ «Фанагория», заведующего отделом классической археологии ИА РАН и руководителя раскопок Фанагории за его инициативу и организацию комплексного исследования металла статеров Фанагорийского клада 2011 г. Мы также сердечно благодарим С.И. Безуглова, руководителя раскопок на поселении Волна 1, музейных сотрудников Э.Р. Устаеву (Таманский археологический музей), А.М. Новичихина (Анапский археологический музей), Н.В. Быковскую (Восточно-Крымский историко-культурный музей-заповедник) за предоставленную возможность работать с кладами из фондов данных музеев и оказанную помощь в организации масштабных РФА-исследований. Наконец, мы также выражаем искреннюю благодарность И.Н. Лицуку за верстку и художественное оформление книги.

М.Г. Абрамзон,
Ю.Ю. Ефимова,
Н.В. Кошцева,
И.А. Сапрыкина,
Т.Н. Смекалова

Введение

В канун 1871 года у керченского торговца древностями Бориса Букзеля появилось большое количество (около 500 штук) босфорских царских потиновых и частью серебряных монет, сильно окислившись и густо покрытых зеленью. Это были монеты, как после оказалось, по очистке их, царей: Инифимея, Рескупорида IV и Рескупорида V, различных штемпелей и годов, давно уже известных. Большая часть этих монет, состоящая из смеси меди, олова и малой части серебра, были обтянуты довольно толстой серебряной пластинкой и с первого взгляда казались серебряными. Этот род древних царских монет еще в первый раз встречается в босфорской нумизматике: мы знаем только посеребрённые, но не обложенные такой толстою пластиною.

Е.Е. Люценко (1880, 16–17, № 11)

Серебряная чеканка Боспора III в. н.э. представляет один из самых интересных и наименее изученных аспектов боспорского монетного дела. Последнее же, с конца I в. до н.э. при всем своем своеобразии безусловно развивалось в русле римской провинциальной чеканки и синхронных чеканок клиентских государств¹. Боспорский золотой статер ориентировался на римский ауреус, а медные монеты соответствовали римской системе номиналов². Рим санкционировал право чеканки боспорскими царями. В III в. н.э. в монетном производстве Рима и Боспора применялась общая техника изготовления монетных кружков-заготовок из сплава Cu–Ag с обогащением серебром поверхности бланков или уже готовых монет (см. ниже). В третьей четверти III в. н.э. в обоих государствах проводились денежные реформы, призванные вернуть доверие к обесценивавшейся серебряной валюте. Технологии серебрения бо-

спорских статов 275/276 и 286/287 гг. и римских монет этого времени с примерно одинаковым содержанием серебра (около 4–5%), по-видимому, тоже были схожими.

Таким образом, переломная эпоха в истории Римской империи не могла не затронуть технологию монетного производства Империи и Боспора, в которых протекали одинаковые негативные процессы, вызванные общеисторическими событиями и кризисными явлениями в экономике и финансовой сфере. Главным проявлением кризиса денежного обращения в Римской империи стало обесценивание антониниана и денария, почти полностью утративших серебряное содержание в середине столетия³. Р. Дункан-Джонс, например, подчеркивает традиционную дату (235 г. н.э.) начала так называемого «кризиса третьего века» (дату, которую «не могут исключить ревизионистские предпочтения»), когда проба серебряных римских монет стала падать в ускоренном темпе⁴. На Боспоре в это же время происходит быстрая девальвация ауреуса-статера, золотое содержание которого при Рескупориде III (211/212–228/229 гг.) падает до 30% и менее при увеличении доли серебра и меди, а при его преемниках окончательно сходит на нет⁵. Серебряные статовы 230-х гг. быстро уступают место биллону, который чеканится

¹ См., например, Sear 2001, nos. 5427–5506; RPC Suppl. 3, 37; RPC Cons. Suppl., 96–97.

² О становлении римской системы номиналов на Боспоре см. Анохин 1986, 82–86. При Нероне вводятся новые номиналы – сестерций и дупондий. Чеканка Реметалка (131/132–153/154) и Евпатора (154/155–170/171) ограничивалась уже выпуском всего двух номиналов – статера и сестерция. Реформа Савромата II в 180-е гг. добавила медные номиналы: денарий, двойной денарий, двойной сестерций, драхму (= 3 сестерция = $\frac{3}{4}$ денария). См. Анохин 1986, 114–117; Фролова 1997а, 149–152. Но уже при Рескупориде V (242/243–276/277 гг.) выпуск разменной медной монеты ограничивался единственным номиналом – двойным денарием, который окончательно исчезнет вместе с последним биллоном этого царя в 267/268 г.

³ См., например, Core 1969.

⁴ Duncan-Jones 2004, 20.

⁵ Смекалова, Дюков 2001, 94–95; Абрамзон, Безуглов, Гунчина и др. 2020а, 36–40.

по 267/268 г. н.э. (отметим возвращение на миг к мизерной по объему чеканке серебра и золота в 263/264 и 264/265 гг. н.э.). После возрождения боспорской чеканки в 275 г. н.э. недолго выпускаются посеребренные статеры из медного сплава с небольшим содержанием серебра. В 286/287 г. н.э. последний раз чеканятся монеты из меди с заметным содержанием серебра (в среднем около 5–9%) и серебряным покрытием. Далее до конца боспорской чеканки в 341/342 г. в обращении остаются только медные статеры.

Новейшие исследования технологии позднебоспорской чеканки

Круг исследований технических аспектов римской серебряной чеканки, процесса девальвации антониниана и денария, технологии монетного производства (обогащения поверхности монет серебром), экономических моделей последствий монетных реформ, призванных остановить дальнейшее обесценивание денег, неуклонно увеличивается параллельно с расширением арсенала новейших естественнонаучных методов, применяемых в нумизматических исследованиях. Огромная литература не может быть рассмотрена здесь⁶.

Напротив, возможности приборной базы для редких археометрических исследований боспорских монет в 1980-е и на рубеже 1990-х и 2000-х гг. были заметно скромнее и ограничивались, в основном, полуколичественным анализом элементного состава металла небольших выборок монет из собраний ГЭ и ГИМ⁷. В целом эти исследования позволили составить более-менее ясную картину девальвации боспорского статера, но совершенно не касались технических аспектов монетного производства (таких, как приемы обогащения серебром поверхности статеров) или идентификации возможных рудных источников сырья для боспорского монетного двора в римское время.

Широкомасштабные исследования технологии боспорской чеканки (беспрецедентные по объему выборки, а по набору исследовательских методов – соответствующие мировому уровню

и пионерские для боспорской нумизматики) начались после открытия огромного клада позднебоспорских статеров в некрополе Фанагории в 2011 г. Во-первых, с помощью неразрушающего метода безэталонного РФА была получена крупнейшая база данных элементного состава статеров (3695 экз., около 12 000 проб), чеканившихся с 237/238 по 307/308 гг. н.э.⁸ Недавнее исследование химического состава статеров Гай-Кодзорских кладов 1972, 1977 и 1986 гг. (всего 1362 экз. – 4086 проб) охватило период боспорской чеканки с 276/277 по 341/342 гг. н.э., от Тейрана до Рескупорида VI⁹. К этим выборкам крупнейших гомогенных монетных комплексов эпохи добавились результаты изучения металла статеров Керченских кладов 1964 и 1988 гг.¹⁰ и Анапского 1987 г.¹¹, а также кладов из поселения Волна 1 на Таманском полуострове¹². Полученные данные детализируют представление о номенклатуре сплавов, применяемых на боспорском монетном дворе от Савромата II до Рескупорида VI.

Во-вторых, для определения элементного состава ядра серебряных (биллонных) статеров Рескупорида V (из Фанагорийского клада 2011 г.) впервые использовался метод нейтронного резонансного анализа в радиационном захвате (NRCA) на импульсном источнике нейтронов ИРЕН в Лаборатории нейтронной физики им. И.М. Франка ОИЯИ (г. Дубна). Эти исследования боспорских статеров проведены в сотрудничестве с Институтом археологии РАН¹³.

В-третьих, впервые проведено изучение изотопного состава Pb в серебре статеров Котиса III, Рескупорида IV и Инифимея (из Анапского клада 1987 г.) методом MC–ICP–MS анализа¹⁴. В мировой археологии Pb–Pb метод давно представляет рутинный подход при идентификации источника серебра, поступавшего в различные истори-

⁶ См., например, Walker 1978; Pense 1992; Estiot 1996; Haklai-Rotenberg 2011; Rodrigues et al. 2011; Butcher, Ponting 2015; Langmuir 2018.

⁷ Treister 1988; Фролова 1997а, 160–164; 1997б, 146–149; Смекалова, Дюков 2001, 90–104. Исключение составляет докторская диссертация Т.Н. Смекаловой, посвященная эволюции состава сплавов монет античных центров Северного Причерноморья. См. Смекалова 2001а; 2001б.

⁸ Абрамзон, Гунчина 2016б; Сапрыкина, Гунчина 2017; Сапрыкина, Пельгунова и др. 2017.

⁹ Абрамзон, Новичихин, Сапрыкина, Смекалова 2019.

¹⁰ Смекалова, Абрамзон, Сапрыкина, Антипенко и др. 2019.

¹¹ Сапрыкина и др. 2020.

¹² Абрамзон, Безуглов, Гунчина, Сапрыкина, Смекалова, Устаева 2020; Abramzon 2020.

¹³ Vazhazhina et al. 2018; Седышев и др. 2019; Sedyshev et al. 2019.

¹⁴ Сапрыкина, Чугаев, Абрамзон, Новичихин, Смекалова 2020.

ческие периоды в конкретный регион¹⁵. Высокий уровень надежности метода Pb–Pb обеспечивает возможность его комплексного использования при интерпретации результатов анализа свинца в серебре, в том числе для археологических артефактов. Благоприятным фактором является постоянно пополняющаяся база Pb–Pb данных по месторождениям и рудным районам Европы, Средней и Ближней Азии и т.д.¹⁶ Однако в отечественной практике археологических исследований этот метод анализа применяется лишь в последние годы, и впервые – для боспорского монетного серебра¹⁷. Потенциал Pb–Pb метода дает возможность получить сведения об источниках серебра для Боспора, в частности, в римское время. Изучение изотопного состава Pb в серебре статеров Анапского клада 1987 г. проводилось в Лаборатории изотопной геохимии и геохронологии ИГЕМ РАН с помощью высокоточного анализа, основанного на применении метода многоколлекторной масс-спектрометрии с ионизацией вещества в индуктивно связанной плазме (MC–ICP–MS)¹⁸.

Впервые проведены и специальные исследования с целью выяснения технологии обогащения серебром поверхности позднебоспорских статеров с низким содержанием драгоценного металла в сплаве¹⁹. Особую важность в этой связи приобретает открытие в составе Фанагорийского клада 2011 г. группы статеров Фофорса 286/287 г. н.э., имеющих серебряное покрытие поверхности, о существовании которых ранее не было известно²⁰. Исследование этих монет в ЦКЛ НИИ «Наностали» МГТУ им. Г.И. Носова методом РСМА (2020–2021 гг.) дало неожиданные результаты. Впервые в поверхностном серебряном слое этих монет выявлено присутствие хлора, кальция, натрия и магния, что позволяет предполагать применение для серебрения позднебоспорских статеров специальных паст, компонентами которых помимо хлорида серебра могли быть, например, хлорид натрия, хлорид аммония, гидротартрат калия, хлорид

ртути и мел в качестве загустителя²¹. Как показали новейшие исследования других монет Фанагорийского клада, та же техника применялась на Боспоре и на треть века раньше – для серебрения поверхности статеров Фарсанза 253/254 г. н.э. (см. ниже). Обогащение серебром поверхности синхронных статеров Рескупорида V выполнялось по иной технологии. Применение различных технических приемов в чеканке обоих царей, скорее всего, исключает чеканку их статеров на одном монетном дворе, а, следовательно, они не были соправителями. Техника серебрения с помощью паст, содержащих серебро, ртуть и соду, предположительно, могла применяться и в римском монетном деле конца III в. н.э.²² Исследования римских монет, чеканенных после 293/294 г. н.э., выявили присутствие ртути в поверхностном серебряном слое, что предполагает применение амальгамы и нескольких циклов нагрева монеты²³.

Наконец, результаты экспериментальных исследований в лаборатории ГИАМЗ «Фанагория»²⁴ позволяют предполагать использование технологии обогащения серебром поверхности заготовок-бланков для чеканки биллонных статеров Рескупорида V, аналогичной той, что применялась в римском монетном деле (включая травление заготовки в кислотах для удаления оксидов меди и выявления серебряной фазы с ее выпадением (сегрегацией) на поверхность)²⁵.

Девальвация серебряной монеты на Боспоре и в Риме в III в. н.э.

Результаты проведенных исследований позволяют детализировать технологию чеканки «последнего серебра» Боспора в III в. н.э. По-видимому, процесс деградации боспорского статера в направлении золото – серебро – биллон – посеребренная бронза нельзя упрощенно объяснять только прогрессирующим дефицитом драгоценного металла у боспорских властей, прекращением поступлений римских дотаций и т.д. Экономика Рима III в. н.э. демонстрирует неизбежное подчинение денежного обращения закону Грешема²⁶, то же касается и Боспора. При этом катастрофическое падение курсов имперского серебра и боспорского статера протекало почти одновременно, как и денежные

¹⁵ Stos-Gale 1986; 2017; Stos-Gale, Gale 2009; Baron et al. 2011; Albarède et al 2012; Gale, Stos-Gale 2016.

¹⁶ Gale, Stos-Gale 2016.

¹⁷ Сапрыкина, Чугаев, Гунчина, Пельгунова 2020.

¹⁸ Сапрыкина, Чугаев, Абрамзон, Новичихин, Смекалова 2020.

¹⁹ Сапрыкина, Пельгунова, Гунчина и др. 2017; Абрамзон и др. 2017; Абрамзон, Сапрыкина, Кичанов 2018; Абрамзон, Сапрыкина, Смекалова 2018; Абрамзон, Сапрыкина 2019; 2020; Abramzon et al. 2018.

²⁰ Абрамзон, Кузнецов 2017, 53–56.

²¹ Абрамзон, Ефимова и др. 2020; Abramzon et al. 2020.

²² См. RIC V/1, 8, note 1.

²³ Vlachou et al. 2002.

²⁴ Сапрыкина, Пельгунова, Гунчина и др. 2017, 488–490.

²⁵ Core 1972, 261; Beck et al. 2004, 158.

²⁶ Ср. Aubert 2003; Estiot 2012, 542.

реформы, призванные стабилизировать финансовую ситуацию.

В Империи начало резкой девальвации приходится на правление Септимия Севера: проба денария упала на 50%. Реформа Каракаллы в 215 г. означала попытку пересмотра номинальной стоимости серебряной монеты: введенный им антониниан весил в 1,5 раза больше денария при том же содержании серебра, но в обращении он равнялся 2 денариям. Одновременно происходит редуцирование веса ауреуса. Позже, с 238 по 270 гг., антониниан резко падал как в весе, так и в чистоте металла, и превратился в монету из биллона, а затем в монету из меди. С 240 г. денарий чеканится нерегулярно. Особенно быстрое снижение содержания серебра произошло в трудные 253–260 гг., отмеченные вторжениями племен и, наконец, политическим раздроблением Империи. В начале правления Аврелиана уже не было серебряных монет²⁷.

К 250 г. н.э. производство монет из тройной бронзы Cu–Sn–Pb с присадкой серебра стало обычной практикой; поверхность таких монет оставалась посеребренной. При Валериане I (253–259 гг.) антонинианы чеканились из бронзы (с содержанием серебра 3–4% и даже меньше) и были покрыты тонким слоем белого металла, что должно было просто маркировать их принадлежность к серебряным сериям. Это серебряное покрытие быстро стиралось. Серебрение монет производилось на разных монетных дворах с различной степенью успеха; толщина слоя и его химический состав варьировался. При Клавдии Готском, Квинтилле и в ранние годы правления Аврелиана антонинианы достигли наивысшей степени их деградации²⁸. Они имели маленький размер, чеканились иррегулярно и были так плохо посеребрены, что теперь трудно найти экземпляр со следами этого процесса хотя бы достаточными, чтобы показать, что он не был отменен. Реформа Аврелиана в 274 г. н.э. привела к некоторому улучшению качества монет; новый антониниан или «аврелиан» весил 3,88 г и содержал около 5% серебра, по крайней мере, на центральных монетных дворах. На монетах появились знаки достоинства XX I (20 = 1), XX, KA и т.д. Аврелиан, по-видимому,

не выпускал никаких квинариев и серебряных серий, но эти монеты появляются у Галлиена, Проба, Кара и других императоров и отличаются маленьким диаметром (14 мм)²⁹. Тацит недолго чеканил монеты с удвоенным количеством серебра и понизил их ценность до 2,5 денариев на своих монетных дворах на Востоке (теперь на них стоял знак XI). Проб вернулся к стандарту Аврелиана, который оставался неизменным до 293 г. н.э.³⁰

Эти процессы, как сказано выше, почти синхронно протекают и на Боспоре. Если при Котисе III, Рескупориде IV и Ининфимее монеты нередко содержат до 70–90% серебра, то за первые 15 лет правления Рескупорида V, с 242/243 по 257/258 гг. н.э., по нашим наблюдениям (см. ниже), количество серебра в статерах, изготовленных из сплава Ag–Cu, упало двукратно – до 11–15% (между тем, в начале этого процесса в 243/244–245/246 гг. серебряные монеты 900–500 пробы составляют почти две трети, биллон – треть. См. Приложение). В 263/264–265/266 гг. н.э. проводится денежная реформа. Суть ее хорошо известна³¹. На первом этапе в 560 г. б.э. (= 263/264 г. н.э.) кроме биллонных статов чеканится мелкое золото³² и серебро (>90% Ag)³³. В.А. Анохин обосновал, что золотая монета представляет не триенс, а семис (Галлиена, исходя из веса ауреуса 5,05 г в его правление), с чем следует согласиться. Мелкие серебряные монеты высокой пробы эквивалентны статерам. Таким образом, в 560 г. б.э. золотой семис равнялся 10 серебряным монетам или 10 биллонным статерам. На втором этапе, в 561 г. (= 264/265 г. н.э.) золото возможно не чеканится, но продолжался выпуск серебра (известна единственная монета весом 2,38 г³⁴). Выпускаются биллонные статовы старого типа и новые, со знаком ценности I (= 10)³⁵. На третьем этапе, в 562 г. (= 265/266 г. н.э.) выпускаются только биллонные статовы с цифрой I и цифрой K (= 20). Принимая цифру I за обозначение стоимости 10 двойных денариев, а K – 20 денариев, В.А. Анохин считал, что монетная система приобрела с этого момента следующий вид: золотой семис = 10 серебряным денариям = 10 ста-

²⁷ Estiot 2012, 540–543; Elliott 2014, 132f.

²⁸ Если в 238 г. антониниан весил 4,60 г и содержал около 47% серебра, то в 270 г. он весил не больше 2,80 г при содержании всего 2,5% серебра. Вес серебра на монету снизился с 2,20 до 0,1 г. См. Estiot 1996, 40; 2012, 542. То же происходит и с боспорским статером от 237/238 к 275/276 г.

²⁹ RIC V/1, 8–10; Haklai-Rotenberg 2011, 9.

³⁰ Harl 1996.

³¹ Анохин 1986, 125–126; Фролова 1996, 57–59.

³² Анохин 2011, № 2070. Вес – 2,62 г.

³³ Фролова 1997б, LII, 13–15. Вес около 3 г.

³⁴ Анохин 1986, № 711; 2011, № 2074; Фролова 1997б, LII, 3.

³⁵ Анохин 1986, № 712а; 2011, № 2076.

терам = 200 денариям; при этом, по мнению исследователя, не было разницы между старыми и новыми статерами³⁶. Однако против свидетельствует массовая перечеканка статов прежних лет в новые статы с цифрой К. Кроме того, в Фанагорийском кладе кроме многочисленных таких перечеканок присутствует статов старого типа с датой ЭФ – 560 г. б.э. = 263/264 г. н.э. (№ 1005), исправленный резцом, с помощью которого портрет одного из двух императоров (Валериана и Галлиена) на реверсе был перерезан в цифру I. Известны и другие такие статы³⁷. Целью этих операций, безусловно, являлось повышение номинальной стоимости статов. Неслучайно, в последующие два года чеканятся исключительно статы с цифрой К.

Деградацию боспорских статов от «бледно-го» золота до биллона со второй четверти III в. А.Н. Зограф верно связывал с последовательной и непрерывной порчей денария³⁸. К.В. Голенко также непосредственным образом связывал девальвацию боспорских статов с обесцениванием римской серебряной монеты (антониниана и денария) в конце II – III в. н.э.³⁹ Н.А. Фролова, напротив, считала, что римская монета не могла оказывать влияния на деградацию боспорских статов, поскольку она не обращалась на Боспоре. Причину девальвации боспорской и римской валюты она видела во внешнеполитических событиях, потрясавших Империю и Боспор в эту эпоху. С одной стороны, ею была детально исследована связь перерывов в боспорской чеканке III в. н.э. с историческим процессом постепенного

прекращения функционирования провинциальных монетных дворов Империи, начиная с правления Гордиана III (233–244 гг.), связываемым с девальвацией антонинианов и особенно денариев после 260 г., что привело к кризису денежного обращения в середине столетия. Ухудшение имперской валюты сделало провинциальную чеканку нерентабельной, и закрытие провинциальных дворов при Галлиене объяснялось попыткой стабилизировать финансовое положение Империи. С другой стороны, даты прекращения функционирования ряда провинциальных дворов совпадают с датами разрушительных рейдов готов и других племен⁴⁰ (на Боспоре с последними связаны три хронологические группы кладов⁴¹).

При Таците, в 276 г. н.э., прекратил функционировать последний провинциальный монетный двор в Перге (Памфилия)⁴². Однако до начала IV в. продолжается чеканка биллонных александринов в Египте. На наш взгляд, заслуживает особого внимания тот факт, что биллонные боспорские статы и биллонные тетрадрахмы Александрии после реформы Аврелиана⁴³ были близки по метрологии и содержанию серебра, что, возможно, не было простым совпадением.

Таким образом, падение курсов антониниана и боспорского биллона протекало одновременно (рис. 1), а основная причина проведения реформ в Риме и на Боспоре в 260–270-х гг. н.э., вне сомнения, была одна и та же: деградация серебряных монет достигла низшей точки, и государство предпринимало попытки вернуть доверие к обесценившейся валюте.

³⁶ Анохин 1986, 126.

³⁷ Абрамзон, Кузнецов 2017, 39, рис. 18; Каталог-архив «Монеты Боспора»: <https://bosporan-kingdom.com/710-4864/1.html>.

³⁸ Зограф 1940, 59–60.

³⁹ Голенко 1972, 241.

⁴⁰ Фролова 1997б, 68–70.

⁴¹ См. Абрамзон, Кузнецов 2017, 11–12; Abramzon, Kuznetsov 2019, 328, Tab. 7.

⁴² Estiot 2012, 543.

⁴³ Вес тетрадрахм стабилизировался на 7,9 г. См. Metcalf 1998, 275.

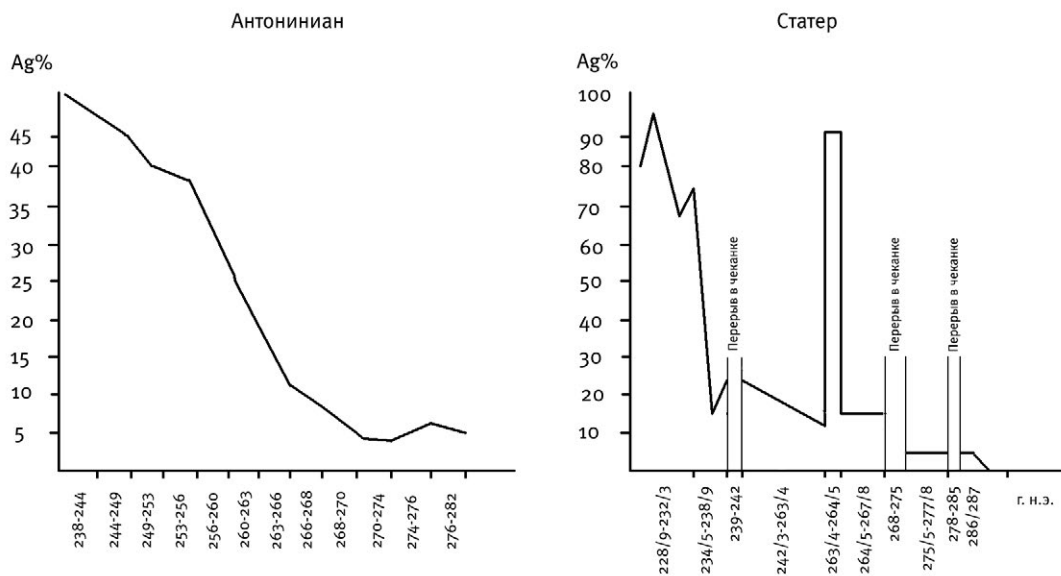


Рис. 1. Содержание серебра в антониниане (по: Estiot 2012, 543, Fig. 29.A) и боспорском статере в III в. н.э.

Fig. 1. Silver content of the antoninianus (after: Estiot 2012, 543, Fig. 29.A) and the Bosphoran stater in the 3rd century AD.

ГЛАВА 1

От серебряной чеканки к чеканке биллона

Серебряные статеры Котиса III – Ининфимея: химический состав металла и потенциальные рудные источники (данные XRF и анализа изотопного состава Pb в серебре по методу Mc–Icp–Ms)

Переход к серебряной чеканке

Название этой главы неслучайно совпадает с названием подраздела *From “Silver” Coinage to Coinage in Billon*, посвященного римской чеканке позднего III в. н.э., в *The Oxford Handbook of Greek and Roman Coinage* (2012)⁴⁴. Переход от серебряной чеканки к биллонной в Риме и на Боспоре

Последние боспорские статеры из золотого сплава чеканят Котис III (227/228–233/234 гг.) и Савромат III (229/230–231/232 гг.). Данные анализа химического состава металла монет клада из поселения Волна 1 (2014 г.) ярко демонстрируют процесс обвальной девальвации золотого статера и превращения его в серебряную, а вскоре биллонную монету⁴⁵. Начиная с 228/229 г. н.э., статеры Котиса III содержат немногим более 20% золота. Параллельно чеканятся статеры из сплава серебра с золотом и из серебра (870 пробы), причем нередко общими парами штемпелей⁴⁶ (рис. 2; 4, № 4–7). Статеры 229/230 г. н.э. также отчеканены из тройного сплава Au–Ag–Cu с содержанием золота около 20%, серебра – около 70%, меди – 7–13%. Статеры Савромата III 230/231 г. из того



Рис. 2. Статеры Котиса III и Савромата III 230/231 г. н.э. из электра (а, в) и серебра (б, г), отчеканенные одними парами штемпелей. Коллекция А.В. Лаврова⁴⁷. Увел. х 2.

Fig. 2. AD 230/231 Cotys III and Sauromates III's staters struck with same dies-combination in electrum (a, c) and silver (b, d). From A.V. Lavrov's collection. Magnification x 2.

начался почти одновременно – в 230-е гг. н.э., что было вызвано вторжением племен (в том числе, на это время приходится начало эпохи «скифских» войн), военным и политическим кризисом.

⁴⁴ Estiot 2012, 540.

⁴⁵ Абрамзон, Безуглов, Гунчина и др. 2020а; 2020б.

⁴⁶ Фролова 1997б, 20–21; Смекалова, Дюков 2001, 95; Абрамзон и др. 2020а, № 30.

⁴⁷ Авторы искренне благодарят А.В. Лаврова за любезно предоставленные фотографии статеров из его коллекции.

же клада содержат уже 5–15% золота, 74–85% серебра, 2–13% меди.

После этого «перелома», связанного с падением римской серебряной монеты и дефицитом золота для боспорской чеканки, золотой статер навсегда исчезает из денежного обращения и его сменяет серебряный. Содержание серебра в металле новых монет в данный период все еще велико – от 78 до 96% (среднее значение – 85–90%).

Катастрофическое падение боспорского статера, по нашим наблюдениям, приходится на 231/232 и особенно 232/233 гг. Статеры 231/232 г. содержат от 8,5% до менее 2% золота в сплаве. По сути, это серебряные монеты, из которых часть

отчеканена из серебра 900–800 пробы (золото в них содержится на уровне микропримесей – менее 0,5–0,25%), другие – из серебра ниже 750 пробы. Встречаются и статеры из «плохого» серебра, содержащие только 56–58% драгоценного металла и 35–38% меди.

Наконец, статеры 232/233 г. демонстрируют финальный этап редукции количества золота в сплаве. Все это сплошь серебряные монеты, из которых одни еще содержат 5–9,6% золота, другие – 2,3–0,24%. Присутствие золота на уровне 0,5% и меньше, по-видимому, связано уже не с лигатурой сплава, а документирует наличие «коренных» рудных примесей в серебре⁴⁸.

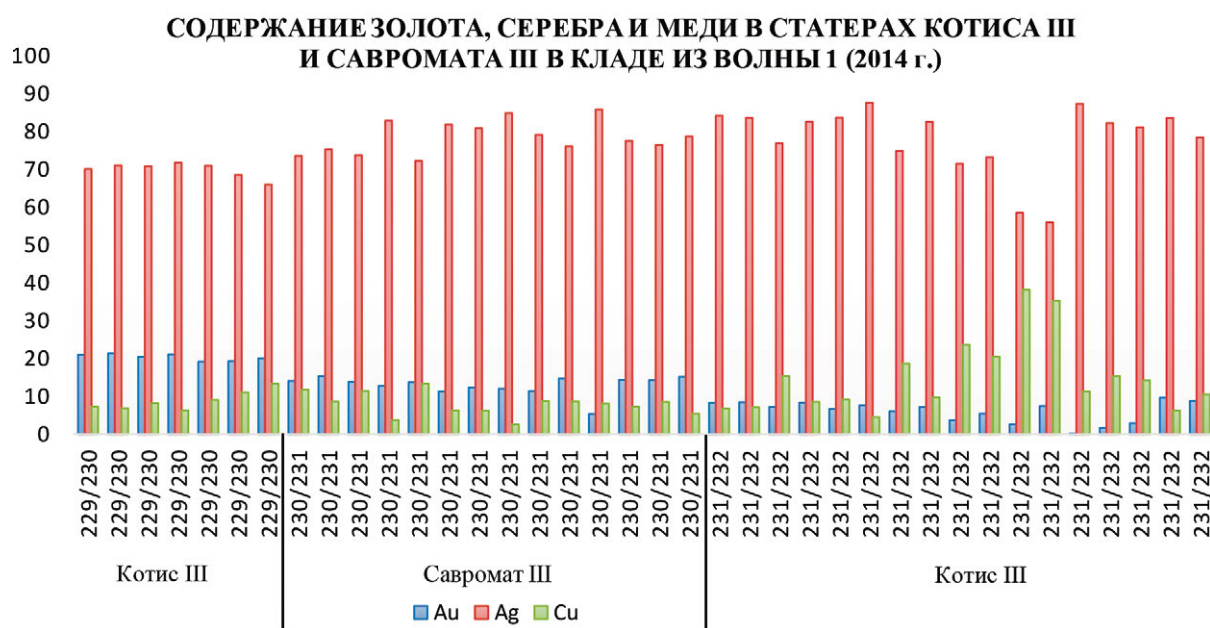


Рис. 3. Гистограмма содержания Au, Ag и Cu в статерах Котиса III (229/230, 231/232 гг. н.э.) и Савромата III (230/231 гг. н.э.).

Fig. 3. Histogram of Au, Ag and Cu content in staters of Cotys III (AD 229/230, 231/232) and Sauromates III (AD 230/231).

Таблица 1. Данные РФА серебряных статеров с наивысшим содержанием серебра (81–96%) из клада из поселения Волна 1 (2014 г.).

Table 1. XRF data for silver staters with the highest silver content (81–96%) from the Volna 1 2014 Hoard.

№ в кладае 2014 г. ⁴⁹	Год н.э.	Au %	Ag %	Cu %	Zn %	Sn %	Pb %	Bi %	Fe %	Ni %	As %
Котис III											
30	228/229	0.30	85.21	13.60		0.36	0.23	0.11			
42	231/232	8.36	84.25	6.87		0.43	0.05	0.03			
43	231/232	8.51	83.67	7.13		0.24	0.08	0.06			

⁴⁸ Абрамзон и др. 2020а, 27–28.

⁴⁹ Каталог и полную базу данных по РФА см.: Абрамзон, Безуглов, Гунчина и др. 2020, 54–63.

45	231/232	8.40	82.65	8.57		0.18	0.09	0.07			
46	231/232	6.69	83.72	9.18		0.15	0.06	0.03	0.08		0.06
47	231/232	7.64	87.60	4.52		0.17	0.04	0.02			
49	231/232	7.20	82.61	9.76		0.23	0.09	0.06			
54	231/232	0.26	87.35	11.34		0.24	0.42	0.13			
55	231/232	1.73	82.27	15.40		0.21	0.20	0.07			
56	231/232	2.94	81.16	14.25		0.30	0.18	0.09			
57	231/232	9.67	83.62	6.34		0.25	0.04	0.06			
59	232/233	7.20	83.92	8.29		0.33	0.11	0.07			
60	232/233	7.46	83.56	8.20		0.30	0.17	0.04	0.26		
61	232/233	8.27	84.54	6.65		0.33	0.09	0.05			
62	232/233	7.46	83.56	8.20		0.30	0.17	0.04	0.26		
66	232/233	5.05	85.45	8.43		0.69	0.09	0.04		0.09	0.05
75	232/233	1.02	83.34	14.53	0.24	0.29	0.18	0.02			
78	232/233	0.28	87.56	11.36		0.35	0.03	0.02		0.15	0.11
80	232/233	0.32	96.13	3.24		0.27	0.04	0.01			
81	232/233	0.24	83.27	15.79		0.27	0.10	0.07			
Савромат III											
85	230/231	12.79	82.90	3.80		0.37	0.06	0.02			
87	230/231	11.32	81.86	6.36		0.34	0.08	0.02			
88	230/231	12.37	80.88	6.25		0.37	0.06	0.02			
89	230/231	12.08	84.89	2.59		0.36	0.03	0.01		0.06	
92	230/231	5.42	85.85	8.11		0.38	0.10	0.02	0.08		
96	230/231	10.59	80.46	8.50		0.32	0.04	0.02	0.08		
99	230/231	8.06	80.69	10.71		0.38	0.09	0.03			

Итак, начало чеканки серебряных монет (с содержанием серебра 78–96% и присутствием золота лишь в качестве микропримеси) фиксируется со второго года правления Котиса III. Переход к серебряной чеканке сопровождается прогрессирующим ростом доли меди в монетных сплавах.

Исследования римских серебряных денариев, проведенные с помощью электронного микроскопа (SEM), позволили более детально проследить понижение процентного содержания серебра от поверхности к ядру на их поперечном сечении от 96 до 48%⁵⁰. Металлографические исследования небольшой серии боспорских статеров из Фанагорийского клада 2011 г. подтвердили, что некоторые монеты, имеющие характерный серебряный блеск поверхности, содержат изначально меньшее количество серебра, чем это было зафиксировано с помощью РФА на поверхности монет⁵¹. Исследовались статеры Фанагорийского клада, которые уже были отчеканены из биллона,

содержавшего менее 50% серебра⁵². Анализ монет этой же группы методом NRCA подтвердил данные по низкому содержанию серебра в ядре монет по сравнению с результатами поверхностных исследований⁵³.

Тем не менее, несмотря на сложность интерпретации данных РФА, исследование химического состава металла статеров Котиса III и Савромата III из клада 2014 г. показывает, что после 230/231 г. н.э. происходит окончательное превращение золотого боспорского статера в серебряный (а немного позднее – биллонный). При этом невозможно согласиться с предположением об изымании статеров с повышенным содержанием золота для замены их серебряными⁵⁴. Происходило естественное вымывание золотых боспорских статеров в этот период из обращения и выпадение их в клады, точно так же как в первой половине III в. н.э. большое количество ауреусов на территории западных

⁵⁰ Gitler, Pontig 2007, 390, fig. 2.

⁵¹ Равич, Сапрыкина 2019.

⁵² Сапрыкина, Гунчина 2017.

⁵³ Bazhazhina et al. 2018.

⁵⁴ Смекалова 2001, 147.

провинций Римской империи выпадает в клады и используется в дальнейшем в качестве ювелирных украшений или ювелирного сырья⁵⁵. Не исключается также возможность использования боспорских золотых статеров в качестве сырья для переплавки (и, соответственно, разбавлении новыми порциями серебра) для обеспечения чеканки новых денег. Об этом свидетельствуют и данные о постоянном присутствии золота в небольших количествах в металле серебряных статеров царей после Котиса III, а также наши данные о составе металла статеров Ининфимея – Фофорса⁵⁶.

Таким образом, переход к серебряной чеканке в 228/229–232/233 гг. н.э. представлял естественное замещение одного драгоценного металла (золота) на другой (серебро) при прогрессирующем дефиците того и другого драгоценного сырья для чеканки, интенсификация которой была вызвана растущими военными расходами государства в эти годы: именно на рубеж 220-х и 230-х гг. приходится начальный этап «скифских» войн III в. н.э.

Рост дефицита серебра у государства, особенно заметный в 231/232 и 232/233 гг., и девальвация римской серебряной валюты приводят к дальнейшей порче уже серебряного статера и замене его биллонным. Так, например, клад из поселения Волна 1 фиксирует в биллоне Котиса III этих годов редуцирование доли серебра до 56–64% и при росте доли меди до 30–41%.

Исследование 9 статеров Котиса III, Рескупорида IV и Ининфимея из Анапского клада 1987 г.⁵⁸ выявило золото-серебряные статеры Котиса III 228/229 и 231/232 гг. и один серебряный (84% Ag) 232/233 г. н.э. Но уже статеры Рескупорида IV следующего года содержат заметно меньше серебра (65–77%) и больше меди (15–28%); при этом в них все еще сохраняется около 5% золота. Оба статера Ининфимея 238/239 г. отчеканены из серебра чуть ниже 800 пробы.

Металл этих статеров включает микропримеси олова, цинка, железа, единично отмечается присутствие мышьяка и сурьмы (возможно, их концентрация в сплаве значительно ниже порога чувствительности метода исследования); медь, свинец и золото здесь – одни из легирующих компонентов сплава (табл. 3). Золото в сплаве монет клада присутствует в достаточно высоких концентрациях: максимально – в эмиссии 228/229–231/232 гг. н.э. (в кладе нет монет 227/228 г.), далее содержание золота понижается до 1–3%.

Исследование статеров Ининфимея 234/235, 237/238 и 238/239 гг. н.э. из Керченского клада 1988 г.⁵⁹ (рис. 8) выявило присутствие золота от 1,2 до 6,4% в сплаве, но в своей основе тот состоит из почти равных пропорций меди и серебра (в среднем 47,1% и 48,8% соответственно)⁶⁰. В выборке присутствует серебряный статер 238/239 г. н.э. (табл. 4, № 5) с содержанием серебра около 72%. Серебря-

Таблица 2. Данные РФА для статеров Котиса III с наивысшим содержанием меди (30–41%) из клада из поселения Волна 1 (2014 г.).

Table 2. XRF data for Cotys III's staters with the highest copper content (30–41%). The Volna 1 2014 Hoard.

№ в кладе 2014 г. ⁵⁷	Год н.э.	Au %	Ag %	Cu %	Zn %	Sn %	Pb %	Bi %	Fe %	Ni %	As %
52	231/232	2.63	58.55	38.19		0.22	0.19	0.08			
53	231/232	7.50	55.99	35.32	0.05	0.79	0.05	0.04	0.08	0.05	
68	232/233	2.34	55.73	41.05		0.47	0.22	0.04		0.05	0.08
74	232/233	2.09	63.95	32.99		0.32	0.24	0.07			
76	232/233	4.90	63.69	30.58		0.31	0.30	0.07			

⁵⁵ Bland 1993, 65.

⁵⁶ Смекалова 2001, 146–148; Сапрыкина, Гунчина 2017.

⁵⁷ Каталог и полную базу данных см.: Абрамзон, Безуглов, Гунчина и др. 2020а, 54–63.

⁵⁸ Сапрыкина, Чугаев, Абрамзон, Новичихин, Смекалова 2020, 153.

⁵⁹ ВКИКМЗ. Инв. № КН–3978–3982. См. Абрамзон, Иванина 2006, 65–81; Абрамзон, Фролова 2007–2008, 371–384.

⁶⁰ Смекалова и др. 2019, 392.

Таблица 3. Химический состав сплава статеров Котиса III, Рескупорида IV и Ининфимея из Анапского клада 1987 г. (данные РФА).

Table 3. Chemical composition of Cotys III, Rhescuporis IV, and Ininthimeus staters from the Anapa 1987 Hoard (XRF data).

№	№ КМ	Год н.э.	Au %	Ag %	Cu %	Zn %	Sn %	Pb %	Sb %	Fe %	As %
Котис III											
1	12386/1	228/229	22.01	66.13	6.9	0.05	0.27	4.64	0.00	0.00	0.00
2	12386/3	228/229	15.01	65.82	18.42	0.13	0.41	0.21	0.00	0.00	0.00
3	12386/5	231/232	27.32	63.85	5.99	0.00	0.36	2.43	0.00	0.00	0.05
4	12386/7	232/233	6.31	83.99	7.70	0.00	0.52	1.48	0.00	0.00	0.00
Рескупорид IV											
5	12386/15	233/234	5.84	77.15	14.82	0.00	0.45	1.74	0.00	0.00	0.00
6	12386/16	233/234	4.86	71.02	22.45	0.03	0.27	1.30	0.00	0.07	0.00
7	12386/17	233/234	4.91	65.35	28.34	0.00	0.28	1.10	0.02	0.00	0.00
Ининфимей											
8	12386/18	238/239	1.23	76.41	20.76	0.00	0.34	1.23	0.03	0.00	0.00
9	12386/19	238/239	3.20	78.70	15.56	0.00	0.48	2.06	0.00	0.00	0.00

Таблица 4. Элементный состав сплава статеров Ининфимея из Керченского клада 1988 г. (данные РФА).

Table 4. Elemental composition of Ininthimeus' staters alloy from the Kerch 1988 Hoard (XRF data).

№	№ ВКИКМЗ	Год н.э.	Au %	Ag %	Cu %	Zn %	Sn %	Pb %	Sb %	Fe %	As %
1	КН-3978	234/235	2.78	51.58	44.11	0.00	1.04	0.40	0.10	0.00	0.00
			2.23	41.31	55.03	0.00	0.91	0.42	0.11	0.00	0.00
			2.50	46.44	49.56	0.00	0.97	0.40	0.10	0.00	0.00
2	КН-3979	234/235	5.84	44.38	48.45	0.00	0.96	0.25	0.13	0.00	0.00
			7.04	51.25	40.24	0.00	1.13	0.20	0.14	0.00	0.00
			6.44	47.81	44.34	0.00	1.04	0.22	0.13	0.00	0.00
3	КН-3980	237/238	1.26	43.76	53.03	0.00	1.08	0.71	0.16	0.00	0.00
			1.21	37.59	59.60	0.00	0.89	0.58	0.14	0.00	0.00
			1.23	40.67	56.31	0.00	0.98	0.64	0.15	0.00	0.00
4	КН-3981	237/238	0.53	44.23	53.90	0.00	0.84	0.43	0.08	0.00	0.00
			0.34	30.28	68.32	0.00	0.59	0.46	0.00	0.00	0.00
			0.43	37.25	61.11	0.00	0.71	0.44	0.03	0.00	0.00
5	КН-3982	238/239	1.85	70.51	25.79	0.00	1.39	0.36	0.10	0.00	0.00
			1.61	73.32	23.14	0.00	1.41	0.42	0.10	0.00	0.00
			1.73	71.91	24.46	0.00	1.40	0.39	0.09	0.00	0.00

ные статеры Ининфимея того же года имеются и в Анапском кладе 1987 г. (см. табл. 3, № 8, 9).

Между тем статер Ининфимея 237/238 г. н.э. из Фанагорийского клада 2011 г. содержит уже всего около 14% серебра, более 85% меди и лишь следы золота⁶¹.

Отметим, что результаты исследования химического состава серебряных монет из Фанагорийского клада 2011 г. показали, что после Ининфимея в металле боспорских статеров начинается быстрое падение содержания серебра.

⁶¹ Сапрыкина, Гунчина 2017, 286, № 1.

Таблица 5. Элементный состав сплава статера Ининфимея 237/238 г. н.э. из Фанагорийского клада 2011 г. (данные РФА).

Table 5. Elemental composition of the 237/238 AD Ininthimeus' starter alloy from the Phanagoria 2011 Hoard (RFX data).

№ анализа	Au %	Ag %	Cu %	Zn %	Sn %	Pb %	Sb %	Bi %	Fe %	Ni %	As %
1a	0.26	13.35	86.93	0.00	0.16	0.09	0.11	0.00	0.00	0.03	0.07
1b	0.23	14.19	85.14	0.00	0.17	0.11	0.10	0.00	0.00	0.00	0.06
1c	0.21	12.11	87.31	0.00	0.15	0.12	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
1d	0.22	13.32	86.02	0.00	0.16	0.10	0.12	0.00	0.00	0.00	0.06
1e	0.30	17.37	81.91	0.00	0.19	0.09	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00
В среднем	0.24	14.06	85.66	0.00	0.16	0.10	0.12	0.00	0.00	0.03	0.06

Потенциальные рудные источники серебра

Большинство серебряных статеров из исследованных выборок включают микропримеси цинка, олова, свинца и висмута, однако их содержание, в основном, крайне низко (<0,5%)⁶². В выборках фиксируются редкие экземпляры, в серебре которых присутствуют в сотых долях процента примеси никеля (наряду с оловом, одним из важных индикаторов, в частности, малоазийского серебра); то же самое можно сказать и о мышьяке.

Однако вопрос определения наиболее вероятных рудных источников серебра, поступавшего на территорию Боспора в III в. н.э., невозможно решить лишь на основании анализа пар микропримесей в серебре; одним из наиболее надежных методов является метод анализа изотопного состава Pb в серебре по методу MC-ICP-MS.

Такие измерения изотопного состава Pb в серебре статеров Котиса III, Рескупорида IV и Ининфимея из Анапского клада 1987 г. проводились на 9-коллекторном масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой (MC-ICP-MS) NEPTUNE согласно разработанной и опубликованной методике⁶³. По изотопному составу Pb исследованные статеры оказались ближе всего к римским денариям (от Адриана до Септимия Севера), найденным в Горгиипии и ее округе (Анапский археологический музей). Таким образом, результаты исследования показывают, что для чеканки боспорских статеров 234/235–238/239 гг. могло использоваться серебро, происходившее с территорий европейских провинций Рима, в частности, из Галлии⁶⁴. Это серебро, скорее всего, смешивалось с серебром из других источников, поступавшим в Северное Причерноморье в более ранний период.

Таблица 6. Pb–Pb данные для статеров Котиса III, Рескупорида IV и Ининфимея из Анапского клада 1987 г.

Table 6. Pb–Pb data for the Anapa 1987 Hoard staters of Cotys III, Rhescuporis IV, and Ininthimeus.

№	№ КМ 12386/	Царь	Год н.э.	Фролова 1996	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb
1	1	Котис III	228/229	V. 280	18,6654	15,6595	38,7643
2	3	Котис III	228/229	V. 282	18,6652	15,6607	38,7703
3	5	Котис III	228/229	V. 284	18,6849	15,6644	38,7909
4	7	Котис III	232/233	V. 286	18,5681	15,6512	38,6702
5	15	Рескупорид IV	233/234	VII, 352	18,6130	15,6546	38,7121
6	16	Рескупорид IV	233/234	VII. 353	18,6344	15,6567	38,7326
7	17	Рескупорид IV	233/234	VII. 354	18,6538	15,6671	38,7739
8	18	Ининфимей	238/239	VII. 366	18,5815	15,6607	38,7019
9	19	Ининфимей	238/239	VII. 365	18,6202	15,6599	38,7319

⁶² Сапрыкина, Чугаев, Абрамзон, Новичихин, Смекалова 2020.

⁶³ Чернышев и др. 2007.

⁶⁴ Сапрыкина, Чугаев, Абрамзон, Новичихин, Смекалова 2020.



Рис. 4. Волна 1. Статеры Рескупорида III (№ 4) и Котиса III (№ 30, 52, 54) из электра, серебра и биллона.
 Fig. 4. Volna 1. Electrum, silver and billon staters of Rhescuporis III (No. 4) and Cotys III (Nos. 30, 52, 54).



Рис. 5. Волна 1. Серебряные статеры Котиса III.

Fig. 5. Volna 1. Cotys III' silver staters.



Рис. 6. Волна 1. Электровые статеры Котиса III (№ 37, 38) и Савромата III (№ 83, 95).
 Fig. 6. Volna 1. Electrum staters of Cotys III (Nos. 37, 38) and Sauromates III (Nos. 83, 95).



Рис. 7. Серебряные статеры Савромата III (Волна 1, № 92, 95, 99) и биллон Ининфимея (Фанагорийский клад, № 1).
Fig. 7. Silver staters of Sauromates III (Volna 1, Nos. 37, 38) and Ininthimeus (Phanagoria 2011 Hoard, No. 1).



Рис. 8. Керченский клад 1988 г. Биллонные и серебряный статеры Инифимея.

Fig. 8. Kerch 1988 Hoard. Ininthimeus' billon and silver staters.

Однако в настоящее время отсутствуют сведения о начале этого процесса смешивания серебра из «новых» для Боспора рудных источников, какими являются месторождения определенных западных римских провинций, с рудными источниками, серебро из которых использовалось для чеканки боспорских монет в V–I вв. до н.э.

Возможно, что вариации в содержании пар микропримесей в серебре статов из клада из поселения Волна 1 (2014 г.) отражают начало процесса активного перемешивания металлов и сплавов, использовавшихся для чеканки боспорских статов в 220-х и 230-х гг. н.э.

Сопоставление полученных данных по содержанию серебра в металле статов Котиса III и Савромата III из клада 2014 г. с данными по серебру римских денариев того времени⁶⁵ показало, что пробность боспорских серебряных статов была выше 400 пробы денариев, выпущенных в Риме, и в целом коррелирует с пробой серебра денариев, чеканенных на монетных дворах в провинциях Империи⁶⁶. Вполне вероятно, что такое повышенное, по сравнению с денариями, чеканенными в Риме, содержание серебра в денариях, найденных на территориях провинций, где располагались римские войска, было связано с необходимостью финансового обеспечения безопасности лимеса Империи в это турбулентное время. Инфляционные процессы, таким образом, в рассматриваемый период оказались перенесенными не на окраины, а наоборот – в центр государства. Отсюда уже более логичными выглядят и те данные, которые были получены в ходе аналитического исследования серебряных статов 228/229–232/233 гг. н.э. из клада с поселения Волна 1.

Вопрос об источниках серебра приобретает еще большую актуальность на историческом фоне эпохи: как отмечено выше, начальный период «скифских» войн III в. н.э. совпадает с переходом к серебряной чеканке на Боспоре на рубеже 220-х и 230-х гг. в условиях сложной политической, экономической и военной ситуации.

Боспор оставался буфером между Римской империей и племенным миром Северного Причерноморья, и боспорские (точнее совместные римско-боспорские) операции требовали больших финансовых затрат и, следовательно, поступления откуда-то серебра для чеканки денег. Возможно, металл поступал из рудников Дакии, служивших основным источником сырья после значительного истощения имперских рудников в Испании. В 230–260-х гг. н.э. происходил постепенный вывод дакийских рудников из эксплуатации⁶⁷, что говорит об интенсивности добычи драгоценных металлов в этот период и истощении рудной базы. Об активных связях этого региона с Боспором, по крайней мере, в позднеархаическое и раннеклассическое время, можно судить по данным исследования химического состава металла ранних монет из раскопок Фанагории⁶⁸, а также монет из клада архаического периода, найденного в ее историческом ядре в 2005 г.⁶⁹

Другим наиболее вероятным источником металла для чеканки статов Котиса III и Савромата III (а также Рескупорида IV и Ининфимея) могли служить римские изделия из серебра, поступавшие на Боспор. Об использовании для чеканки статов перемешанного в результате переплавки серебряного лома свидетельствуют данные исследования серебряных боспорских монет из коллекции Анапского музея⁷⁰. Попадали ли в переплавку римские денарии чеканки малоазийских монетных дворов, о чем косвенно говорит присутствие в серебре боспорских статов из клада 2014 г. микропримесей Sn, Zn, Bi, Ni, покажут дальнейшие исследования. Таким образом, проблема определения источников серебра для боспорского монетного двора по-прежнему остается сложной. Между тем, решение этого вопроса способно привести к формированию новой, уникальной источниковой базы исторических исследований. Работа в этом направлении представляется нам чрезвычайно перспективной⁷¹.

⁶⁵ См. Абрамзон и др. 2020а, 38–39.

⁶⁶ Так, содержание серебра в римских денариях, отчеканенных в 211–217 гг. и найденных на территории Дакии, составляет около 67%. См. Găzdac et al. 2009, 8.

⁶⁷ Lozanov 2015, 88.

⁶⁸ Абрамзон, Завойкин, Кузнецов, Сапрыкина 2019, 14–17.

⁶⁹ Сапрыкина и др. 2020.

⁷⁰ Сапрыкина и др. 2020.

⁷¹ Абрамзон, Ефимова, Кошчева, Сапрыкина 2021.

Исследование биллона Рескупорида V методами XRF, нейтронной томографии, нейтронного резонансного анализа в радиационном захвате (NRCA) и нейтронной дифракции

Нейтронная томография и дифракция

Метод нейтронной томографии и радиографии, основанный на разной степени ослабления интенсивности нейтронного пучка при прохождении через материалы различного химического состава или плотности, относительно новый для археологии. Метод позволяет визуализировать распределение неоднородностей состава или структуры в исследуемых объектах и материалах и получать их виртуальную трехмерную модель для дальнейшего анализа⁷². Исследование выборки статов Рескупорида V проводилось на специализированной экспериментальной станции нейтронной томографии и радиографии⁷³, на 14-м канале импульсного высокопоточного реактора ИБР-2 в Лаборатории нейтронной физики им. И.М. Франка ОИЯИ⁷⁴. С помощью метода нейтронной томографии и радиографии был исследован фазовый состав 10 статов Рескупорида V разных годов из Фанагорийского клада 2011 г.: № 2 (242/243 г.), 183 (249/250 г.), 271 (250/251 г.), 355 (251/252 г.), 482 (252/253 г.), 709, 732 (262/263 г.), 860, 961 (263/264 г.), 1025 (264/265 г.).

Эксперименты по исследованию особенностей кристаллической структуры статов проводились на специализированном дифрактометре для исследования микрообразцов ДН-12 на высокопоточном реакторе ИБР-2. Дифракционные спектры измеряли при углах рассеяния $2\theta = 90^\circ$. Для данных углов рассеяния разрешение дифрактометра на длине волны $\lambda = 2 \text{ \AA}$ составляло $\Delta d/d = 0.02$. Характерное время измерения одного спектра – 2 часа. Для отдельного исследования различных участков монеты использовалась специальная кадмиевая маска, которая позволяла исследовать кристаллическую структуру участков

монет с размерами до 5 мм⁷⁵. Методом нейтронной дифракции исследовались две монеты из выборки (№ 732, 961).

В ходе исследования установлено, что статы Рескупорида V принадлежат двухфазным системам (Cu–Ag). На поверхности монет зафиксировано присутствие плотного участка, идентифицируемого с серебром (красный цвет), при этом участки, идентифицируемые с медью (зеленый цвет), локализируются в ядровой части исследованных монет (рис. 9, 1). В монетах фиксируется неравномерность расположения фаз, обогащенных серебром. На межплоскостных расстояниях 2.35, 2.04 и 1.45 обнаружены дополнительные дифракционные рефлексы: это пики от серебра – кубическая структура с параметром $a=4.085 \text{ \AA}$ (рис. 9, 2).

Измерения проходили в поле и по гурту монеты, где изменений рефлексов не наблюдается, что говорит об относительной однородности имеющейся структуры⁷⁶. Зафиксировано отсутствие дополнительных слоев серебра (покрытия) на исследованных образцах.

Исследования методом нейтронного резонансного анализа в радиационном захвате (NRCA)

Дополнительно для определения реального состава сплава боспорских статов Фанагорийского клада те же монеты были исследованы в 2018–2019 гг. в ЛНФ ОИЯИ одним из наиболее перспективных для изучения археологического металла методом нейтронного резонансного анализа в радиационном захвате (NRCA)⁷⁷. Этот метод, как и нейтронная томография и дифракция, является неразрушающим. Он обеспечивает точный анализ элементного состава, преимущественно, ядровой части археологического металла.

Те же 10 статов Рескупорида V из Фанагорийского клада разных годов (см. выше) облучались нейтронами от импульсного источника резонансных нейтронов ИРЕН, и регистрировался времяпролетный спектр реакций (n, γ) на материале образцов⁷⁸. Монеты были помещены в алюминиевый контейнер с толщиной стенок 1 мм и установлены в канал детектора γ -квантов. Полный вес 10 образцов составил 73,033 г, площадь 26,95 см².

⁷² Kichanov et al. 2016, 43.

⁷³ Kozlenko et al. 2015.

⁷⁴ Методика выполнения исследования по методу нейтронной томографии на высокопоточном реакторе ИБР-2 представлена. См. Кичанов и др. 2017.

⁷⁵ Сапрыкина, Пельгунова, Гунчина и др. 2017, 485–487.

⁷⁶ Провал вслед за пиками серебра имеет механическую природу.

⁷⁷ Bazhazhina et al. 2018; Седышев и др. 2019; Sedyshev et al. 2019.

⁷⁸ Методика см.: Bazhazhina et al. 2015.

Измерения проводились на пролетной базе 58,6 м установки ИРЕН.

Проведенные исследования позволили установить, что статеры Рескупорида V чеканились из сплава, в котором содержание серебра составило $(8,42 \pm 0,27)$ г, или 11,53% по весу. Содержание меди оценивалось только по одному резонансу, и получен результат $(63,4 \pm 3,2)$ г, или 86,8% по весу. Полный вес элементов, определенных в монетах, составляет $(71,8 \pm 3,2)$ г, что в пределах экспериментальной погрешности совпадает со значением, определенным взвешиванием 73,033 г.

Изученные статеры, однако, имели полноценную серебряную поверхность, которую невозможно достичь без специальных техник серебрения монет, изготовленных из сплавов с таким низким процентным содержанием драгоценного металла. Для проверки и корректировки полученных данных, определения технологии серебрения поверхности были проведены классические металлографические исследования серии статеров Рескупорида V.

Металлографические исследования

Статеры Рескупорида V № 1011 (264/265 г.), 1076 (264/265 г.), 1301 (264/265 г.), 2025 (267/268 г.) исследовались методом металлографии – с изготовлением на гурте монеты полированного шлифа, подвергавшегося затем травлению в специальном реактиве⁷⁹.

На шлифах наблюдалась микроструктура центральной зоны гурта после травления, где на желтом фоне β -фазы на основе меди заметны светлые выделения α -фазы на основе серебра; соотношение фаз характерно для низкопробного сплава, содержащего, примерно, 15–20% серебра в меди (например, № 2025; рис. 9, 3). На рис. 9, 3б показана краевая область шлифа до травления, в которой выделяется несколько зон: узкая наружная зона, состоящая из светлых участков α -фазы на основе серебра; более широкая промежуточная область, где α -фаза расположена на фоне закиси меди (голубой в отраженном свете), и внутренняя область желтого металла. Общая ширина первых двух зон в различных участках шлифа составляет 10–30 мкм. Более четко эти три зоны выявляются после травления, при котором закись меди при-

обретает темную окраску (рис. 9, 3в). Микроструктуры краевой зоны монеты свидетельствуют, что появление на ее поверхности серебристого цвета обусловлено избирательным окислением меди⁸⁰ и присутствием не окисленных выделений обогащенной серебром α -фазы⁸¹. Следов покрытия не выявлено.

Таким образом, по данным нейтронной томографии и радиографии, нейтронной дифракции, исследования методом нейтронного резонансного анализа в радиационном захвате и металлографического исследования было установлено, что биллонные статеры Рескупорида V изготовлены из низколегированного серебром сплава на основе меди. В ядре монеты содержание серебра не превышает 11,5% (15–20%); максимальная концентрация серебра наблюдается по краевым зонам и на поверхности статеров. Участки поверхностного слоя монет с высоким содержанием серебра, зафиксированные при РФА, связаны с процессом сегрегации обогащенной серебром фазы двухкомпонентного сплава в процессе охлаждения.

Исследования методом РФА

Проведенные еще на рубеже 1990–2000-х гг. РФА исследования ограниченных выборок статеров Рескупорида V выявили хаотичный разброс содержания серебра в сплаве⁸². Осуществленный в 2017–2019 гг. РФА статеров Керченского клада 1988 г. выявил присутствие в статерах 242/243–248/249 гг. заметного количества золота – от 1 до 6%, в среднем 1,5%, что связано, скорее всего, с переплавкой статеров предшествующих лет, отчеканенных из сплава тройной системы Au–Ag–Cu. Содержание серебра в статерах этих лет варьируется от 20 до 90%. Так, например, если из 40 монет 244/245 г. н.э. 29 изготовлены из серебра выше 500 пробы, а 4 экз. содержат до 77–88% серебра (рис. 14), то среди монет следующего года присутствует всего одна такая монета; остальные содержат 30–40% Ag и гораздо ниже. После 248/249 г.

⁷⁹ Состав: $K_2Cr_2O_7$ – 2 г, H_2SO_4 – 8 мл, H_2O – 100 мл, насыщенный раствор $NaCl$ – 4 мл. Для предотвращения затравливания шлифа реактив перед использованием наполовину разбавляли водой. Об исследовании римских монет по подобной методике см., например, Rodrigues et al. 2011.

⁸⁰ Характер микроструктуры позволяет предположить, что преимущественное окисление меди происходило в процессе коррозии во время пребывания монеты в культурном слое. При этом медь переходила в закись меди, а в наружной зоне при окислении образовывались зеленые медные соли, которые были удалены в процессе реставрации монеты. Процесс коррозии серебряных монет, содержащих медь, подробно рассмотрен в исследовании. См. Condamine, Picon 1972.

⁸¹ Результат ликвации серебра на поверхность в процессе литья.

⁸² Фролова 1997б, 74–75, 146–149; Смекалова, Дюков 2001, 96.

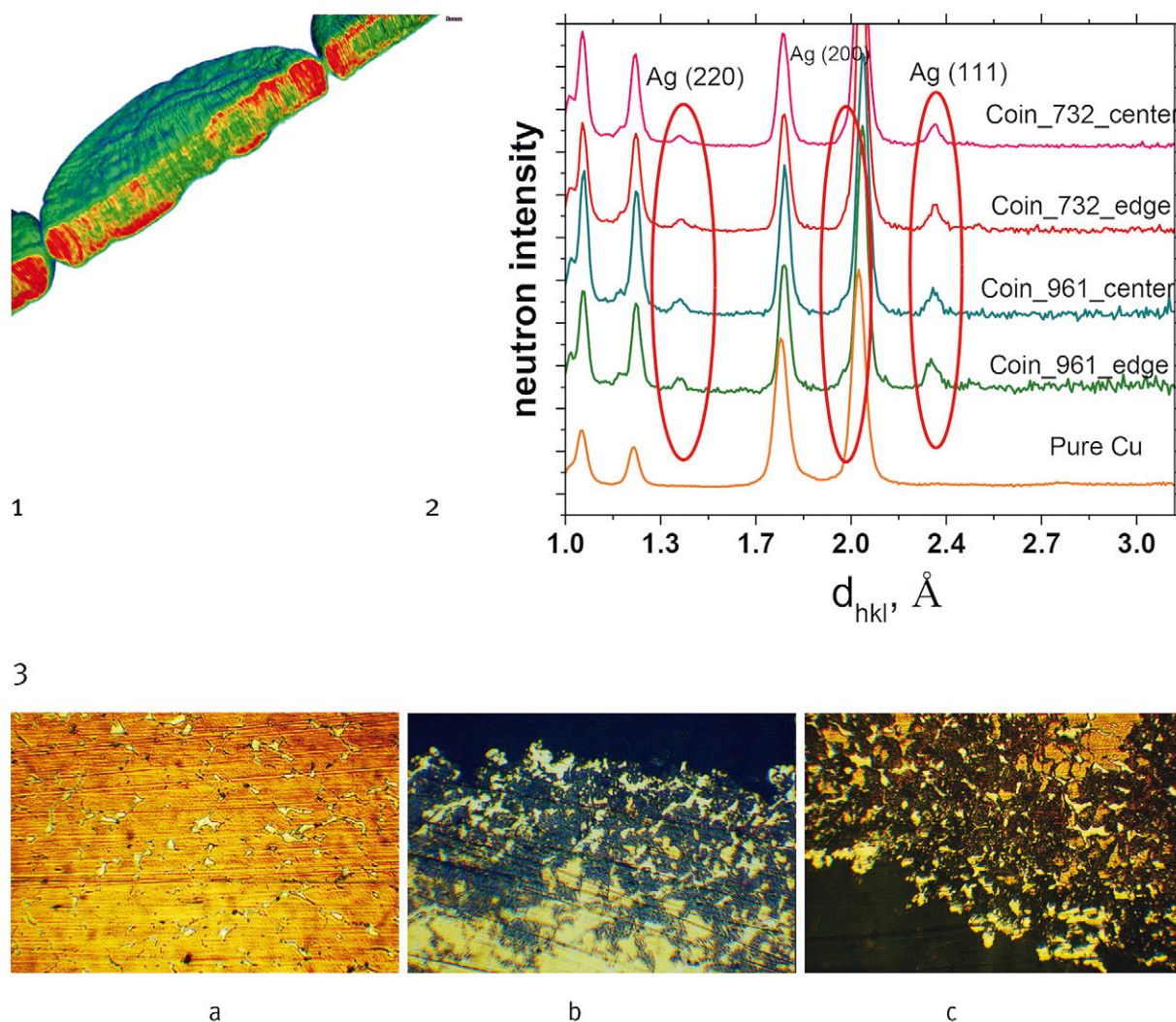


Рис. 9. Металлография статеров Рескупорида V: 1 – поперечное сечение, выполненное на 3D модели статера № 1025, полученной по результатам нейтронной томографии: фаза серебра выделена красным цветом, фаза меди – зеленым; 2 – дифрактограмма статеров № 732 и 961; 3 – результаты металлографического исследования по гурту статера Рескупорида V № 2025: а – α -фаза серебра (желтый цвет) на фоне меди, центральная часть монеты ($\times 450$); б – краевая зона шлифа на гурте монеты до травления ($\times 450$); в – краевая зона шлифа на гурте монеты после травления ($\times 450$).

Fig. 9. Metallurgy of Rhescuporis V' staters: 1 – cross-section of 3D model of a coin no. 1025 obtained with neutron tomography: (red) silver phase; (green) copper phase; 2 – diffractogram of coins Nos. 732 and 961; 3 – results of metallographic investigation on the edge of the coin No. 2025: а – α -phase of silver (yellow) on the background of copper, the central part of the coin ($\times 450$); б – edge zone of the slot on the edge of the coin before etching ($\times 450$); в – edge zone of the slot on the edge of the coin after etching ($\times 450$).

происходит неуклонное понижение содержания серебра, хотя в 248–250 гг. оно держится в среднем на уровне 30% и только начиная с 251–253 гг. резко падает до 16–12%. Изредка статеры из серебра выше 500 пробы еще появляются в 249/250–251/252 гг., но далее они совершенно исчезают (см. Приложение). Содержание золота с 249/250 гг. резко падает до уровня естественных микропримесей (<1%). Одновременно в сплаве статеров происходит увеличение доли свинца и понижение доли олова.

Наши исследования более 2500 статеров с серебром из Фанагорийского клада 2011 г. и Керченского клада 1988 г. (в котором монеты лучшей сохранности) подтверждают широкую вариативность содержания серебра в монетном сплаве (min – 7,94%; max – 88,84%). По-видимому, невозможно говорить о существовании единой рецептуры сплавов с серебром, применявшихся на боспорском монетном дворе. РФА по нескольким точкам на поверхности монет также выявил хаотичный разброс в концентрации серебра: его

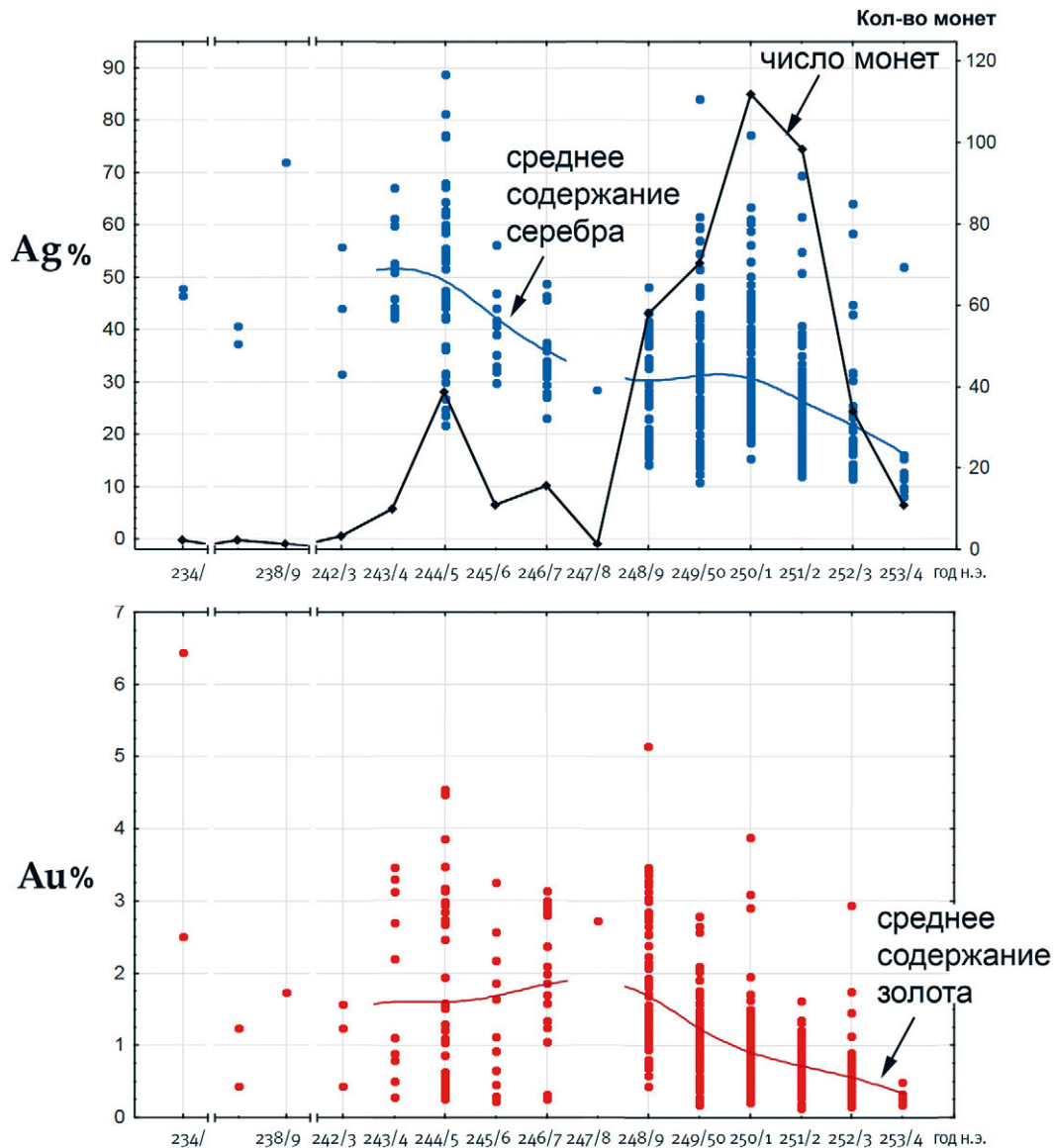


Рис. 10. Содержание золота и серебра в статерах Керченского клада 1988 г.

Fig. 10. Gold and silver content in the Kerch 1988 Hoard staters.

содержание для разных участков одной и той же монеты может варьироваться от 22 до 64% или от 29 до 59%. В то же время, содержание серебра в исследуемых статерах, несмотря на отмеченную хаотичность, подчиняется определенным закономерностям. Основное количество монет в выборке характеризуется стабильным содержанием серебра (группы по содержанию серебра в пределах 10–20% и 20–50%). Среднее значение min/max для выборки биллонных статеров из Фанагорийского клада варьируется в пределах 10–30%.

Статистически в группе статеров 242/243–267/268 гг. н.э. из Фанагорийского клада выделяются две подгруппы: с «низким» содержанием

серебра на поверхности (всего 139 экз.; Ag 8–15%) и «высоким» (1989 экз.; Ag 20–90%). Наибольшее число статеров второй подгруппы выпущено в период с 242/243 по 251/252 гг., т.е. до начала морских рейдов племен третьей четверти III в. н.э. Ниже будет показано наличие прогрессирующей редукции серебра в монетном сплаве в данный период, что связано с параллельным процессом официальной порчи монеты в Империи и на Боспоре вследствие дефицита серебра при интенсификации чеканки денег для покрытия военных расходов. Наиболее ярко этот процесс фиксируется для статеров, отчеканенных после 264/265 г. н.э. (Ag 5–9%). Однако визуальные характеристики

монеты (серебристый блеск поверхности) сохраняются на всем протяжении чеканки биллонных боспорских статеров (до 267/268 г. н.э.).

Содержание серебра в боспорских статерах в целом коррелирует с характеристиками поверхности римских монет III–IV вв. н.э., для которых отмечено частичное истирание верхнего слоя. Это привело к тому, что для одних монет фиксировалось более низкое процентное содержание серебра на поверхности и отмечался красноватый цвет, а для других, лучшей сохранности, характерно более высокое содержание серебра и яркий серебристый внешний вид⁸³. Потертость поверхности монет при определенных условиях служит маркером применения техники *fire-gilding* для серебрения поверхности⁸⁴.

Рассмотрим группу из 591 статера Рескупорида V 242/243–257/258 г. н.э. из Фанагорийского клада. Данный период чеканки царя приходится на время турбулентных событий, развернувшихся в Северном Причерноморье. В 240-е гг. в районе Меотиды концентрируются германские и сармато-аланские племена и происходят массовые их перемещения. Границы Боспорского царства испытывают все усиливающийся нажим коалиций боранов, герулов, готов, сарматов, аланов и других племен⁸⁵, передвижения которых привели к изменению жизненного уклада всех боспорских городов. Монетные клады из ряда поселений позволяют синхронизировать даты их разрушений со временем походов боранов, готов, герулов и сармато-аланских племен в середине III в. н.э. Статеры первых 5 лет правления Рескупорида V сохраняют содержание серебра в сплаве в среднем на уровне 25% с тенденцией к редукции его доли.

В свое время А.Н. Зограф отмечал, что производительность монетных мастерских в 248/249–251/252 г. н.э. была развита до максимальных пределов, и темп их работы был доведен до высочайшего напряжения⁸⁶. Корпус единичных находок и данные кладов подтверждают заметную интенсификацию чеканки статеров в эти годы в связи с потребностью государства в средствах для борьбы с активизировавшейся коалицией боранов и готов у границ Боспора.

Начало первых походов готов и боранов относят к 256–257 г. н.э.⁸⁷ или ко времени не ранее 254 г. и не позже 257 г.⁸⁸ Предпочтительнее говорить о передвижениях некоторых племен с запада к Боспору и переправе их в Азию в правление Требониана Галла и Волузиана (252–253 гг.), а сами первые походы боранов и готов относить к 255–257 гг.⁸⁹ В это беспокойное время, возможно, боранами разрушен Танаис (около 251–254 гг.), Патрей и Гермонасса и сокрыты несколько кладов по обе стороны Боспора: в 251–252 гг. – Патрейский 1970 г.⁹⁰, 252–253 гг. – Таманский 1958 г.⁹¹, 253–254 гг. – Керченские 1871 г., 1964 г.⁹² и 1988 г.⁹³ В 252/253 г. эмиссии статеров заметно сокращаются по сравнению с 250/251–251/252 гг.⁹⁴

Два похода боранов и готов – в 255–256 гг. (под Питиунт) и 257 г. (до Трапезунда) через Боспор, где они захватили суда (Zosim. I. 31–35), еще больше усугубили плачевную экономическую ситуацию в стране, о чем свидетельствует содержание серебра в монетном сплаве на среднем уровне 12–15% и ниже (рис. 11; 12).

В следующем году объем чеканки снижается катастрофически, о чем свидетельствует редкость статеров с датой ΔΝΦ – 554 г. б.э. = 257/258 г. н.э. В Фанагорийском кладе присутствует 3 экз. (№ 589–591), битые общей парой штемпелей. Резкое сокращение чеканки в 257 г. н.э. можно объяснить тем обстоятельством, что осенью этого года бораны и остготы предприняли второй поход через Боспор – к Трапезунду⁹⁵. Содержание серебра в статерах 257/258 г. составляет в среднем около 12–13%.

Последствием морских рейдов боранов и готов 255–256 и 257 г. н.э. стал трехлетний перерыв в боспорской чеканке с 258/259 по 260/261 гг.

Итак, данные исследования методом РФА почти 600 статеров 242/243–257/258 г. н.э. показывают вариативность содержания серебра в монет-

⁸³ Klockenkampe Bubert, Hasler 1999, 311–320.

⁸⁴ Blet-Lemarquand et al. 2007, 464–476.

⁸⁵ Об этническом составе см. Хайрединова 1994, 517–520.

⁸⁶ Зограф 1951, 209.

⁸⁷ Ременников 1954, 88.

⁸⁸ Хайрединова 1994, 518.

⁸⁹ Хайрединова 1994, 518.

⁹⁰ Голенко 1978, 10–40.

⁹¹ Голенко 1972, 239–249.

⁹² Голенко 1970, 87–99.

⁹³ По мнению А.И. Анисимова (1989, 129–130), разрушение Танаиса и сокрытие перечисленных кладов по обе стороны Боспора можно связать с нашествием боранов.

⁹⁴ Фролова 1997б, 56.

⁹⁵ Фролова 1997б, 57; Зубарь, Зинько 2006, 163, рис. 98. Боспоряне не получили свои суда назад.

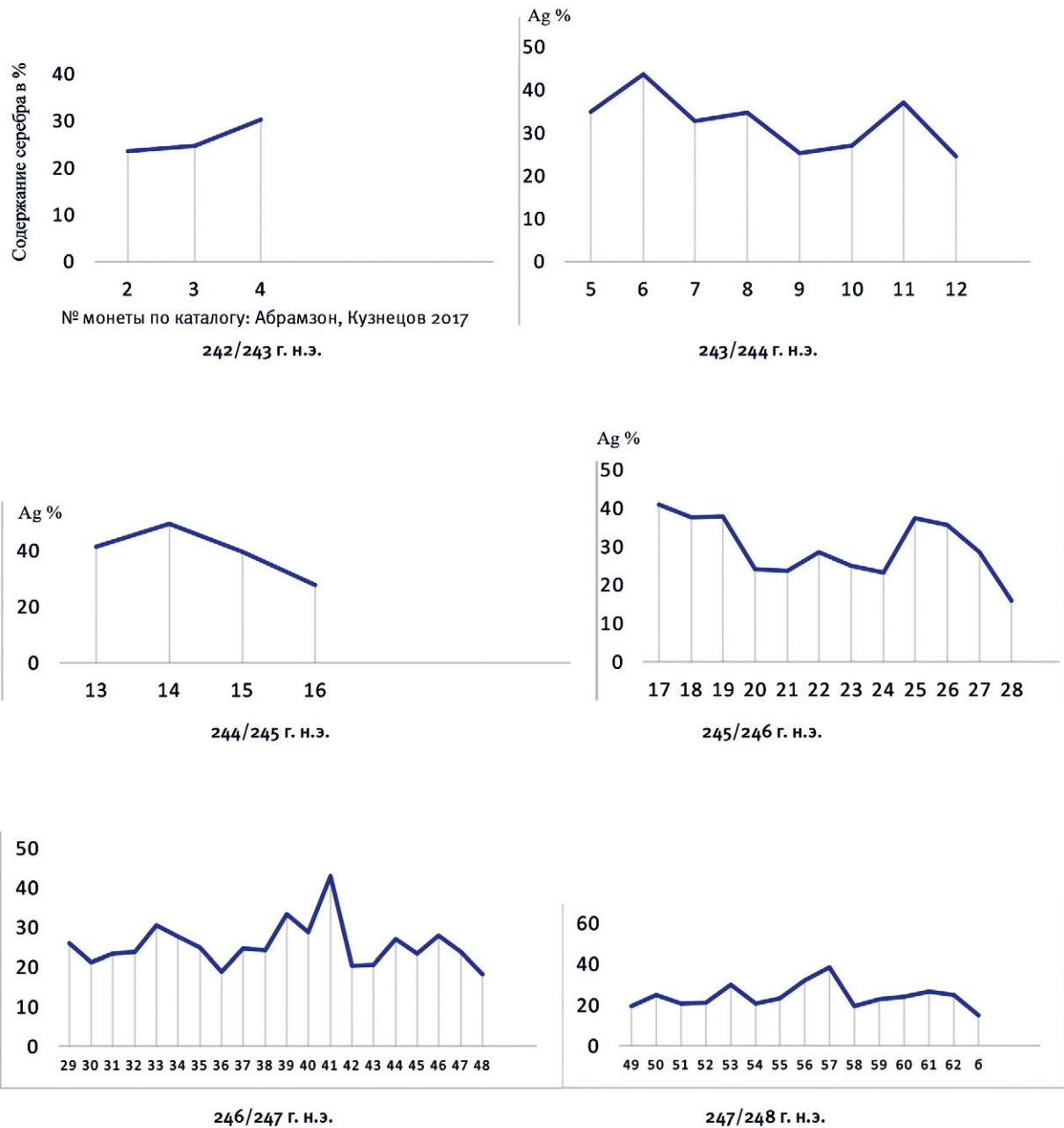


Рис. 11. Гистограммы содержания серебра в статерах 242/243–247/248 гг. н.э. Фанагорийский клад 2011 г.

Fig. 11. Histograms of the silver content in staters of AD 242/243–247/248. Phanagoria 2011 Hoard.

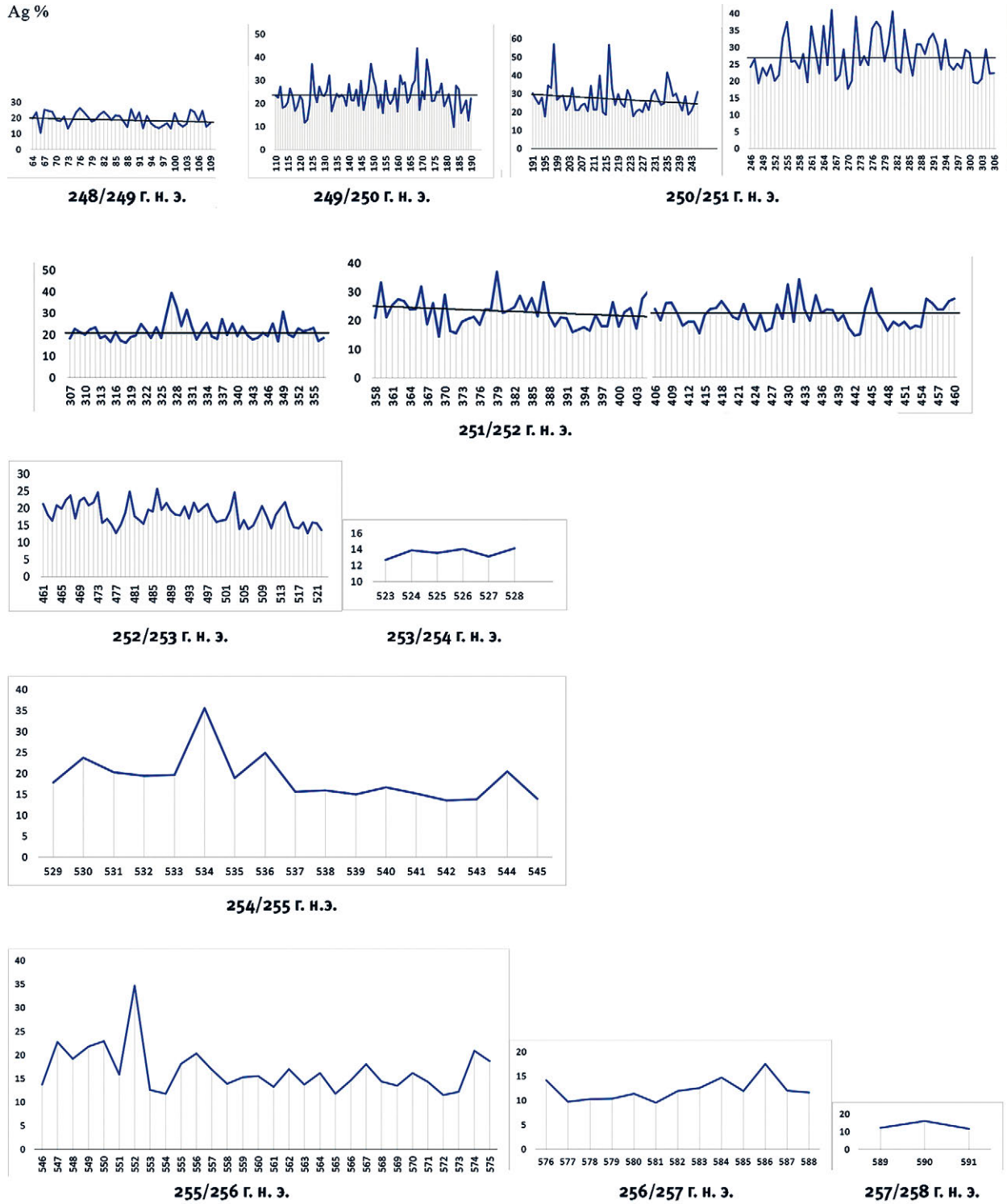


Рис. 12. Гистограммы содержания серебра в статерах 248/249–257/258 гг. н.э. Фанагорийский клад 2011 г.

Fig. 12. Histograms of the silver content in staters of AD 248/249–257/258. Phanagoria 2011 Hoard.

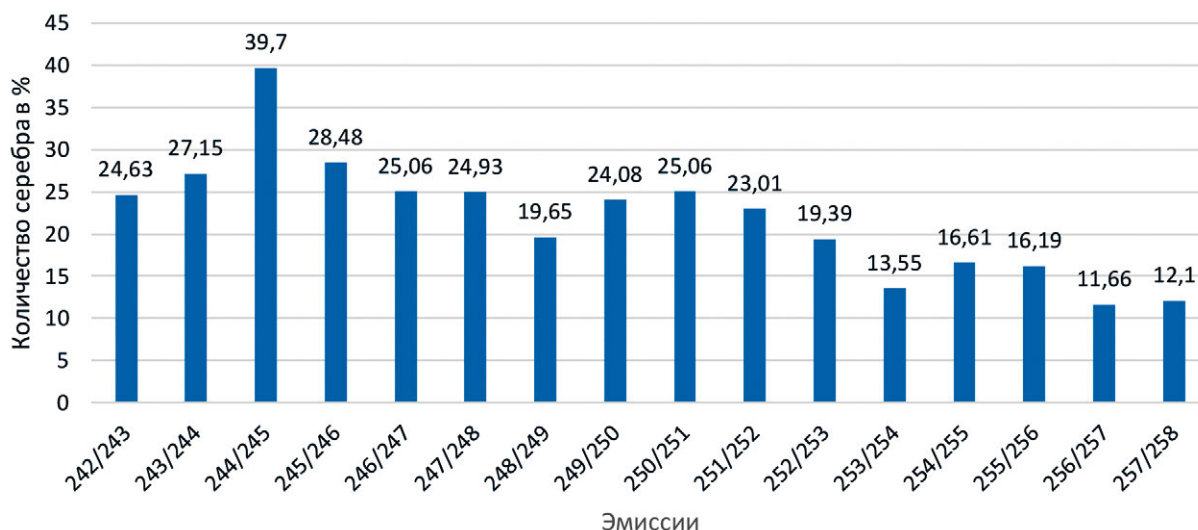


Рис. 13. Изменение содержания серебра в сплаве статеров за 15 лет (с 242/243 по 257/258 гг. н.э.). Фанагорийский клад 2011 г.

Fig. 13. Changes in the silver content in the coinage alloy over 15 years (AD 242/243 to 257/258). Phanagoria 2011 Hoard.

ных сплавах (в среднем 11–27%). Однако реальное содержание серебра в сплаве, как видно из дополнительных исследований другими методами, намного ниже показателей РФА, поскольку в процессе исследования выявлены следы сегрегации на поверхностном слое монет. Это явление может быть вызвано как естественными причинами (минерализацией меди в процессе коррозии, удалением продуктов коррозии в процессе реставрации, неоднородностью самого сплава), так и причинами искусственного характера (например, процедурами увеличения количественного содержания серебра на поверхности с помощью сегрегационного отжига или путем воздействия на металл определенных реактивов, запускающих процессы выпадения серебра на поверхность и др.).

Полученные результаты свидетельствуют о более чем двукратном падении содержания серебра в монетном сплаве статеров за первые 15 лет правления Рескупорида V – с 242/243 по 257/258 гг. н.э. (рис. 13). Таким образом, проведенное исследование демонстрирует, что максимально высокие темпы чеканки на Боспоре, вызванные растущей потребностью государства в средствах в условиях напряженной военной обстановки, сопровождались инфляционными процессами и прогрессирующей редуцией серебра в статерах.

В 263/264–267/268 гг. н.э. содержание серебра в статерах достигало обычно до 20%. Изредка встречаются статеры с содержанием серебра 30–50% (особенно заметно их присутствие в эмиссии 266/267 г.), иногда выше 60% (Фанагорийский клад, № 1066 – около 66%; 1201, 2014 – 62%; 1517 – 51%; 1887 – 55%; 2034 – 53%). Зафиксированы как серебряные статеры (№ 1108 – 74,52%), так и медные (рис. 20, № 1963: Ag – 4,69%, Cu – 94,17%).

Содержание золота в пореформенных статерах выше, чем в предыдущие годы (от 1 до >4%), что наиболее заметно для статеров 264/265–266/267 гг. Совершенно «выбиваются» из общего ряда серебряный статер 265/266 г. № 1427, содержащий около 70% серебра, 20% меди, >4% золота, и биллонный № 1854 (Ag – 32%, Cu – 53%, Au – >4%). Наконец, зафиксирован единственный статер 264/265 г. н.э. № 1191 со следующим содержанием основных элементов: Ag – 32%, Cu – 51%, Au – 9–12% (в среднем – 10,5%). Скорее всего, такое высокое содержание золота связано с переплавкой статеров 230-х гг. н.э.

Последний выпуск биллонных монет состоялся в 267/268 г. н.э. Затем в боспорской чеканке наступает семилетний перерыв до 275 г. С этого времени на Боспоре чеканятся сначала посеребрённые медные монеты с небольшим содержанием серебра, а после 286/287 г. – только медные.

Таблица 7. Химический состав металла группы статеров из Фанагорийского клада 2011 г.⁹⁶

Table 7. Chemical composition of staters from the Phanagoria 2011 Hoard.

№ ⁹⁷	Год н.э.	Ag %	Cu %	Au %	Zn %	Sn %	Pb %	Bi %	As %	Sb %	Fe %	Ni %
2	242/243	26.90	74.39	0.23	0.00	0.21	0.16	0.00	0.00	0.05	0.00	0.03
183	249/250	9.82	89.14	0.30	0.00	0.25	0.10	0.00	0.15	0.06	0.00	0.14
271	250/251	19.97	78.72	0.47	0.00	0.22	0.18	0.04	0.22	0.06	0.00	0.09
355	251/252	23.01	75.71	0.47	0.00	0.32	0.16	0.03	0.14	0.07	0.00	0.09
482	252/253	16.68	81.81	0.25	0.03	0.32	0.11	0.00	0.22	0.04	0.41	0.05
709	262/263	21.79	77.06	0.53	0.00	0.20	0.18	0.00	0.09	0.08	0.00	0.06
732	262/263	16.45	82.48	0.25	0.00	0.28	0.24	0.03	0.22	0.07	0.00	0.05
860	263/264	24.38	74.20	0.69	0.00	0.25	0.11	0.04	0.18	0.07	0.00	0.08
961	263/264	43.14	53.04	3.10	0.04	0.20	0.07	0.03	0.19	0.10	0.00	0.11
1025	264/265	43.66	55.22	0.44	0.00	0.32	0.18	0.04	0.13	0.06	0.00	0.00

Таблица 8. Фанагорийский клад 2011 г. Содержание золота в статерах 263/4–267/268 гг. н.э.

Table 8. Phanagoria 2011 Hoard. Gold content in AD 263/4–267/268 staters.

Год н.э.	1,5–1,8%	2–2,5%	3–3,6%	≥4%	≥10%
263/4	930, 947				
264/5	1154, 1175, 1177, 1228	1153, 1067, 1151, 1155, 1186, 1226, 1303,	1174, 1238		1191
265/6	1259, 1329, 1361, 1417, 1423, 1440	1332, 1344, 1359, 1440, 1444, 1570		1427	
266/7	1555, 1598, 1779, 1851, 1861	1588, 1616, 1674, 1738, 1800, 1801, 1807	1862, 1839	1854	
267/8	1979	1908, 1910, 2054	1900, 2069		

⁹⁶ Полную базу данных см. Сапрыкина, Гунчина 2017.⁹⁷ Номера соответствуют каталогу клада. См. Сапрыкина, Гунчина 2017.

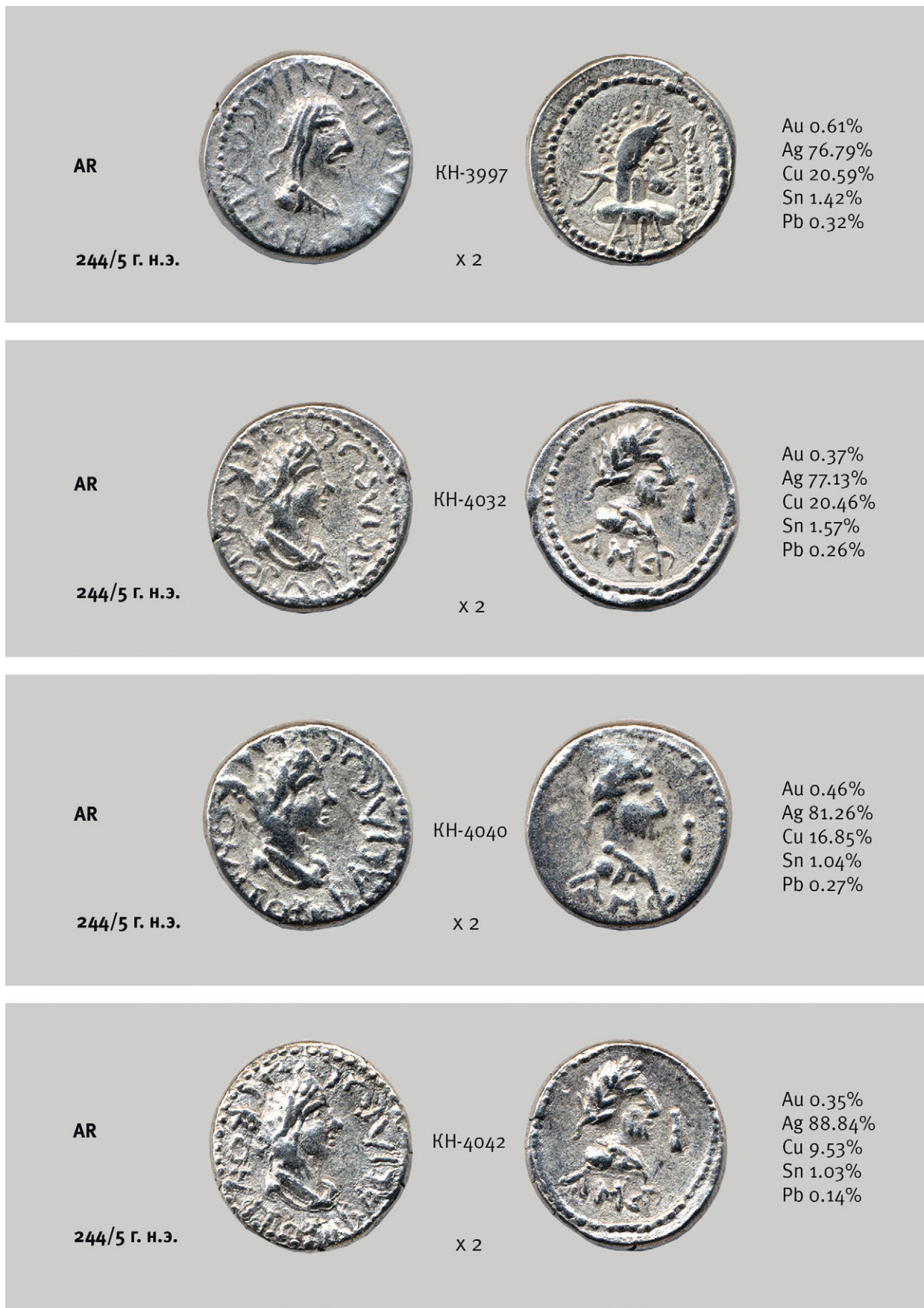


Рис. 14. Керченский клад 1988 г. Серебряные статыры Рескупорида V 244/245 г. н.э.

Fig. 14. Kerch 1988 Hoard. Rhescuporis V' s silver staters. AD 244/245.

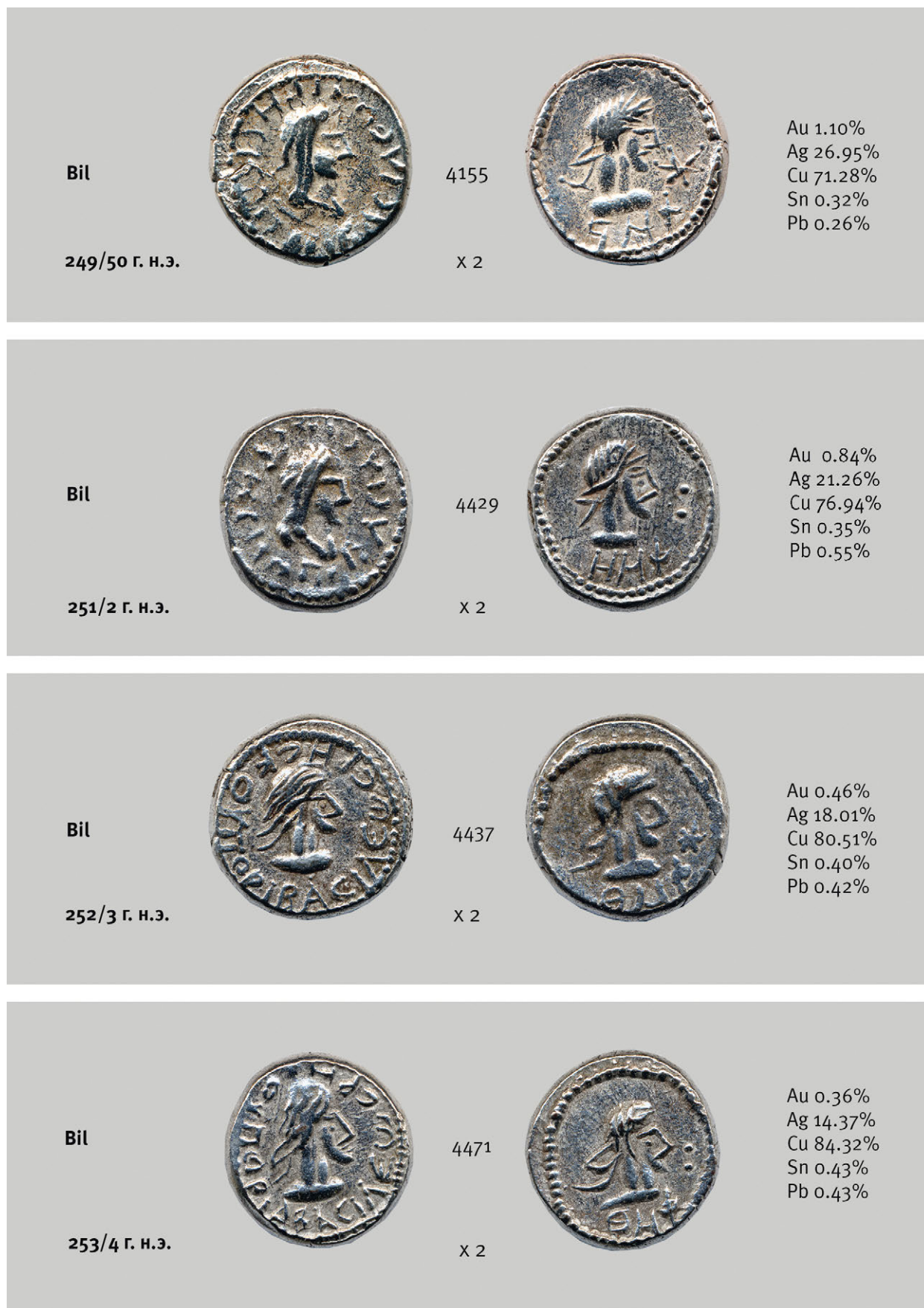


Рис. 15. Керченский клад 1988 г. Биллонные статеры Рескупорида V 249/250–253/254 гг. н.э.

Fig. 15. Kerch 1988 Hoard. Rhescuporis V's billon staters. AD 249/250–253/254.



Рис. 16. Фанагорийский клад 2011 г. Биллонные статеры Рескупорида V 255/256 гг. н.э.

Fig. 16. Phanagoria 2011 Hoard. Rhescuporis V' s billon staters. AD 255/256.



Рис. 17. Фанагорийский клад 2011 г. Биллонные статеры Рескупорида V 256/257–261/262 гг. н.э.

Fig. 17. Phanagoria 2011 Hoard. Rhescuporis V' s billon staters. AD 256/257–261/262.



Рис. 18. Фанагорийский клад 2011 г. Биллонные статеры Рескупорида V 261/262-264/265 гг. н.э.

Fig. 18. Phanagoria 2011 Hoard. Rhescuporis V's billon staters. AD 261/261-264/265.



Рис. 19. Фанагорийский клад 2011 г. Биллонные статеры Рескупорида V 264/265–267/268 гг. н.э.

Fig. 19. Phanagoria 2011 Hoard. Rhescuporis V's billon staters. AD 264/265–267/268.



Рис. 20. Фанагорийский клад 2011 г. Статеры Рескупорида V (№ 1916, 1963, 523) и Фарсанза (№ 2141).

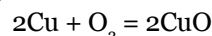
Fig. 20. Phanagoria 2011 Hoard. Staters of Rhescuporis V (Nos. 1916, 1963, 523) and Pharsanzes (No. 2141).

Экспериментальное исследование технологии обогащения серебром поверхности статеров Рескупорида V

Результаты экспериментальных исследований римских монет с обогащенной серебром поверхностью, изготовленных из медно-серебряного сплава, дают основания считать, что технология их производства включала пять последовательных стадий: 1) отливка заготовки из сплава Ag–Cu; 2) нагрев бланка на воздухе с образованием слоя оксидов меди; 3) кислотное травление заготовки для удаления оксидов меди и выявления серебряной фазы; 4) проковка заготовки для распространения серебряной фазы в боковом направлении; 5) чеканка на кружке⁹⁸. Другие исследования поверхности римских монет III в. н.э. (ED–XRF), подкрепленные экспериментально, привели к аналогичным выводам, что: 1) обедненное серебрение было обычной практикой в римском монетном деле и выполнялось сначала темперированием и окислением монетной заготовки (бланка), затем обработкой его органическими кислотами, такими как уксусная или винная кислота, с добавлением соли или без нее, перед нанесением удара; 2) толщина этого истощенного слоя, вероятно, находится в диапазоне от 20 до 30 мкм, который изнашивается при циркуляции монеты в среднем примерно за 50–80 лет⁹⁹.

С целью выяснения вопроса, могла ли данная техника применяться для изготовления биллонных статеров Рескупорида V с содержанием серебра ниже 15–20% (а такие статеры составляют значительную долю в Фанагорийском кладе – *авт.*), был проведен специальный эксперимент¹⁰⁰. Полученные результаты позволяют также объяснить зафиксированные колебания в процентном содержании серебра на поверхности статеров Рескупорида V. В реставрационной лаборатории ГИАМЗ «Фанагория» в 2016 г. была изготовлена реплика литого монетного кружка из серебра 925 пробы, сплавленного с чистой медью для получения сплава Cu–Ag с содержанием серебра 14,5%. Вес флана (8 г) примерно соответствует весу боспорских статеров. После удаления с поверхности шлака, остатков флюса и легкой шлифовки была

получена заготовка медного цвета (содержание Ag на поверхности – 8–10%). Целью эксперимента было выведение меди с поверхности заготовки. При нагревании на воздухе до 300–400°C (температура не должна превышать 1100°C) поверхность заготовки темнеет, образуется CuO – оксид меди двухвалентной:



Оксид меди (II) реагирует с кислотами с образованием соответствующих солей меди (II) и воды. Поскольку эксперимент должен быть максимально приближен к технологиям первых веков н.э., можно предположить применение на боспорском монетном дворе карбоновых кислот (уксусной, винной, лимонной), наиболее доступных в бытовых условиях той эпохи. Карбоновые кислоты проявляют типичные кислотные свойства:

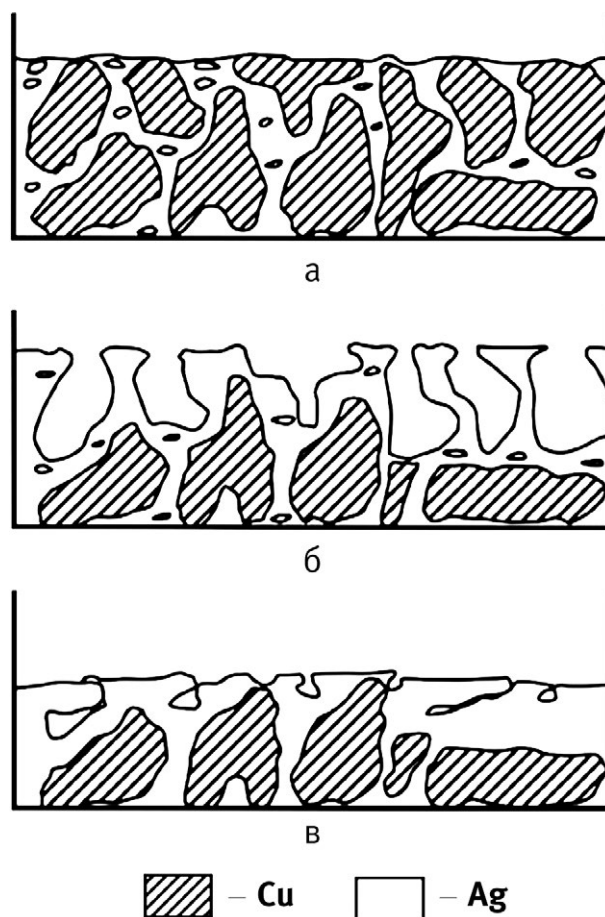


Рис. 21. Схема рафинирования поверхности статера из сплава с низким содержанием серебра: а – сплав меди и серебра; б – растворение меди в поверхностном слое; в – уплотнение поверхности (по: Сапрыкина, Пельгунова, Гунчина и др. 2017, 489, рис. 6).

Fig. 21. Scheme of refining the surface of a low-silver alloy coin: а – copper-silver alloy; б – dissolution of copper in the surface layer; в – surface forging (after: Saprykina, Pelgunova, Gunchina et al 2017, 489, Fig. 6).

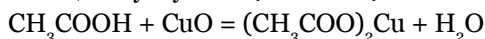
⁹⁸ Cope 1972, 261; Zwicky-Sobczyk, Stern 1997, 404; Beck et al. 2004, 158.

⁹⁹ Zwicky-Sobczyk, Stern 1997, 404.

¹⁰⁰ Сапрыкина, Пельгунова, Гунчина и др. 2017, 489–490.

при реакции с оксидами металлов образуются соль и вода.

Реакция с уксусной (этановой) кислотой:



Образовавшийся ацетат меди растворим в воде, таким образом, медь из сплава переходит в раствор, а серебро остается на поверхности.

Эта процедура повторялась 12 раз до тех пор, пока поверхность не начала приобретать серый оттенок, при этом оставаясь матовой, без металлического блеска. Поверхность стала пористой. Анализ поверхности, освобожденной от меди, показал повышение содержания серебра до 20–21,5%.

Следующим этапом нашего эксперимента была проковка заготовки монеты для уплотнения поверхности с помощью молотка. В результате пористая поверхность была уплотнена и приобрела металлический блеск; содержание серебра в поверхностном слое повысилось до 29–30%. Визуально заготовка приобрела вид не медной, а серебряной.

Таким образом, можно констатировать, что статеры Рескупорида V изготавливались без использования специальных методов серебрения поверхности, а повышение содержания драгоценного металла на поверхности монет достигалось в процессе литья и затем охлаждения литой заготовки монеты, сегрегации серебра на ее поверхность и последующего упрочнения поверхности.

Однако в исследуемой выборке статеров Рескупорида V присутствуют монеты № 1074 и 1075 (264/265 г.), 1868 (267/268 г.), техника изготовления которых может отличаться от описанной



Рис. 22. Поверхность статера Рескупорида V № 1074 при увеличении $\times 10$ (снимок получен на M4 Tornado).

Fig. 22. Surface of Rhescuporis V' stater No. 1074 (photo taken with M4 Tornado). Magnification $\times 10$.

выше. Так, для монет № 1074 и 1075 содержание серебра при сканировании поверхности под вакуумом 600 mbar на РФА-спектрометре M4 Tornado (Bruker) составляло около 4–6,5 и 7,4–9%, а на участках белесого цвета, зафиксированных на поверхности монет – около 11–16%. При 10-кратном увеличении поверхности статера № 1074 было зафиксировано отслоение серебряного слоя, что позволяет предположить наличие на этой монете серебряного покрытия – плакировки (?) (рис. 22).

Статеры Рескупорида V и Фарсанза 253/254 г. н.э.: новые данные о технологии изготовления

Естественно-научные методы в нумизматике иногда оказываются решающими при выяснении ряда сложных вопросов политической истории Боспора III в. н.э. Так, до сих пор не было ясного мнения относительно характера правления в 253/254 г. сразу двух царей, Рескупорида V и Фарсанза, чеканивших монеты с датой НФ – 550 г. б.э. Одни исследователи считали их соправителями, другие говорят об узурпации Фарсанзом власти на какое-то время. Ранее мы поддерживали мнение о разделе Рескупоридом V власти с Фарсанзом осенью 253 г. н.э. (или в 254 г.), объясняя это активностью коалиции боранов и готов у границ Боспора и вторжением их в Пантикапей, о чем свидетельствуют следы пожаров и Керченские клады 1871, 1964 и 1988 гг.

Два последних комплекса и Фанагорийский клад 2011 г. содержат статеры обоих царей 550 г. б.э. Фанагорийский клад включает 6 статеров Рескупорида V (№ 523–528) и 16 статеров Фарсанза (№ 2133–2148) (рис. 20, 523, 2141). Статеры первого отчеканены 2 штемпелями л.с. (один из них – штемпель предыдущего года ΘΜΦ) и 3 – о.с., статеры Фарсанза – 7 штемпелями л.с. и 13 – о.с. Керченский клад 1964 г. дал еще больше штемпелей Фарсанза – 10 л.с. и 28 – о.с., из чего К.В. Голенко заключил, что в начале 253 г. н.э. (но не в первый месяц) Фарсанз узурпировал власть на Боспоре на 10 месяцев. Одновременного правления Рескупорида V и Фарсанза, по его мнению, не было¹⁰¹.

Н.А. Фролова полагала, что подсчет штемпелей может свидетельствовать лишь об интенсивности чеканки, но не решать вопрос о том, пра-

¹⁰¹ Голенко 1970, 93.

вили эти цари одновременно или нет. Не известно также, был ли Боспор при них разделен на две части, и кто в какой правил. Предположение о том, что Фарсанз ненадолго утвердился на азиатской стороне Боспора, где обосновались готы и другие варвары (и это каким-то образом связано с разрушением Горгииппии и Танаиса), а затем был отстранен от власти Рескупоридом V¹⁰², не подкреплено никакими источниками. В Горгииппии находки статеров Фарсанза вообще не зарегистрированы, зато известен статер Рескупорида V 249/250 г. н.э.¹⁰³ В Танаисе в слое пожара найден также только статер Рескупорида V 250/251 г. н.э. Из раскопок городища Фанагории происходят около десятка статеров Рескупорида V (среди них нет ни одного 253/254 г. н.э.) и всего один статер Фарсанза¹⁰⁴ этого года. В некрополе Китея зарегистрирована находка статера Фарсанза¹⁰⁵. Этот перечень не проясняет политическую ситуацию на Боспоре в 253/254 г. н.э. Ясно только то, что чеканка статеров 550 г. б.э. от имени Фарсанза велась гораздо интенсивней, чем Рескупорида V, о чем свидетельствует учтенное Н.А. Фроловой количество экземпляров, из которых Рескупориду V принадлежит 14, Фарсанзу – 89¹⁰⁶. В электронном каталоге-архиве «Монеты Боспора»¹⁰⁷ к настоящему моменту учтено еще 20 статеров Рескупорида V и 160 (!) – Фарсанза 550 г. б.э. Ту же пропорцию отражают и клады, и особенно ярко – Керченский клад 1964 г., в котором более половины составляли статеры Фарсанза. Объем чеканки Фарсанза в 550 г. б.э., по нашим подсчетам, девятикратно превышает эмиссию Рескупорида V.

Вслед за Н.А. Фроловой мы считали, что статеры обоих царей бесспорно чеканились на одном дворе, о чем свидетельствуют общность их типологии, стиля, иконографии, фактуры и метрологии. Содержание серебра в статерах Фарсанза и Рескупорида V 253/254 г. н.э. составляет от 12 до 15%¹⁰⁸.

В следующем году интенсивность чеканки Рескупорида V заметно возрастает. Вопрос о правлении Фарсанза в этом году остается открытым: единственный сохранившийся его статер 551 г. б.э. собрания Эрмитажа имеет плохую сохранность, и прочтение даты спорно¹⁰⁹. Делался вывод о том, что необходимость в дальнейшем совместном правлении двух царей, возможно, отпала, поскольку Рескупориду V удалось провести успешные военные действия, судя по появлению на о.с. статеров 254/255 г. н.э. редкого дифферента в виде венка¹¹⁰.

Между тем, исследования химического состава металла статеров 550 г. б.э. из Керченских кладов 1964 и 1988 гг. и Фанагорийского клада 2011 г. проливают новый свет на технологию их производства, позволяя выяснить, серебрились ли заготовки-бланки для монет или сами монеты после чеканки. Установление факта использования разных технологий важно для решения спорного вопроса о ведении чеканки обоими царями на разных монетных дворах, что, в свою очередь, ведет к историческому выводу – о характере правления этих царей.

Данные Керченских кладов 1964 и 1988 гг.

Исследование статеров этих кладов проводилось в ВКИКМЗ в 2018–2019 гг.¹¹¹ Все монеты были изучены с помощью неразрушающего метода безэталонного РФА на спектрометре M1 Mistral (Bruker). Стандартное время съемки составляло 30 с на одну точку взятия пробы. На каждую монету бралось от 1 до 3 точек на аверсе и на реверсе. Анализ химического состава металла статеров Рескупорида V из клада 1988 г. выявил содержание серебра на уровне 10–30% с повышенной концентрацией его в верхнем слое монет¹¹². Металлографическое исследование подтвердило выводы об изготовлении их без использования специальных методов серебрения поверхности, а повышенное содержание драгоценного

¹⁰² Зубарь, Зинько 2006, 162–163.

¹⁰³ Фролова 1980, 131, № 97; 1997, 146; Алексеева 1997, 76.

¹⁰⁴ № описи Ф-16-9.

¹⁰⁵ ВКИКМЗ. Инв. № КН-5326. Абрамзон, Иванина 2010, № 494.

¹⁰⁶ Фролова 1997б, 54.

¹⁰⁷ <http://bosporan-kingdom.com/723-4058/> (и далее).

¹⁰⁸ Новейшие исследования Т.Н. Смекаловой статеров Фарсанза из собрания ГЭ выявили, что те по составу сплава на поверхности монет не отличаются от монет Рескупорида V

рида V данного года, однако первые были плакированы тонким слоем серебра. Смекалова и др. 2019, 390.

¹⁰⁹ Фролова 1997б, 50–55.

¹¹⁰ См. Абрамзон, Кузнецов 2017, 36. Известно всего два экземпляра с венком – из Судакского клада 1958 г. и Эрмитажа. См. Фролова 1997б, XLVII, 15–16.

¹¹¹ См. Смекалова и др. 2019.

¹¹² Результаты подтверждают данные, полученные в 2016 г. при РФА исследовании статеров Фанагорийского клада 2011 г.



Рис. 23. Плакированные статеры Фарсанза из Керченского клада 1964 г.

Fig. 23. Plating Pharsanzes' staters from the Kerch 1964 Hoard.

металла на поверхности монет достигалось в процессе литья и последующей сегрегации серебра путем выдерживания в уксусной или лимонной кислоте (наиболее доступных в античности) и упрочения поверхности проковкой.

Принципиально иной является, судя по результатам исследования монет Керченских кладов 1964 г. и 1988 г., технология серебрения поверхности статеров Фарсанза. Выявлено отслаивание поверхностного (серебряного) слоя от тела монеты из клада 1964 г., что, по мнению исследователей, позволяет достаточно уверенно говорить о применении техники плакировки¹¹³. Рентгенофлуоресцентная спектроскопия металла самих монет и поверхности показала, что низкопробная (медно-серебряная) заготовка монеты, по видимому, покрывалась фольгой из серебряного сплава повышенной пробыности (рис. 23). Заготовки для монет отлиты из сплава, содержащего в среднем 10–15% серебра, в то время как на поверхности монет содержание серебра достигает 80%. В теле плакированных монет серебро иногда отсутствует вовсе (см. табл. 9, № 9, 10). Проведенные в свое время эксперименты по плакированию монет серебряной фольгой показали, что наилуч-

ший результат достигается в случае, если используется метод горячей плакировки с нагревом на очень короткое время в промежутке от 800 до 950°C. В этом случае обеспечивается лучшее сцепление двух металлов за счет диффузии медного сплава и поверхностного серебряного слоя¹¹⁴. Нагрев, как правило, производится в печи.

Здесь крайне важен археологический контекст находки клада 1964 г. Он был найден в ходе раскопок какого-то вспомогательного помещения при громадной производственной печи. В развале печи находилось 78 монет. В печи также было найдено большое количество целых и фрагментированных предметов из меди и бронзы, обилие которых без сомнения указывает на ее назначение: она использовалась для плавки металлов и литья различных предметов домашнего обихода. Рядом с печью в заполнении помещения были также найдены монеты. Само помещение с печью погибло в пожаре в результате первого готского похода 256 г. н.э. Предположительно, монеты могли быть изготовлены в этом помещении, являющемся частью монетного двора Фарсанза¹¹⁵.

¹¹⁴ Zwicker et al. 1993, 229.

¹¹⁵ Макарова 1997, 350; Смекалова и др. 2019 (с библиографией).

¹¹³ Смекалова и др. 2019, 393–394.

Возможно, помещение служило мастерской по плакировке монет (серебряной фольгой?). Внешней вид монет клада косвенно свидетельствует в пользу того, что процесс плакировки до конца

завершен не был. Возможно, что интерпретация исследователей помещения с печью у церкви Иоанна Предтечи как одного из монетных дворов (?) является верной.

Таблица 9. Химический состав сплава статоров Рескупорида и Фарсанза из Керченского клада 1964 г.

Table 9. Chemical composition of the alloy of Rhescuporis V and Pharsanzes stators from the Kerch 1964 Hoard.

№	№ ВКИКМЗ	Au %	Ag %	Cu %	Pb %	Sn %	Zn %	Fe %	Sb %
1	2757	0.91	53.27	43.06	0.29	2.43	0.00	0.00	0.055
2	2758	0.73	14.77	83.15	0.85	0.37	0.00	0.05	0.08
3	2759	0.39	20.68	77.52	0.10	0.81	0.40	0.00	0.092
4	2760	0.40	9.97	87.97	0.88	0.32	0.07	0.32	0.07
5	2761	0.37	60.63	37.24	0.04	1.62	0.00	0.00	0.09
6	2762 1	0.57	70.65	27.43	0.00	1.27	0.00	0.00	0.08
	2762 1	0.25	12.83	86.26	0.23	0.35	0.00	0.00	0.07
7	2763	0.40	6.84	91.66	0.42	0.52	0.00	0.06	0.11
8	2764 Л.с. посередине	0.49	20.07	77.67	0.87	0.76	0.00	0.00	0.14
	2764 обор	0.27	9.05	89.11	0.74	0.37	0.00	0.41	0.06
	2764 Л.с. тело	0.23	8.98	89.44	0.66	0.35	0.00	0.29	0.05
9	2765 тело	0.00	1.51	98.18	0.06	0.18	0.00	0.00	0.07
	2765 плакировка	0.49	40.45	58.08	0.05	0.93	0.00	0.00	0.00
	2765 тело	0.40	0.00	86.59	0.26	0.35	0.00	0.08	0.06
10	2766 тело	0.16	0.00	84.31	0.48	0.47	0.00	0.30	0.00
	2766 плакировка	0.29	0.00	72.49	0.30	0.69	0.00	0.28	0.00
	2766 царापина среза	0.16	13.98	84.75	0.47	0.43	0.00	0.21	0.00
	2766 край среза	0.54	40.82	56.93	0.49	1.04	0.00	0.19	0.00
	2766 плакировка	0.56	78.66	18.78	0.00	1.77	0.00	0.24	0.00
11	2767	0.37	17.79	80.11	1.06	0.54	0.00	0.00	0.13
12	2768	0.41	40.07	58.50	0.00	0.99	0.00	0.00	0.03
13	2769	0.37	27.25	70.52	0.96	0.83	0.00	0.00	0.08
14	2770	0.37	12.06	86.67	0.22	0.42	0.00	0.19	0.06
15	2771	1.23	28.08	69.90	0.21	0.54	0.00	0.00	0.03
16	2772	0.29	11.68	86.82	0.83	0.33	0.00	0.00	0.06
17	2773	0.33	23.61	74.69	0.55	0.65	0.00	0.10	0.07
18	2774 плакировка	0.45	53.57	44.92	0.00	0.98	0.00	0.00	0.09
	2774 тело	0.19	25.41	73.93	0.00	0.47	0.00	0.00	0.00
19	2775 плакировка	0.34	53.96	44.10	0.00	1.39	0.00	0.00	0.21
	2775 тело	0.68	23.92	74.11	0.00	0.94	0.00	0.08	0.27
20	2776 плакировка	0.92	50.51	46.72	0.81	0.93	0.00	0.00	0.12
	2776 тело	0.52	25.17	73.14	0.57	0.50	0.00	0.00	0.09

21	2777 плакировка	0.09	28.78	69.84	0.00	1.20	0.00	0.10	0.00
	2777 тело	0.09	16.07	82.97	0.00	0.72	0.00	0.14	0.00
22	2778	0.70	14.67	83.83	0.31	0.38	0.00	0.00	0.09
	2778 тело	0.14	6.773	92.48	0.35	0.21	0.00	0.00	0.04
23	2779 плакировка	0.25	63.66	34.70	0.00	1.27	0.00	0.13	0.00
24	2780 тело	0.26	11.14	87.88	0.39	0.28	0.00	0.00	0.06
	2780 плакировка	0.91	17.24	81.34	0.00	0.44	0.00	0.07	0.00
25	2781 плакировка	0.44	31.72	66.29	0.60	0.70	0.00	0.14	0.11
26	2782	0.23	10.47	88.37	0.37	0.38	0.00	0.11	0.08
23	2783 тело	0.42	18.38	79.99	0.11	0.95	0.11	0.05	0.00
	2783 плакировка	0.30	79.66	16.72	0.00	3.15	0.16	0.00	0.00
24	2784 тело	0.14	12.54	86.54	0.35	0.33	0.00	0.00	0.09
	2784 плакировка	0.44	61.61	36.38	0.00	1.41	0.00	0.00	0.16
25	2785 плакировка	0.72	85.86	11.48	0.00	1.93	0.00	0.00	0.00
	2785 тело	0.34	16.95	81.66	0.53	0.44	0.00	0.00	0.08
26	2786	0.69	28.11	70.37	0.00	0.69	0.10	0.03	0.00
27	2787 плакировка	0.60	92.02	5.33	0.00	2.05	0.00	0.00	0.00
28	2788	0.54	29.77	68.73	0.10	0.71	0.00	0.07	0.09
29	2789	0.32	49.65	48.78	0.00	1.01	0.19	0.00	0.04
30	2790 тело	0.31	16.78	81.61	0.56	0.49	0.00	0.17	0.08
31	2791 плакировка	1.04	78.31	19.06	0.00	1.59	0.00	0.00	0.00
32	2792 плакировка	0.82	78.96	17.41	0.00	2.40	0.18	0.23	0.00
33	2793 плакировка	0.34	50.06	48.51	0.00	1.08	0.00	0.00	0.00
34	2794	1.01	72.33	25.03	0.00	1.63	0.00	0.00	0.00
35	2795	0.72	36.32	61.09	0.00	1.02	0.85	0.00	0.00
36	2796 плакировка	0.22	60.74	37.42	0.00	1.30	0.31	0.00	0.00
	2796 тело	0.28	30.83	68.02	0.00	0.79	0.00	0.00	0.08
37	2797 плакировка	0.53	90.03	6.96	0.00	2.41	0.07	0.00	0.00
38	2798	0.57	30.31	68.20	0.00	0.86	0.00	0.00	0.05
39	2799	1.40	84.25	12.68	0.00	1.61	0.00	0.00	0.06
40	2800	0.86	41.77	55.38	0.00	1.95	0.00	0.00	0.04
41	2801	0.19	9.49	88.64	1.27	0.29	0.00	0.06	0.06

Заметим, однако, что экспериментально было доказано, что ключевым технологическим приемом для плакировки античных монет и археологических артефактов (статуй и т.д.) выступало амальгамирование путем погружения монеты в расплавленный состав¹¹⁶.

РФА статеров Фарсанза из Керченского клада 1988 г. (рис. 24), имеющих очень хорошую сохранность, дает несколько иную картину (табл. 10). По содержанию серебра они коррелируют с данными, полученными для серий монет чеканки статеров из Фанагорийского клада 2011 г.

¹¹⁶ La Niece 1990, 8; Vlachou et al. 2002.

Таблица 10. Химический состав сплава монет Фарсанза из Керченского клада 1988 г.
 Table 10. Chemical composition of the alloy of Pharsanzes' staters from the Kerch 1988 Hoard.

№	№ ВКИКМЗ	Au %	Ag %	Cu %	Pb %	Sn %	Sb %	Fe %
1	4477	0.43	18.50	79.79	0.45	0.75	0.07	0.00
		0.24	10.87	87.77	0.49	0.63	0.00	0.00
		0.27	12.00	86.55	0.50	0.63	0.04	0.00
		0.31	13.79	84.70	0.48	0.66	0.03	0.00
2.	4478	0.25	13.93	84.42	0.76	0.57	0.07	0.00
		0.34	16.63	81.64	0.65	0.64	0.09	0.00
		0.29	15.27	83.02	0.70	0.60	0.07	0.00
3	4479	0.28	9.57	89.36	0.29	0.38	0.12	0.00
		0.23	9.10	89.79	0.35	0.40	0.13	0.00
		0.25	9.33	89.57	0.31	0.38	0.12	0.00
4	4480	0.21	10.27	88.15	0.88	0.43	0.07	0.00
		0.22	9.25	89.26	0.83	0.38	0.06	0.00
		0.21	9.75	88.70	0.85	0.40	0.06	0.00
5	4481	0.21	12.38	86.46	0.56	0.29	0.10	0.00
		0.18	12.12	86.71	0.59	0.32	0.09	0.00
		0.19	12.25	86.58	0.57	0.30	0.09	0.00
6	4482	0.30	11.85	86.85	0.33	0.68	0.00	0.00
		0.36	13.47	85.27	0.24	0.62	0.05	0.00
		0.32	12.65	86.05	0.28	0.64	0.02	0.00
7	4483	0.23	8.35	90.89	0.25	0.27	0.00	0.00
		0.22	7.96	91.21	0.29	0.28	0.04	0.00
		0.22	8.15	91.04	0.27	0.27	0.02	0.00
8	4484	0.18	11.31	87.18	0.58	0.58	0.06	0.11
		0.20	11.36	87.03	0.65	0.61	0.06	0.10
		0.17	11.44	86.98	0.64	0.61	0.05	0.09

Данные Фанагорийского клада 2011 г.

Методика исследования

Металлографический анализ статеров Рескупорида V (6 экз.) и Фарсанза (6 экз.) 550 г. б.э. из Фанагорийского клада 2011 г. проводился в 2020–2021 гг. в ЦКЛ НИИ «Наностали» МГТУ им. Г.И. Носова на стереомикроскопе Meiji Techno RZ–В при увеличениях 7,5 крат, с использованием системы компьютерного анализа изображений Thixomet PRO. Изображение микроструктуры с помощью цифровой камеры вводилось в компьютер и затем анализировалось с применением специализированных программ.

Микроструктура и поверхность монет исследовались с помощью сканирующего электронного микроскопа JEOL JSM–6490 LV во вторичных электронах.

Для исследования толщины покрытия, а также установления наличия диффузионного слоя, на гурте двух статеров были изготовлены поперечные шлифы по стандартной методике на линии пробоподготовки фирмы Buehler.

Рентгеноспектральный микроанализ (РСМА) проводился с использованием специальной приставки к сканирующему микроскопу – энергодисперсионного спектрометра INCA Energy, который позволяет одновременно регистрировать рентгеновский спектр от всех элементов, присутствующих в анализируемом образце, в координатах «относительная интенсивность, имп./с – энергия, кэВ». Качественный и количественный анализ проводился в режиме автоматической идентификации рентгеновских пиков элементов, находящихся в рассматриваемой области, путем набора спектра в точке, сканированием вдоль выбранной прямой линии или сканированием по площади выбранного участка на растровом изображении. Кроме того, строилась карта распределения элементов по поверхности статера.

Рентгенофазовый анализ выполнялся на дифрактометре SHIMADZU XRD–7000 с использованием излучения хромового анода¹¹⁷. Анализ осуществлялся в интервале углов 2θ от 50 до 130°. Режим съемки – непрерывный, со скоростью 1°/мин. При съемке исследуемая монета располагалась параллельно линейному фокусу рентгеновской трубки.

Результаты исследования

Исследованию подверглись 6 статеров Рескупорида V (№ 523–528) и 6 – Фарсанза (№ 2133–2138) (рис. 25). Визуальный анализ статеров показал, что поверхность монет Рескупорида V имеет характерный серебристый цвет и блеск. В отличие от них монеты Фарсанза имеют темный цвет поверхности, на которой присутствуют отдельные локальные участки характерного серебристого цвета и участки с красновато-медным цветом и с оттенками зеленого цвета.

Карты распределения элементов по поверхности статеров Рескупорида V показали, что серебро распределено практически равномерно по всей поверхности монеты (рис. 26). Это имеет хорошую степень совместимости с визуально фиксируемым серебристым цветом монет. При этом медь также распределена практически однородно.

В локальных участках монет Рескупорида V был выполнен РСМА, типичные результаты которого приведены на рис. 27–32. Они показывают наличие в рентгеновских спектрах пиков серебра, меди и кислорода. Наличие кислорода объясняется присутствием окислов меди на поверхности монет, образовавшихся в результате процесса коррозии во время пребывания монет в культурном слое. Содержание металлов на выпуклых частях рельефа поверхности монет составило 45–90% Ag и 6–45% Cu (при 5–11% кислорода), на впадинах рельефа – 23–78% Ag и 8–63% Cu (при 5–13% кислорода), на поле монеты без рельефа – 37–90% Ag и 4–59% Cu (при 5–16% кислорода).

¹¹⁷ Авторы выражают искреннюю благодарность канд. техн. наук Д.А. Горленко за выполненные исследования.



Рис. 24. Статеры Фарсанза из Керченского клада 1988 г.

Fig. 24. Pharsanzes' staters from the Kerch 1988 Hoard.



Рис. 25. Статеры 253/254 г. н.э. из Фанагорийского клада 2011 г.: *a* – Рескупорид V; *б* – Фарсанз.
Fig. 25. AD 253/254 staters from the Phanagoria 2011 Hoard: *a* – Rhescuporis V; *b* – Pharsansez.

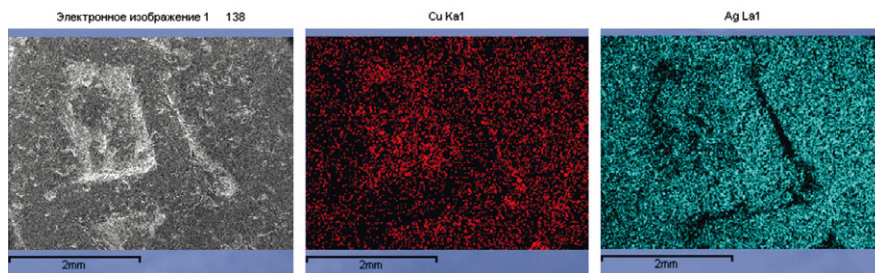


Рис. 26. Пример распределения серебра и меди по поверхности статера Рескупорида V № 523 (темные полосы на карте распределения серебра связаны с затенением из-за выступа рельефа).
Fig. 26. An example of the distribution of silver and copper on the surface of the Rhescuporis V' stater No. 523 (dark stripes on the silver distribution map are associated with shading due to the protrusion of the relief).

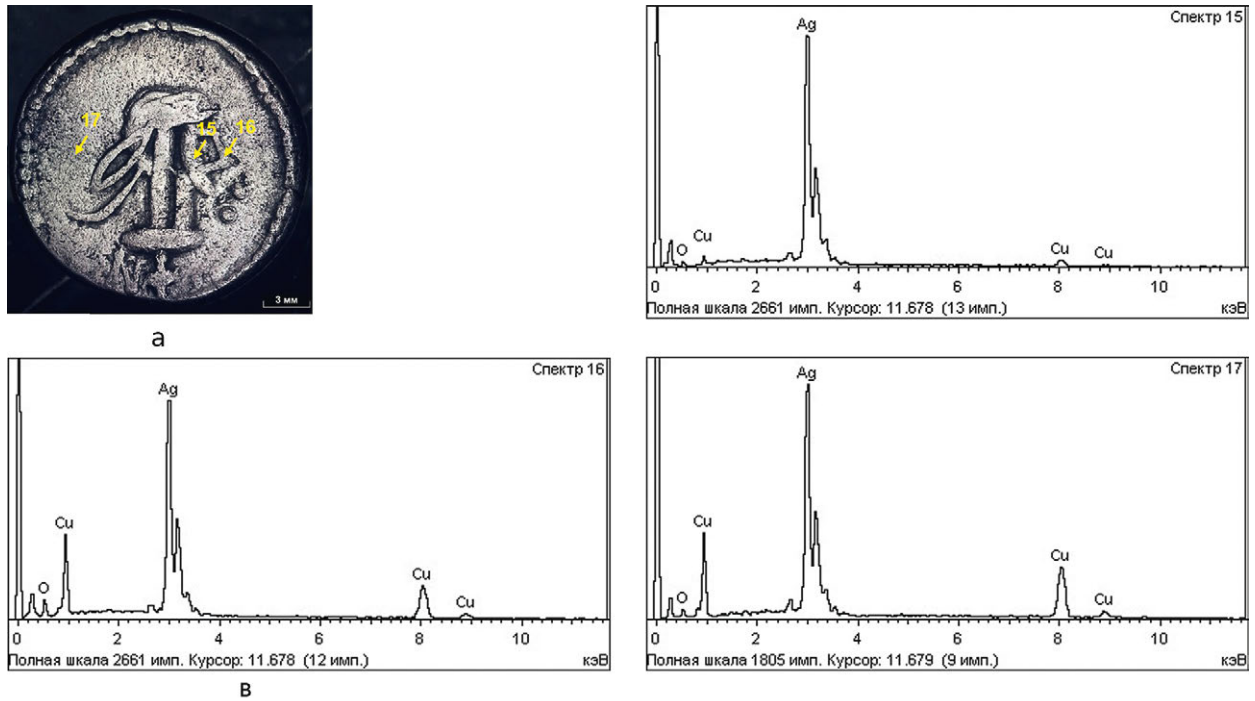


Рис. 27. Электронное изображение (а) поверхности статера Рескупорид V № 523 и характеристические рентгеновские спектры с выпуклого рельефа (б), впадины (в) и поля (г) монеты.

Fig. 27. Electronic image (a) of the surface of Rhescuporis V' stater No. 523 and characteristic X-ray spectra from the convex relief (b), depression (c) and the field (d) of the coin.

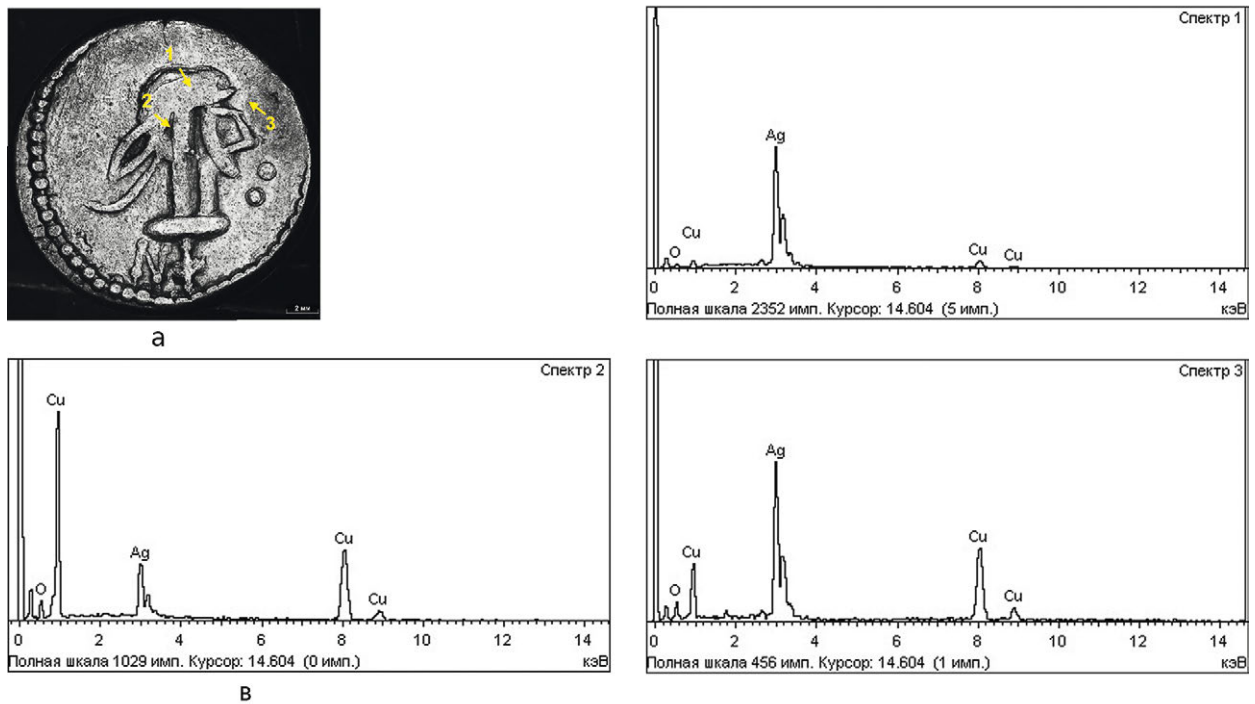


Рис. 28. Электронное изображение (а) поверхности статера Рескупорид V № 524 и характеристические рентгеновские спектры с выпуклого рельефа (б), впадины (в) и поля (г) монеты.

Fig. 28. Electronic image (a) of the surface of Rhescuporis V' stater No. 524 and characteristic X-ray spectra from the convex relief (b), depression (c) and the field (d) of the coin.

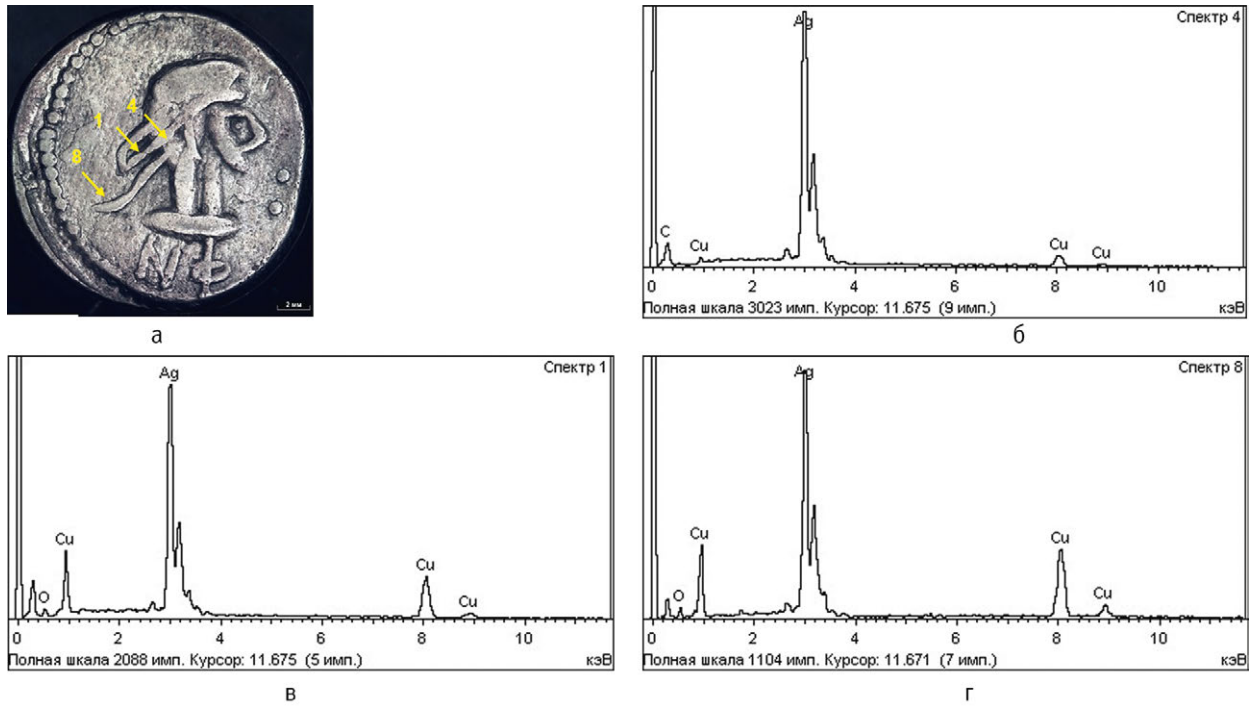


Рис. 29. Электронное изображение (а) поверхности статера Рескупорида V № 525 и характеристические рентгеновские спектры с выпуклого рельефа (б), впадины (в) и поля (г) монеты.

Fig. 29. Electronic image (a) of the surface of Rhescuporis V' stater No. 525 and characteristic X-ray spectra from the convex relief (b), depression (c) and the field (d) of the coin.

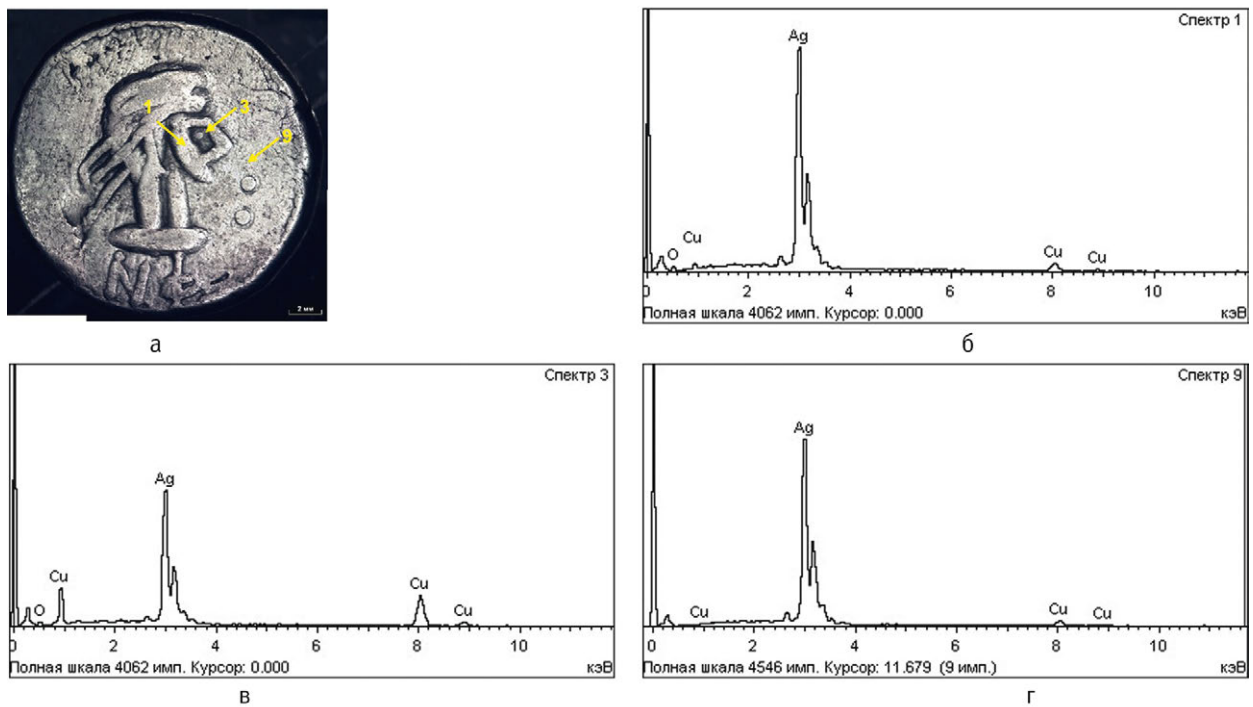


Рис. 30. Электронное изображение (а) поверхности статера Рескупорида V № 526 и характеристические рентгеновские спектры с выпуклого рельефа (б), впадины (в) и поля (г) монеты.

Fig. 30. Electronic image (a) of the surface of Rhescuporis V' stater No. 526 and characteristic X-ray spectra from the convex relief (b), depression (c) and the field (d) of the coin.

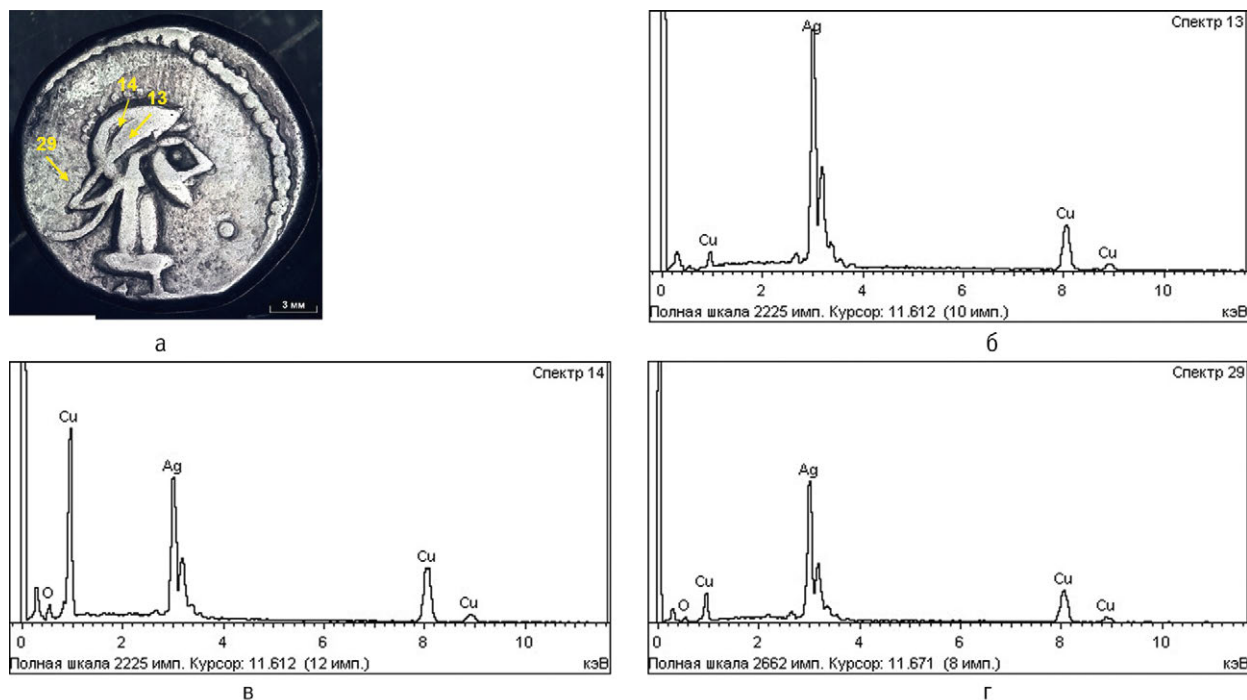


Рис. 31. Электронное изображение (а) поверхности статера № 527 (Рескупорид V) и характеристические рентгеновские спектры с выпуклого рельефа (б), впадины (в) и поля монеты (г).

Fig. 31. Electronic image (a) of the surface of Rhescuporis V' stater No. 527 and characteristic X-ray spectra from the convex relief (b), depression (c) and the field (d) of the coin.

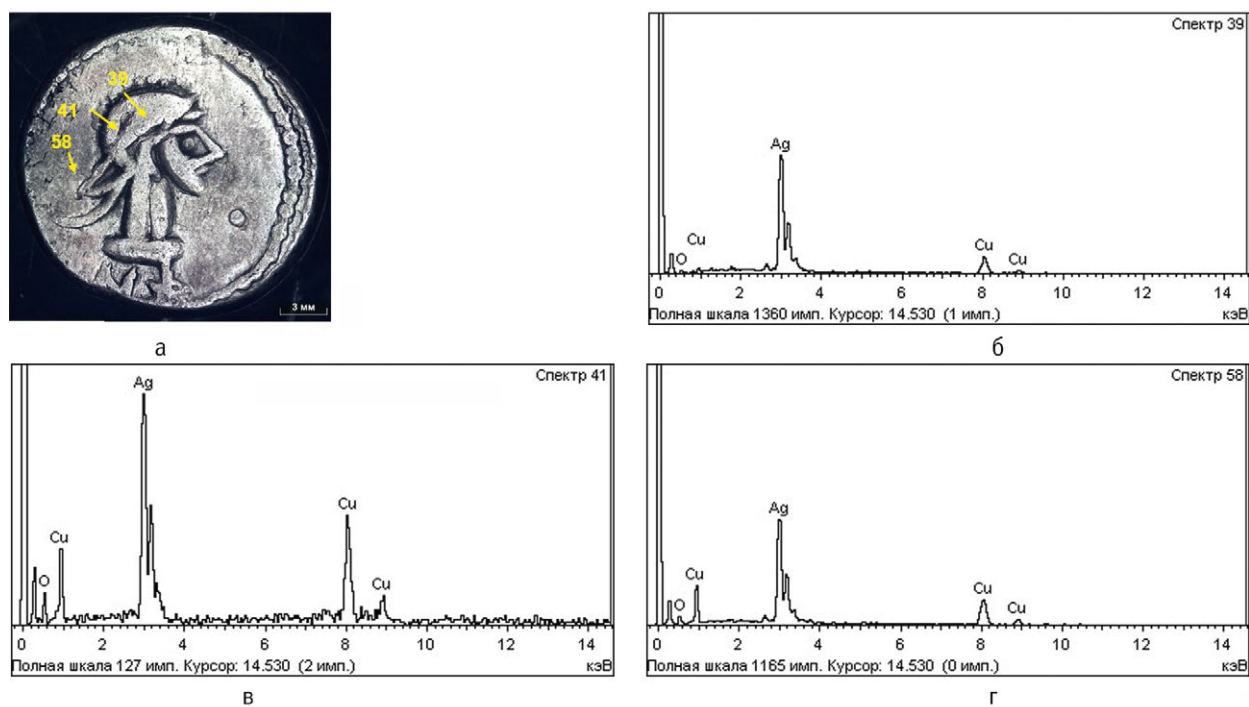


Рис. 32. Электронное изображение (а) поверхности статера № 528 (Рескупорид V) и характеристические рентгеновские спектры с выпуклого рельефа (б), впадины (в) и поля монеты (г).

Fig. 32. Electronic image (a) of the surface of Rhescuporis V' stater No. 528 and characteristic X-ray spectra from the convex relief (b), depression (c) and the field (d) of the coin.

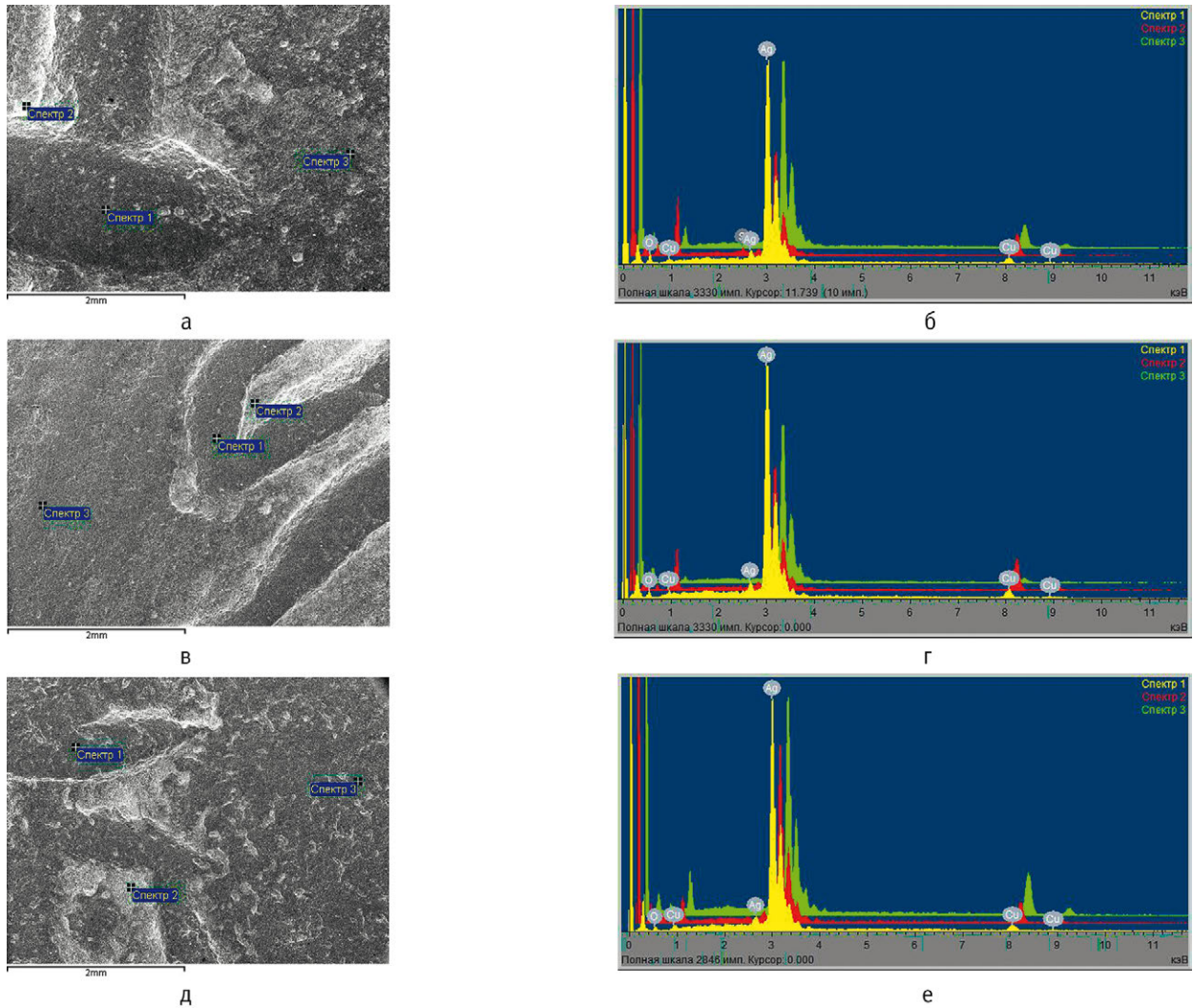


Рис. 33. Электронное изображение поверхности (а, в, д) статов Рескупорида V № 525 (а–г) и 523 (д–е) и наложение характеристических рентгеновских спектров (б, г, е) с различных участков рельефа монет: с выпуклого рельефа (спектр 1), впадины (спектр 2) и поля монеты (спектр 3).

Fig. 33. Electronic image of the surface (a, b, d) of Rhescuporis V' staters Nos. 525 (a–c) and 523 (d–e) and superimposition of characteristic X-ray spectra (b, d, e) from various sections of the coin relief: from the convex relief (spectrum 1), depression (spectrum 2) and coin field (spectrum 3).

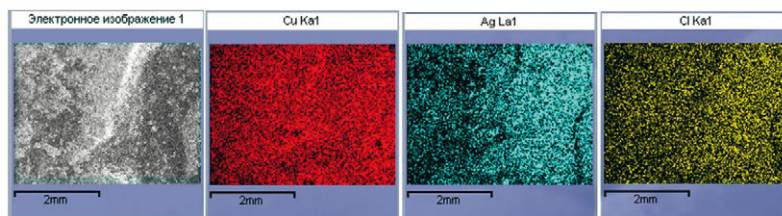


Рис. 34. Распределение серебра и меди по поверхности статора Фарсанза № 2138.

Fig. 34. Distribution of silver and copper on the surface of Pharsanzes' stater No. 2138.

Соотношение количества элементов в разных частях рельефа статеров № 525 и 523 хорошо иллюстрирует сравнение интенсивностей пиков спектров элементов (рис. 33). Оно показывает, что и на поверхности в пределах одной монеты, и на поверхности различных монет характер распределения серебра и меди одинаковый. Максимальное количество серебра обнаруживается на выпуклых частях рельефа и на поле монеты без рельефа, а минимальное – во впадинах рельефа. Аналогичные результаты были получены для остальных статеров Рескупорида V. Такое распределение элементов объясняется особенностями технологии чеканки рельефа монет. Перераспределение материала под действием больших усилий деформации и заполнение рабочих полостей штампа приводит к тому, что за счет местного изменения толщины материала серебро поверхностного слоя выдавливается в участки более высокого рельефа и количество серебра в участках низкого рельефа уменьшается.

Карты распределения элементов по поверхности статеров Фарсанза показали, что медь по всей поверхности монеты распределена практически равномерно, а серебро локализуется в отдельных участках (рис. 34). Эти результаты также хорошо совместимы с визуально фиксируемым серебристым цветом монет (см. рис. 25).

Исследование химического состава поверхности статеров Фарсанза методом РСМА выявило их существенное отличие от монет Рескупорида V.

В спектрах, полученных с различных участков поверхности монет Фарсанза, помимо пиков серебра, меди и кислорода присутствуют пики хлора, кальция, натрия и магния (рис. 35–40). Кроме того, картирование свидетельствует, что преимущественная локализация хлора наблюдается в участках локализации серебра (рис. 34).

На выпуклых участках рельефа поверхности монет присутствует 10–82% Ag и 8–78% Cu (при 7–22% кислорода), во впадинах рельефа – 12–64% Ag и 21–78% Cu (при 5–18% кислорода), на поле монеты – 5–59% Ag и 20–83% Cu (при 9–20% кислорода). Количество хлора составляет от 0,9 до 6,17%, натрия – 4–17%, кальция – 0,2–2,1% и магния – 0,21–0,26%. В некоторых случаях в спектрах обнаруживаются пики кремния, что объясняется наличием неудаленных остатков почвенных загрязнений.

Сопоставление интенсивностей пиков спектров обнаруженных элементов в статерах Фарсанза № 2136 и 2137 показано на рис. 41 и 42. Оно свидетельствует, что распределение серебра и меди на различных участках рельефа даже в пределах поверхности одной монеты имеет хаотичный характер. Более того, даже на близких участках поля монеты наблюдается разброс по содержанию элементов (спектры 3 и 4 на рис. 42, *д*, *е*).

Набор суммарного характеристического спектра с площади статеров подтвердил наличие указанных выше элементов (рис. 42–46).

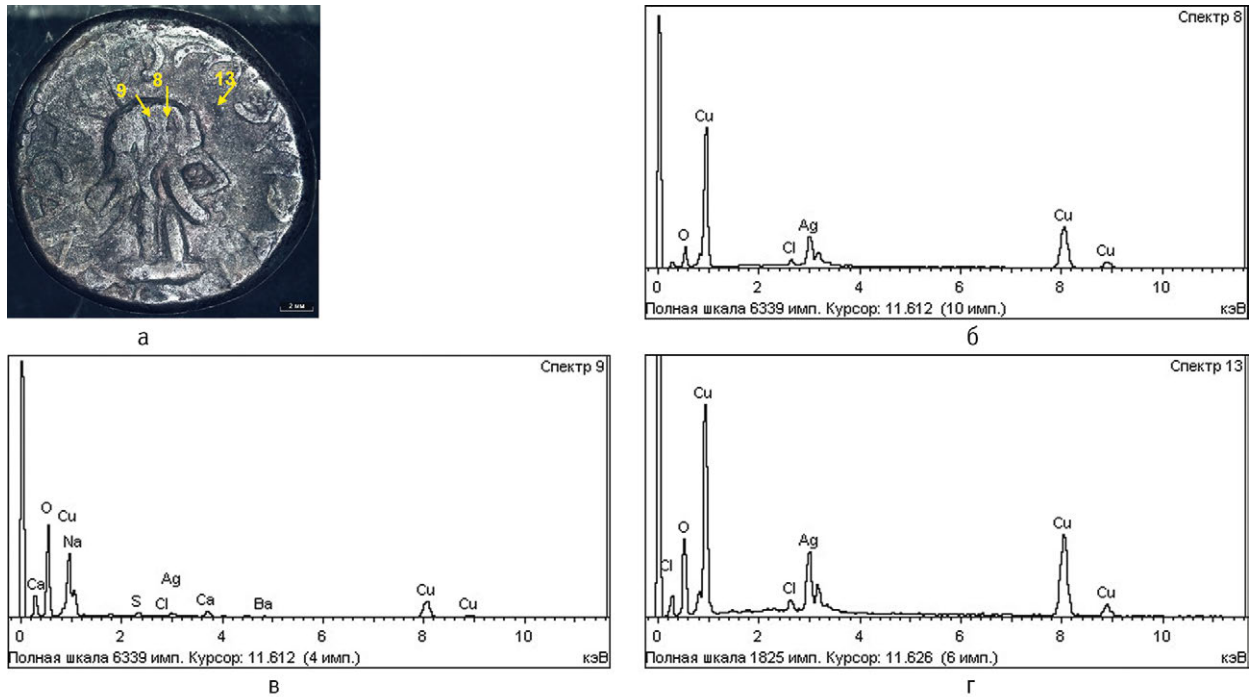


Рис. 35. Электронное изображение (а) поверхности статера Фарсанза № 2133 и характеристические рентгеновские спектры с выпуклого рельефа (б), впадины (в) и поля (г) монеты.

Fig. 35. Electronic image (a) of the surface of Pharsanzes stater No. 2133 and characteristic X-ray spectra from the convex relief (b), depression (c), and field (d) of the coin.

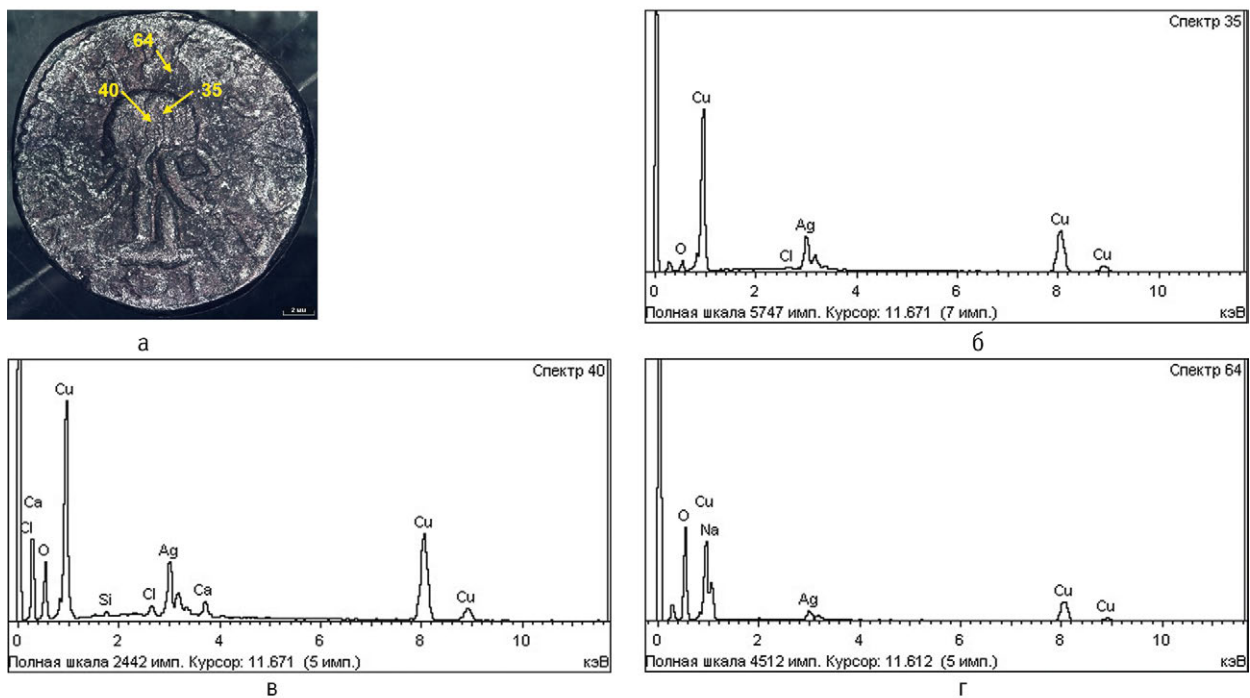


Рис. 36. Электронное изображение (а) поверхности статера Фарсанза № 2134 и характеристические рентгеновские спектры с выпуклого рельефа (б), впадины (в) и поля (г) монеты.

Fig. 36. Electronic image (a) of the surface of Pharsanzes stater No. 2134 and characteristic X-ray spectra from the convex relief (b), depression (c), and field (d) of the coin.

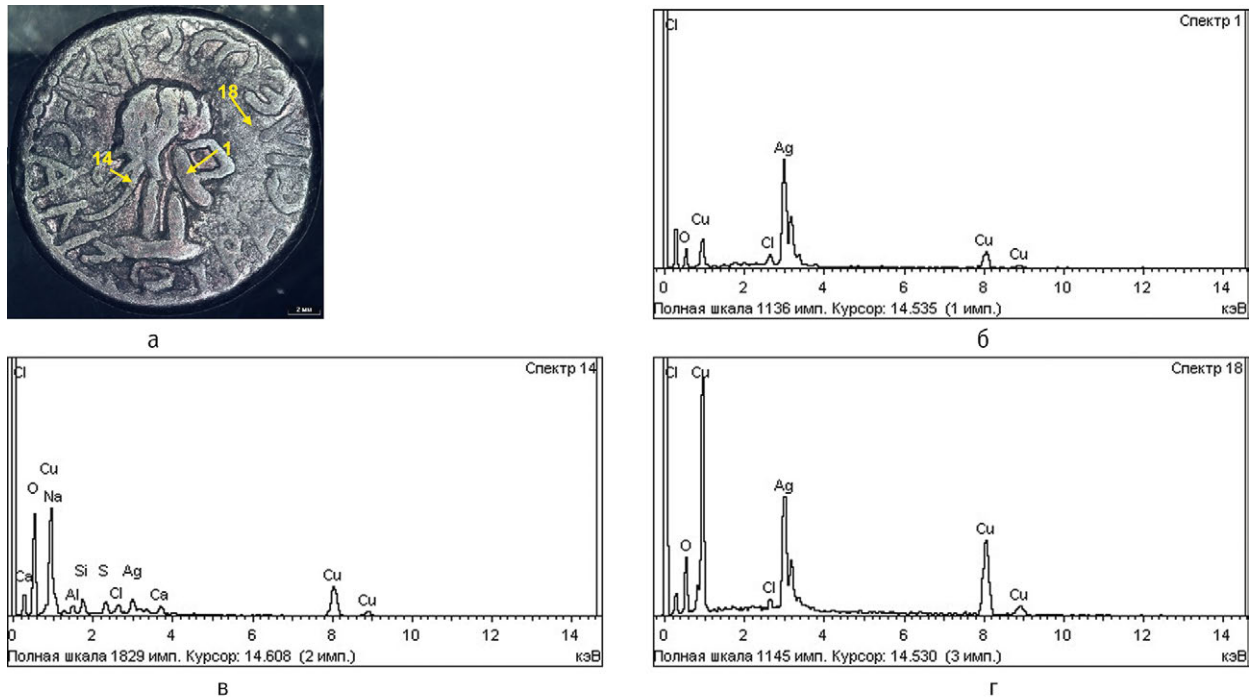


Рис. 37. Электронное изображение (а) поверхности статера Фарсанза № 2135 и характеристические рентгеновские спектры с выпуклого рельефа (б), впадины (в) и поля (г) монеты.

Fig. 37. Electronic image (a) of the surface of Pharsanzes stater No. 2135 and characteristic X-ray spectra from the convex relief (b), depression (c), and field (d) of the coin.

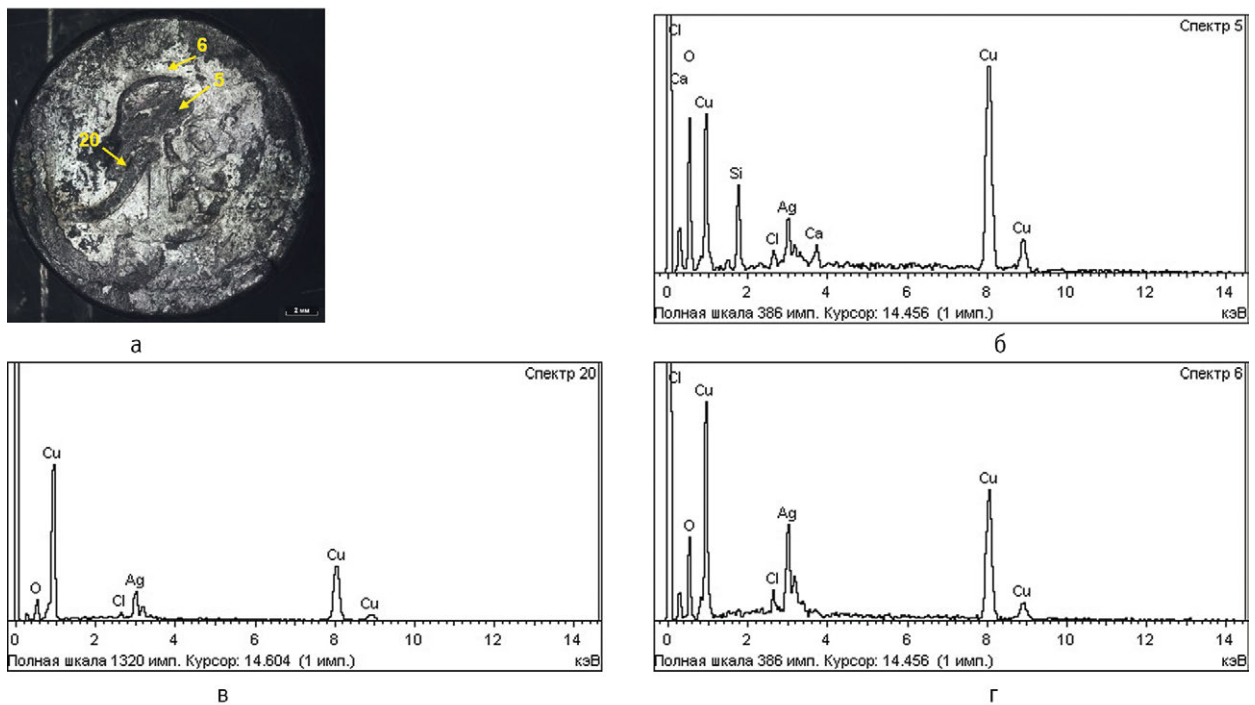


Рис. 38. Электронное изображение (а) поверхности статера Фарсанза № 2136 и характеристические рентгеновские спектры с выпуклого рельефа (б), впадины (в) и поля (г) монеты.

Fig. 38. Electronic image (a) of the surface of Pharsanzes stater No. 2136 and characteristic X-ray spectra from the convex relief (b), depression (c), and field (d) of the coin.

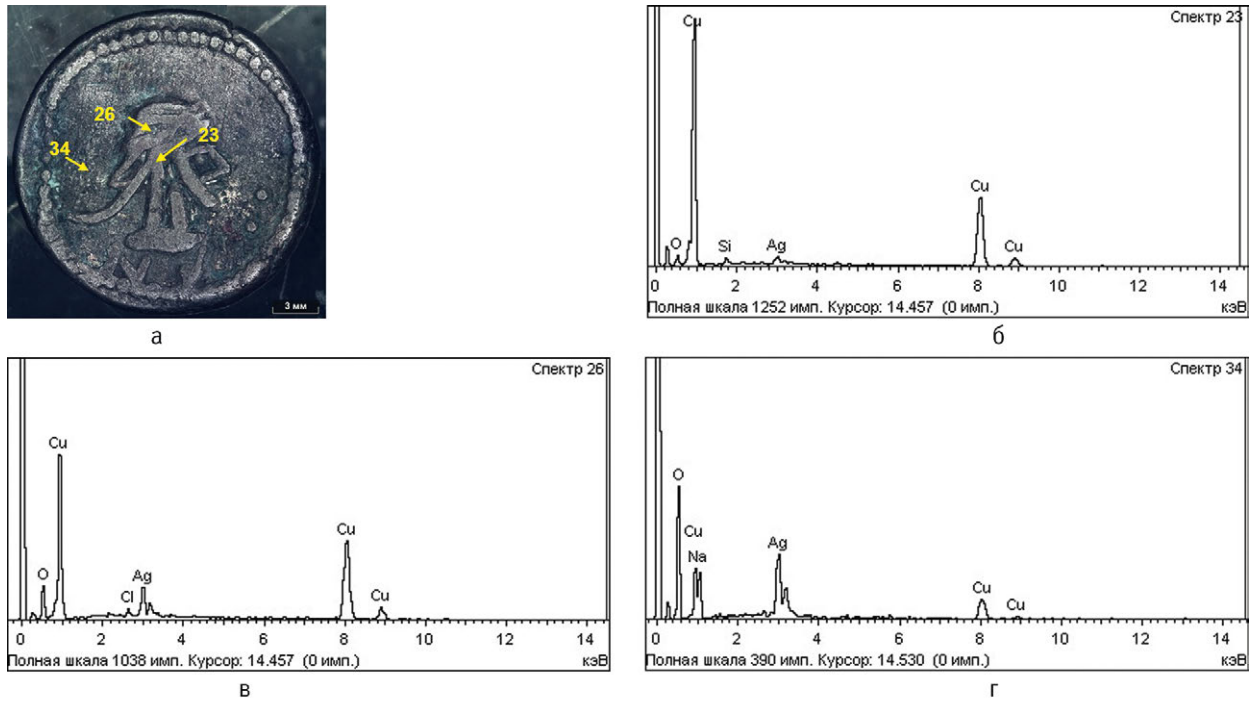


Рис. 39. Электронное изображение (а) поверхности статера Фарсанза № 2137 и характеристические рентгеновские спектры с выпуклого рельефа (б), впадины (в) и поля (г) монеты.

Fig. 39. Electronic image (a) of the surface of Pharsanzes stater No. 2137 and characteristic X-ray spectra from the convex relief (b), depression (c), and field (d) of the coin.

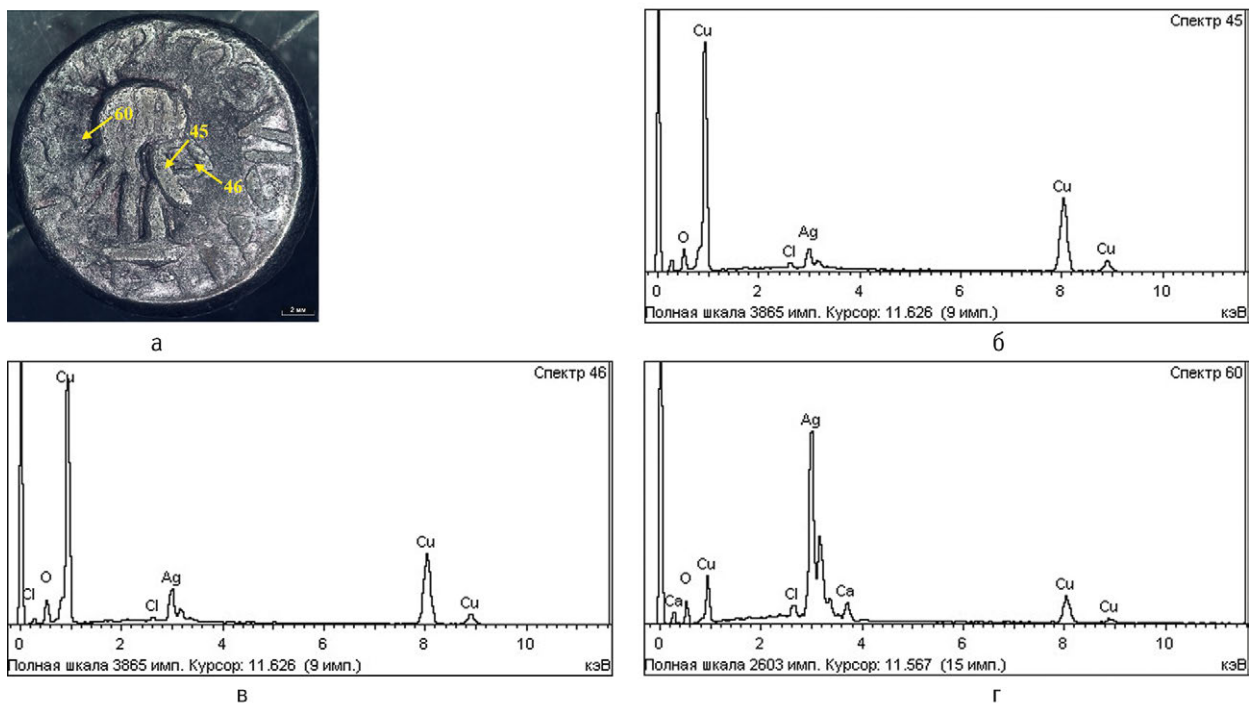


Рис. 40. Электронное изображение (а) поверхности статера Фарсанза № 2138 и характеристические рентгеновские спектры с выпуклого рельефа (б), впадины (в) и поля (г) монеты.

Fig. 40. Electronic image (a) of the surface of Pharsanzes stater No. 2138 and characteristic X-ray spectra from the convex relief (b), depression (c), and field (d) of the coin.

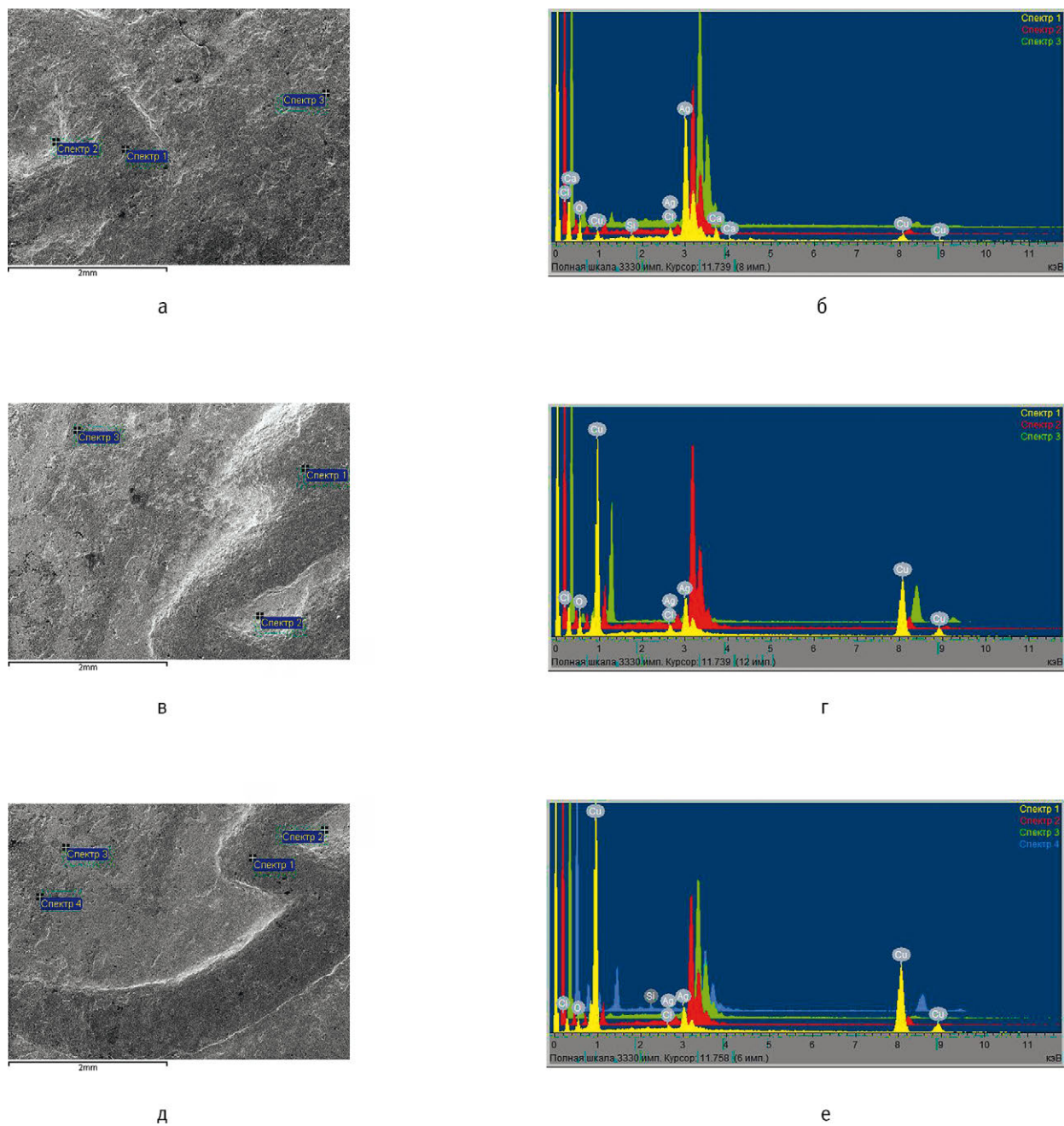


Рис. 41. Электронное изображение поверхности (а, в, д) статера Фарсанза № 2136 и наложение характеристических рентгеновских спектров (б, г, е) с различных участков рельефа монеты: с выпуклого рельефа (спектр 1), впадины (спектр 2) и поля монеты (спектр 3 и 4).

Fig. 41. Electronic image of the surface (a, c, d) of Pharsanzes stater No. 2136 and superimposition of characteristic X-ray spectra (b, e, f) from various areas of the coin: from the convex relief (spectrum 1), depression (spectrum 2), and field (spectra 3 and 4).

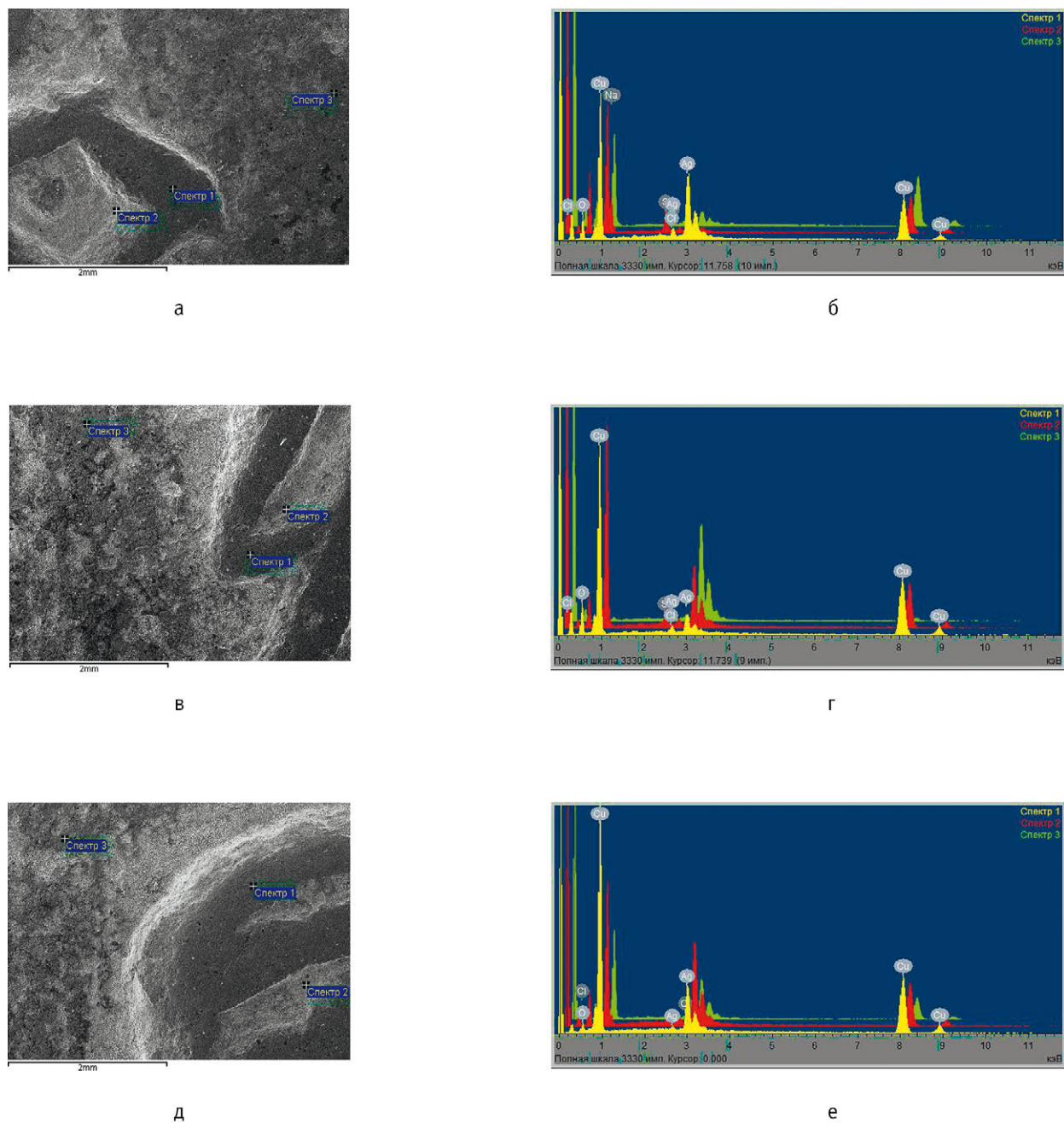


Рис. 42. Электронное изображение поверхности (а, в, д) статера Фарсанза № 2137 и наложение характеристических рентгеновских спектров (б, г, е) с различных участков монеты: с выпуклого рельефа (спектр 1), впадины (спектр 2) и поля монеты (спектр 3).

Fig. 41. Electronic image of the surface (a, c, d) of Pharsanzes stater No. 2137 and superimposition of characteristic X-ray spectra (b, e, f) from various areas of the coin: from the convex relief (spectrum 1), depression (spectrum 2), and field (spectrum 3).

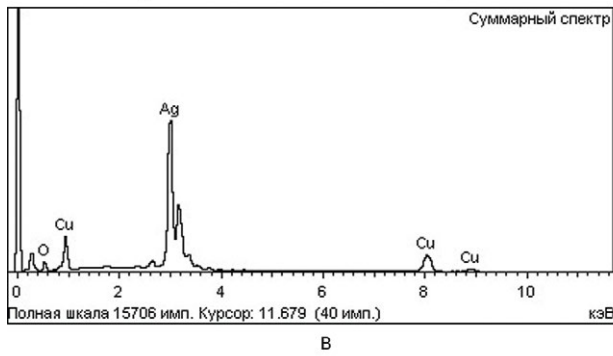
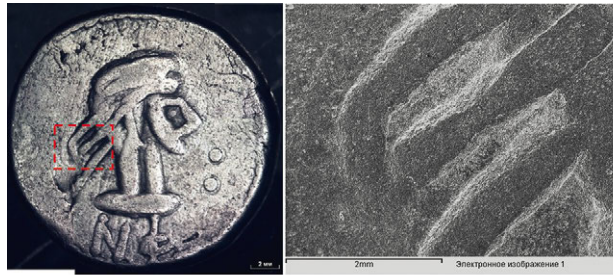


Рис. 43. Исследуемый участок (а), электронное изображение (б) поверхности статера Рескупорида V № 526 и суммарный характеристический спектр с исследуемого участка поверхности (в).

Fig. 43. The studied area (a), the electronic image (b) of the surface of Rhescuporis V' stater No. 526, and the total characteristic spectrum from the studied area of surface (c).

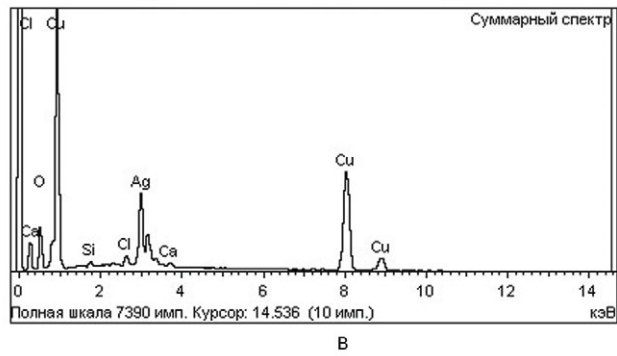
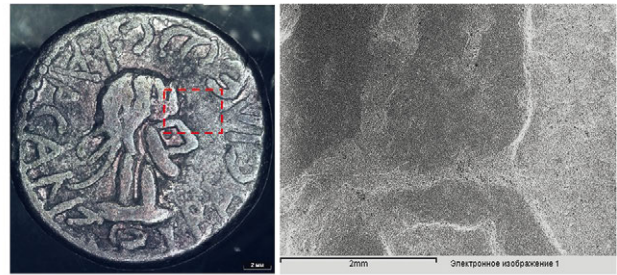


Рис. 45. Исследуемый участок (а), электронное изображение (б) поверхности статера Фарсанза № 2136 и суммарный характеристический спектр с исследуемого участка поверхности (в).

Fig. 45. The studied area (a), the electronic image (b) of the surface of Pharsanzes' stater No. 2136, and the total characteristic spectrum from the studied area of surface (c).

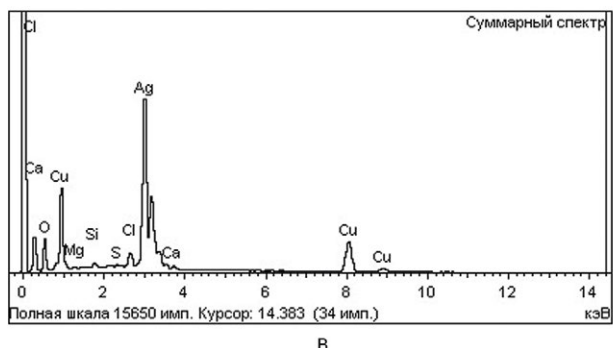
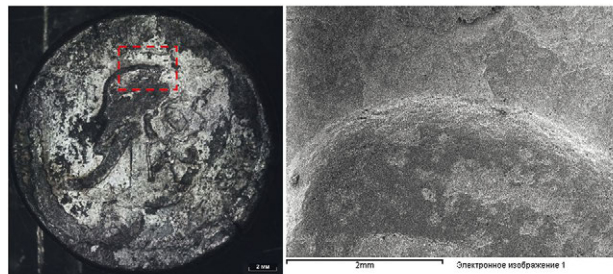


Рис. 44. Исследуемый участок (а), электронное изображение (б) поверхности статера Фарсанза № 2135 и суммарный характеристический спектр с исследуемого участка поверхности (в).

Fig. 44. The studied area (a), the electronic image (b) of the surface of Pharsanzes' stater No. 2135, and the total characteristic spectrum from the studied area of surface (c).

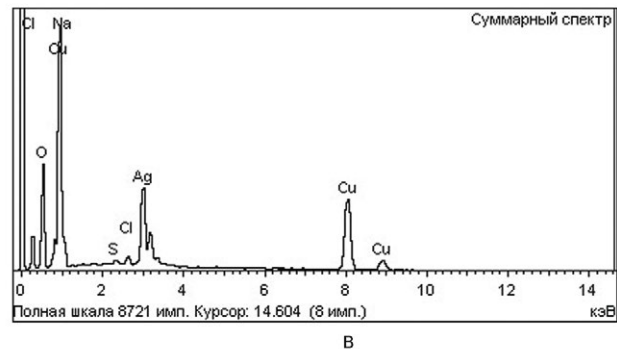


Рис. 46. Исследуемый участок (а), электронное изображение (б) поверхности статера Фарсанза № 2137 и суммарный характеристический спектр с исследуемого участка поверхности (в).

Fig. 46. The studied area (a), the electronic image (b) of the surface of Pharsanzes' stater No. 2137, and the total characteristic spectrum from the studied area of surface (c).

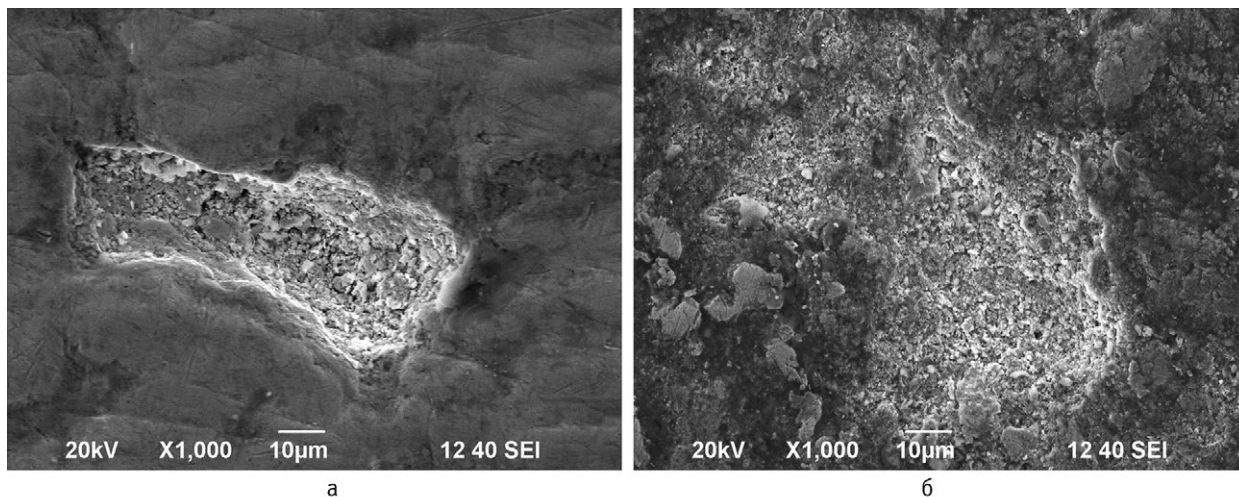


Рис. 47. Микрорельеф с небольшими ямками на выпуклых участках монет Рескупорида V (а) и Фарсанза (б).
Fig. 47. Microrelief with small pits on the convex sections of coins of Rhescuporis V (a) and Pharsanzes (b).

Помимо рельефа, нанесенного штемпелем при ударе, на поверхности статовров обнаруживается микрорельеф в виде небольших ямок на выпуклых частях и поле монеты (рис. 47). В ямках содержание меди превышает содержание серебра, а на гладких участках микрорельефа содержание серебра оказалось выше, чем содержание меди (рис. 48; 49). Это можно объяснить тем, что целостность серебряного покрытия в ямках была нарушена по разным причинам (частичное истирание, механическое повреждение в процессе очистки монет и др.) и рентгеновские спектры снимались с монетного сплава на основе меди. Это хорошо иллюстрируют карты распределения элементов (рис. 50).

Присутствие хлора, кальция, магния и натрия в статорах Фарсанза можно предположительно связать с технологией серебрения поверхности

монет путем использования пасты, в состав которой входили хлорид серебра, хлорид натрия, хлорид аммония, тартрат калия, хлорид ртути и мел в качестве загустителя. Пасты для серебрения применялись в римском монетном деле конца III – начала IV в. н.э.¹¹⁸

При детальном анализе статовров на поверхности монет Фарсанза были обнаружены относительно гладкие «чешуйки» размером 100–1000 мкм и более (рис. 51). Построение карт распределения элементов показало, что в исследуемых «чешуйках» обнаруживается серебро, а медь отсутствует (рис. 52). Толщина «чешуек» составляет около 10 мкм, что хорошо наблюдается на их кромках при больших увеличениях (рис. 53). Таким образом, присутствие «чешуек» и их химический состав может служить доказательством наличия серебряного покрытия в монетах Фарсанза.

¹¹⁸ RIC V/1, 8, note 1; Vlachou et al. 2002.

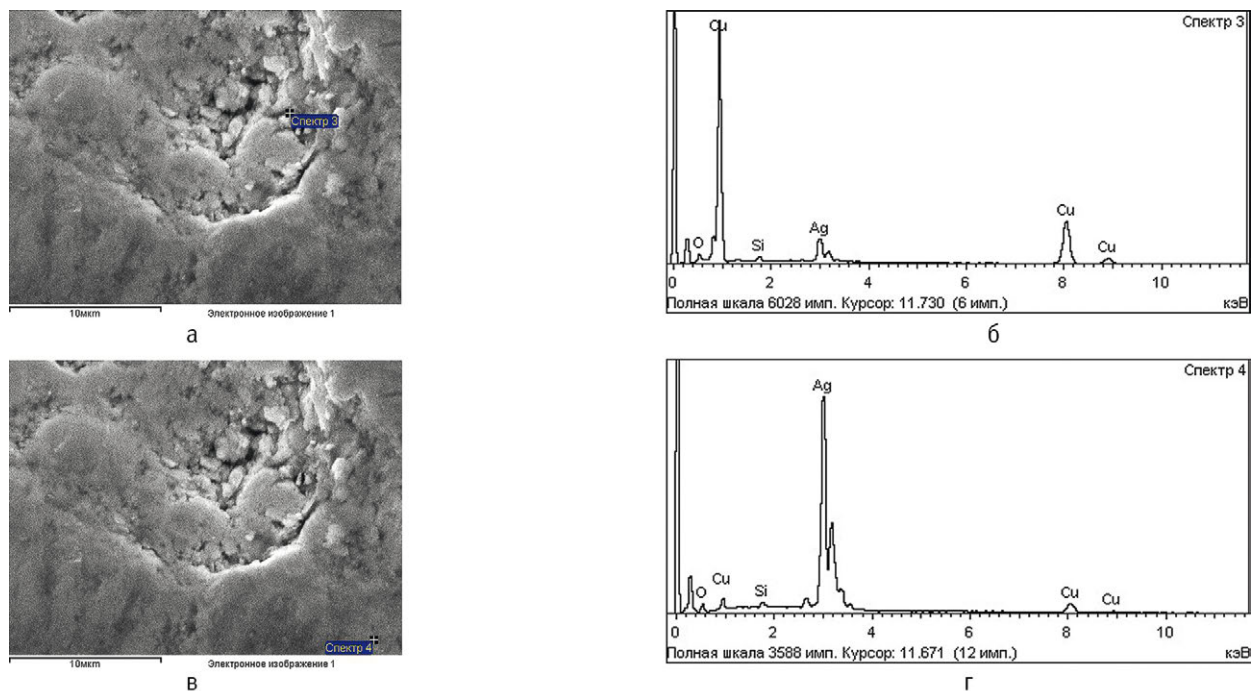


Рис. 48. Электронное изображение микрорельефа поверхности (а, в) статера Рескупорида V № 525 и характеристические рентгеновские спектры, снятые с ямок (б) и гладкой части (г).

Fig. 48. Electronic image of the microrelief of the surface (a, c) of Rhescuporis V stater No. 525 and the characteristic X-ray spectra taken from the pits (b) and the smooth part (d).

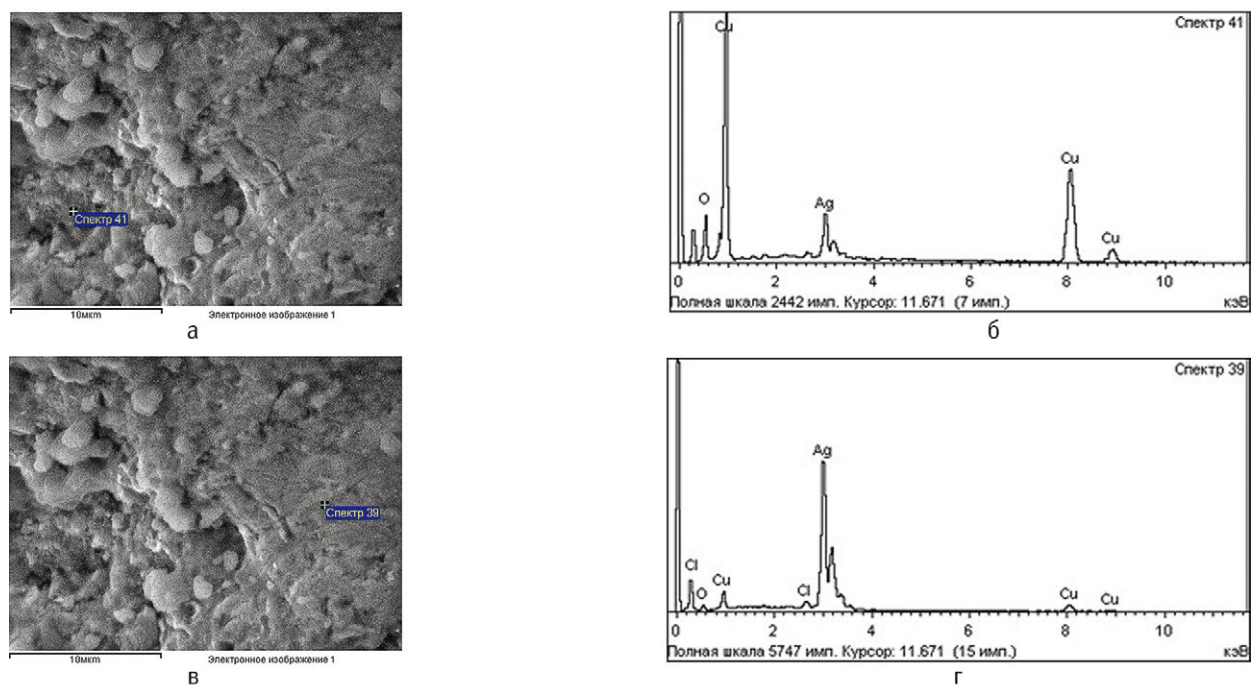


Рис. 49. Электронное изображение микрорельефа поверхности (а, в) статера Фарсанза № 2134 и характеристические рентгеновские спектры, снятые с ямок (б) и гладкой части (г).

Fig. 49. Electronic image of the microrelief of the surface (a, c) of Pharsanzes' stater No. 2134 and the characteristic X-ray spectra taken from the pits (b) and the smooth part (d).

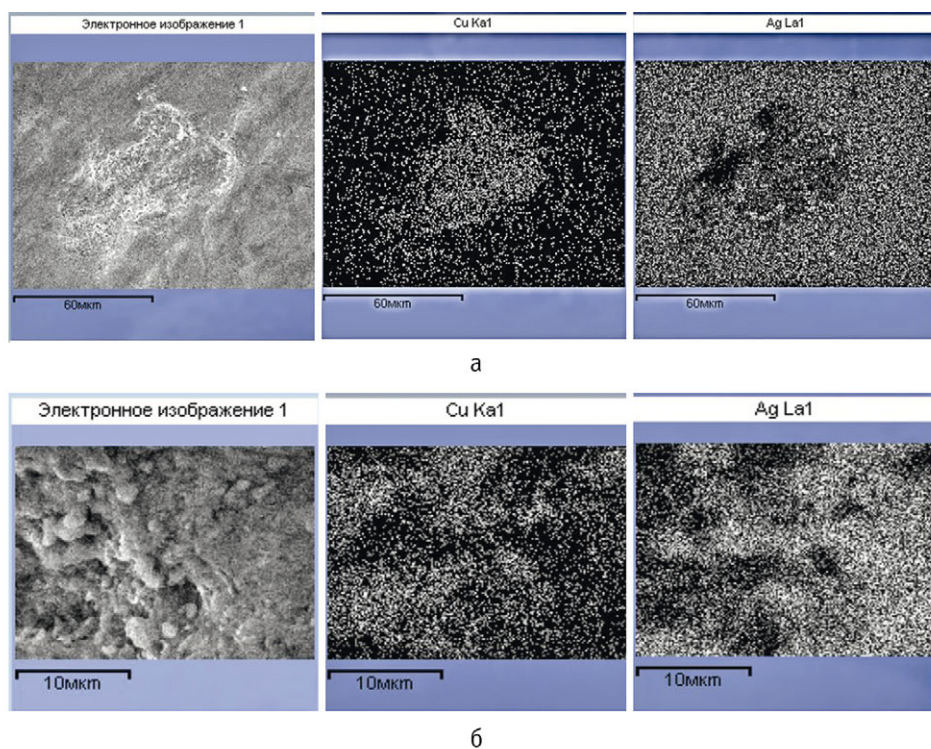


Рис. 50. Карта распределения элементов в ямках микрорельефа поверхности статеров Рескупорида V № 526 (а) и Фарсанза № 2134 (б).

Fig. 50. Map of the distribution of elements in the pits of the surface microrelief of staters of Rhescuporis V No. 526 (a) and Pharsanzes No. 2134 (b).

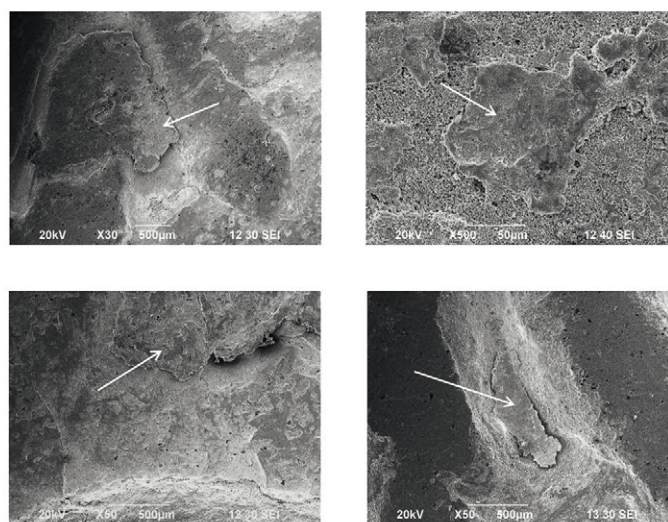


Рис. 51. «Чешуйки» покрытия на поверхности статеров Фарсанза № 2136 (а), 2133 (б), 2137 (в) и 2138 (г).

Fig. 51. “Fakes” of the coating on the surface of Pharsanzes staters Nos. 2136 (a), 2133 (b), 2137 (c) and 2138 (d).

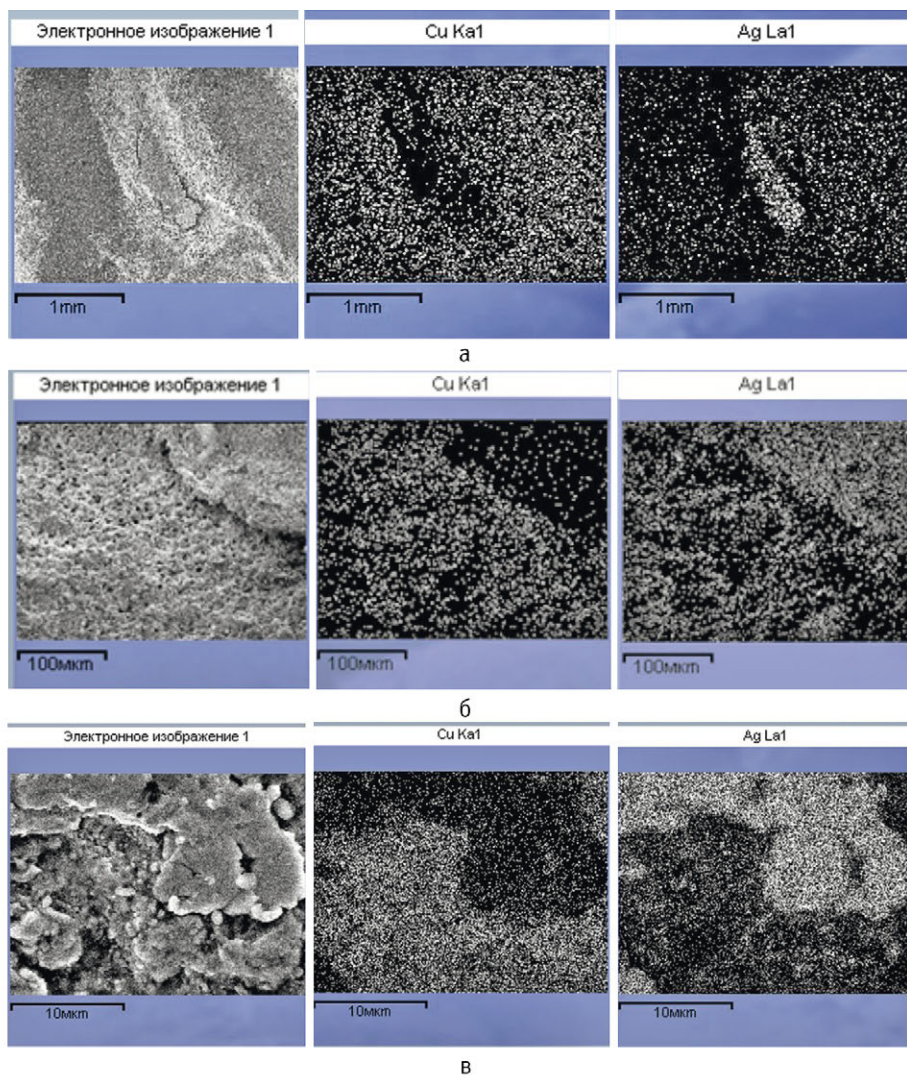


Рис. 52. Карта распределения меди и серебра по поверхности исследуемых участков статов Фарсанза № 2137 (а), 2136 (б) и 2134 (в) с «чешуйками».

Fig. 52. Map of the distribution of copper and silver on the surface of the studied areas of Pharsamzes staters Nos. 2137 (a), 2136 (b) and 2134 (c) with “flakes”.

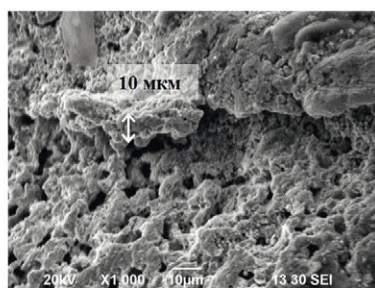


Рис. 53. Толщина «чешуйки».

Fig. 53. The thickness of the “flake”.

Результаты количественного анализа химического состава поверхности монет, полученные методом РСМА, суммируются в таблице 11.

Таблица 11. Результаты количественного РСМА химического состава поверхности статеров Рескупорида V из Фанагорийского клада 2011 г.

Table 11. Results of quantitative XRDMA of the chemical composition of the surface of Rhescuporis V stater from the Phanagoria 2011 Hoard.

№	Среднее содержание элементов, %							
	Cu	Ag	O	Cl	Ca	Na	Mg	Прочие элементы
523	18.21	71.4	10.22	–	–	–	–	–
524	38.4	49.9	11.7	–	–	–	–	–
525	30.31	62.47	7.22	–	–	–	–	–
526	11.55	82.09	6.36	–	–	–	–	–
527	36.40	53.61	9.99	–	–	–	–	–
528	50.25	41.23	8.52	–	–	–	–	–
2133	54.96	22.91	4.63	0.93	2.15	13.93	–	0.49
2134	36.30	32.73	11.65	0.82	1.31	16.61	–	0.58
2135	65.14	22.62	9.11	0.87	1.05	–	0.21	1.00
2136	42.00	38.67	16.59	1.52	0.81	–	0.26	0.17
2137	54.11	30.00	5.19	1.10	–	8.12	–	1.48
2138	52.78	33.11	9.43	1.33	3.1	–	0.25	–

Для установления фазового состава поверхности статеров Рескупорида V и Фарсанза был проведен рентгеноструктурный анализ, типичные результаты которого иллюстрируют рис. 54–55. На поверхности статера Рескупорида V № 523 подтверждено наличие твердого раствора серебра в меди (1% Ag и 99% Cu), твердого раствора меди в серебре (97% Ag и 3% Cu) и закиси меди (Cu_2O) (рис. 54). В статере Фарсанза № 2133 помимо твердых растворов и закиси меди был обнаружен хлорид серебра ($AgCl$) (рис. 55), наличие которого подтверждает сделанное выше предположение о получении серебряного покрытия из паст, в ко-

торых присутствовали хлорсодержащие компоненты.

Микроструктура поперечного шлифа, изготовленного с гурта статера № 524 Рескупорида V, представлена на рис. 56. На основе анализа диаграммы состояния Cu–Ag (рис. 57) можно заключить, что она состоит из зерен первичного β твердого раствора на основе меди с вторичными включениями α твердого раствора на основе серебра и вырожденной эвтектики из β и α твердых растворов. Аналогичная структура монетного сплава выявлена при исследовании галло-римских статов¹¹⁹.

¹¹⁹ Deraisme et al. 2006, 474.

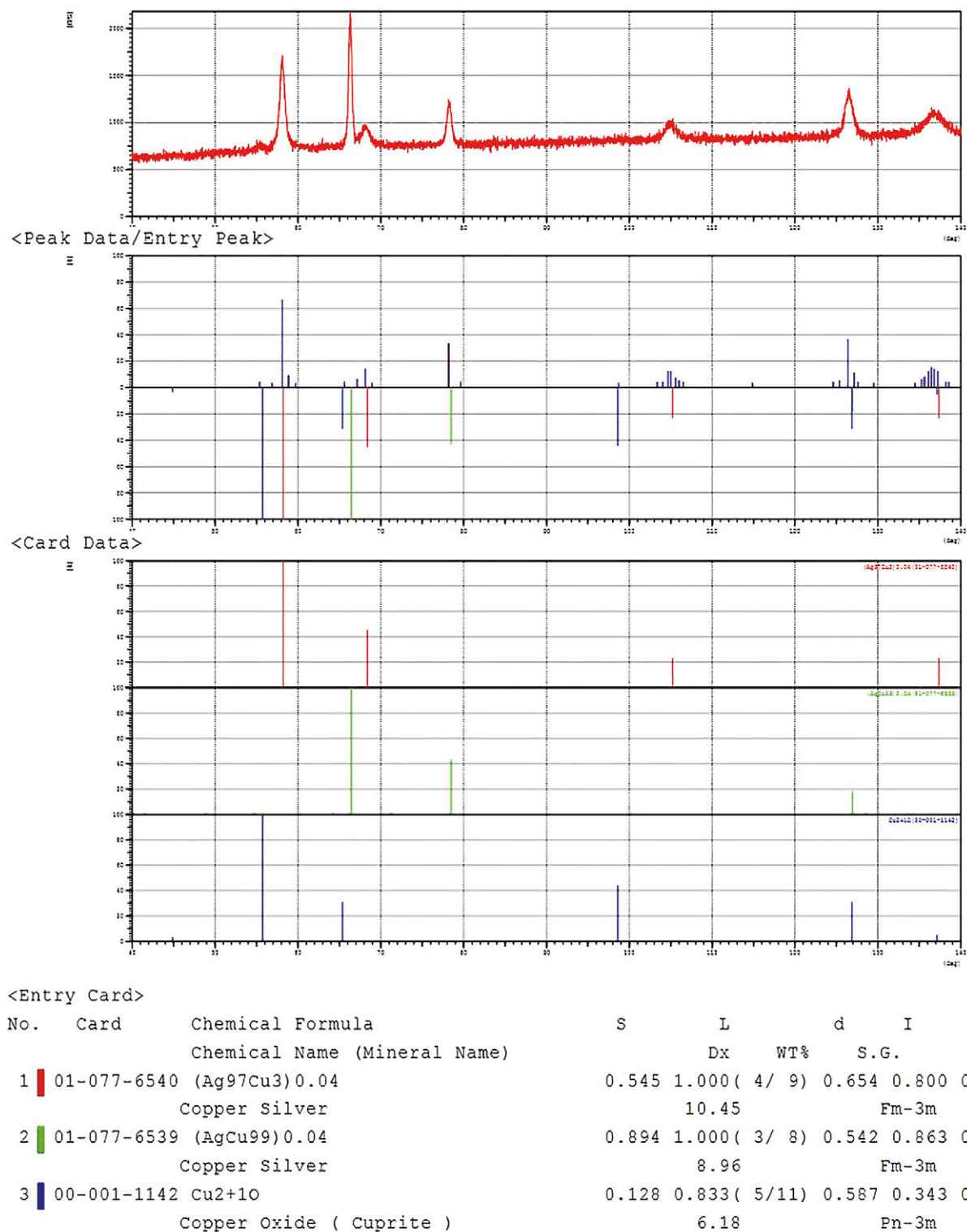


Рис. 54. Результаты рентгеноструктурного анализа поверхности статера Рескупорида V № 523.

Fig. 54. Results of X-ray structural analysis of the surface of Rhescuporis V' stater No. 523.

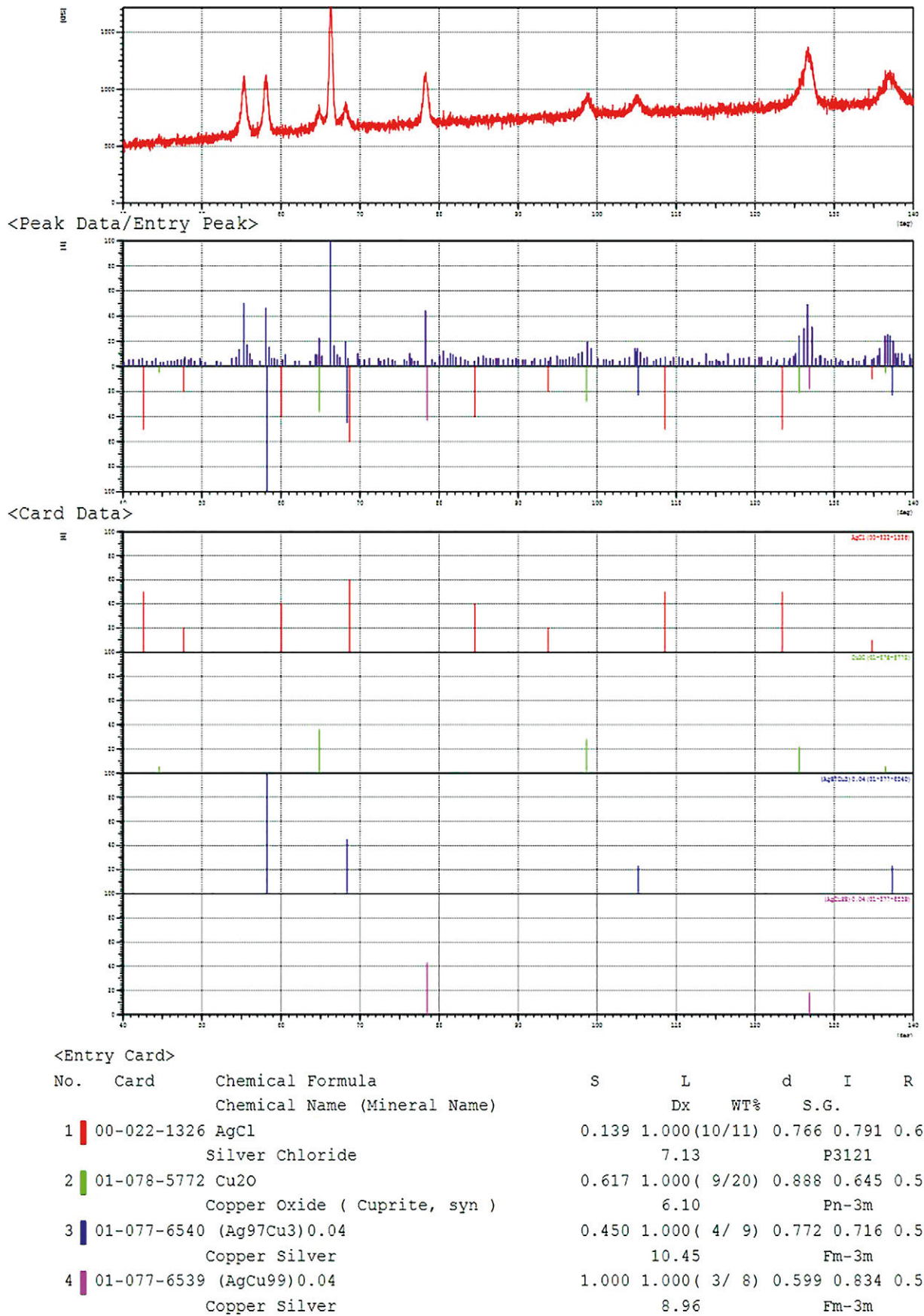


Рис. 55. Результаты рентгеноструктурного анализа поверхности статера Фарсанза № 2133.

Fig. 55. Results of X-ray structural analysis of the surface of Thothorses' stater No. 2133.

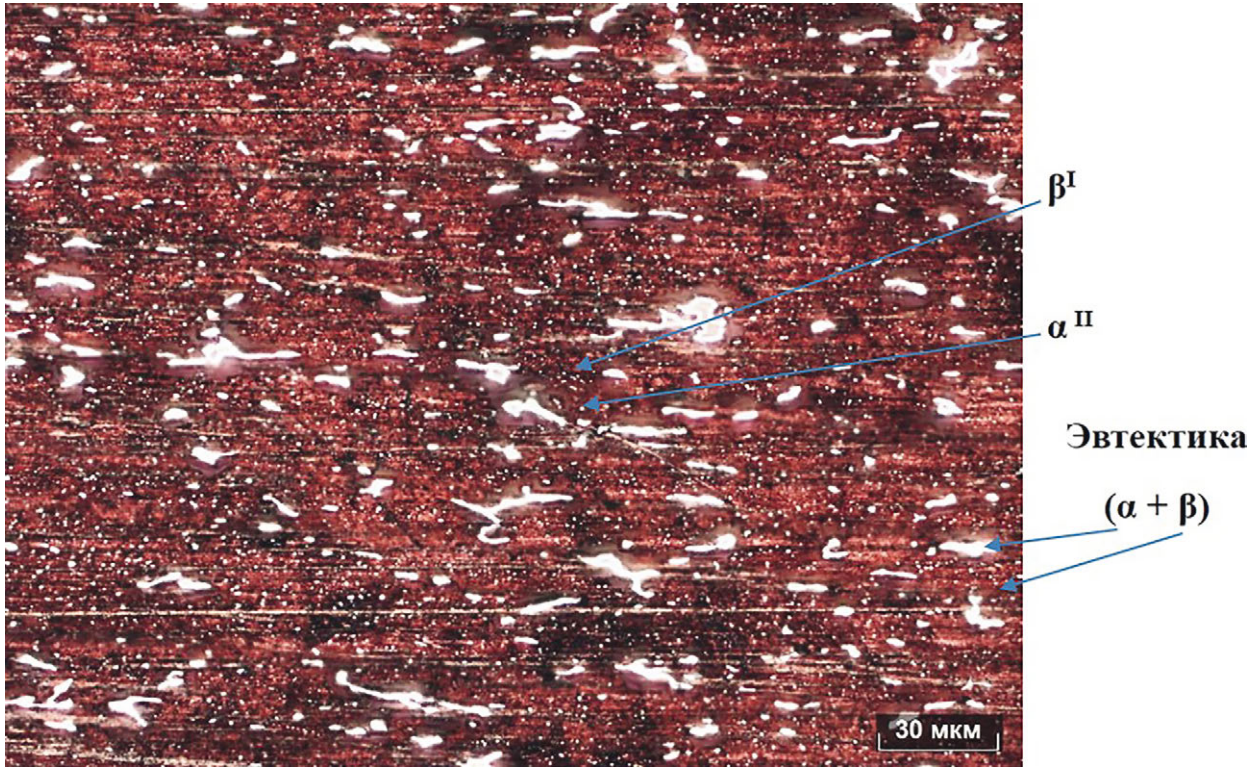


Рис. 56. Микроструктура поперечного шлифа, изготовленного с гурта стatera Рескупорида V № 524.
 Fig. 56. Microstructure of a transverse thin section made at the edge of Rhescuporis V' stater No. 524.

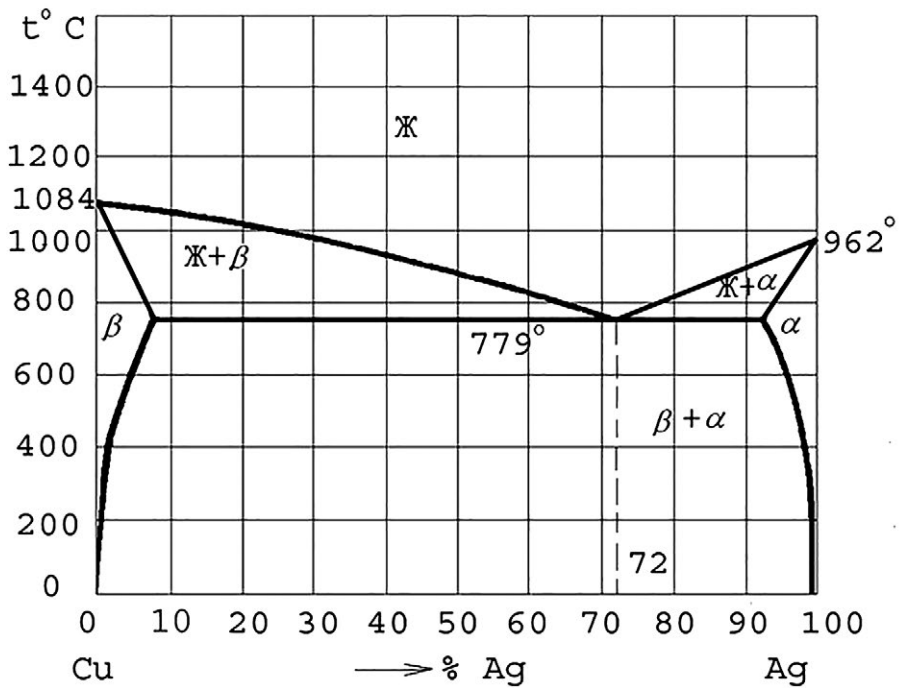


Рис. 57. Диаграмма состояния Cu-Ag.
 Fig. 57. Cu-Ag state diagram.

Анализ микроструктуры и локальный РСМА в центре сечения стatera № 524 Рескупорида V позволил определить, что серебро в структуре монетного сплава присутствует в виде отдельных (эвтектических и вторичных) включений, в которых его количество составляет около 85% (рис. 58, б), и в виде твердого раствора на основе меди, где его содержание не превышает 5% (рис. 58, в), что

согласуется с предельной растворимостью компонентов в α и β твердых растворах, входящих в состав эвтектики (рис. 34) серебра в меди.

Результаты РСМА, проведенного методом набора спектра по площади на участках в центре сечения стatera № 524 Рескупорида V (рис. 59), свидетельствуют о применении монетного сплава Cu–Ag с содержанием 10–17% Ag.

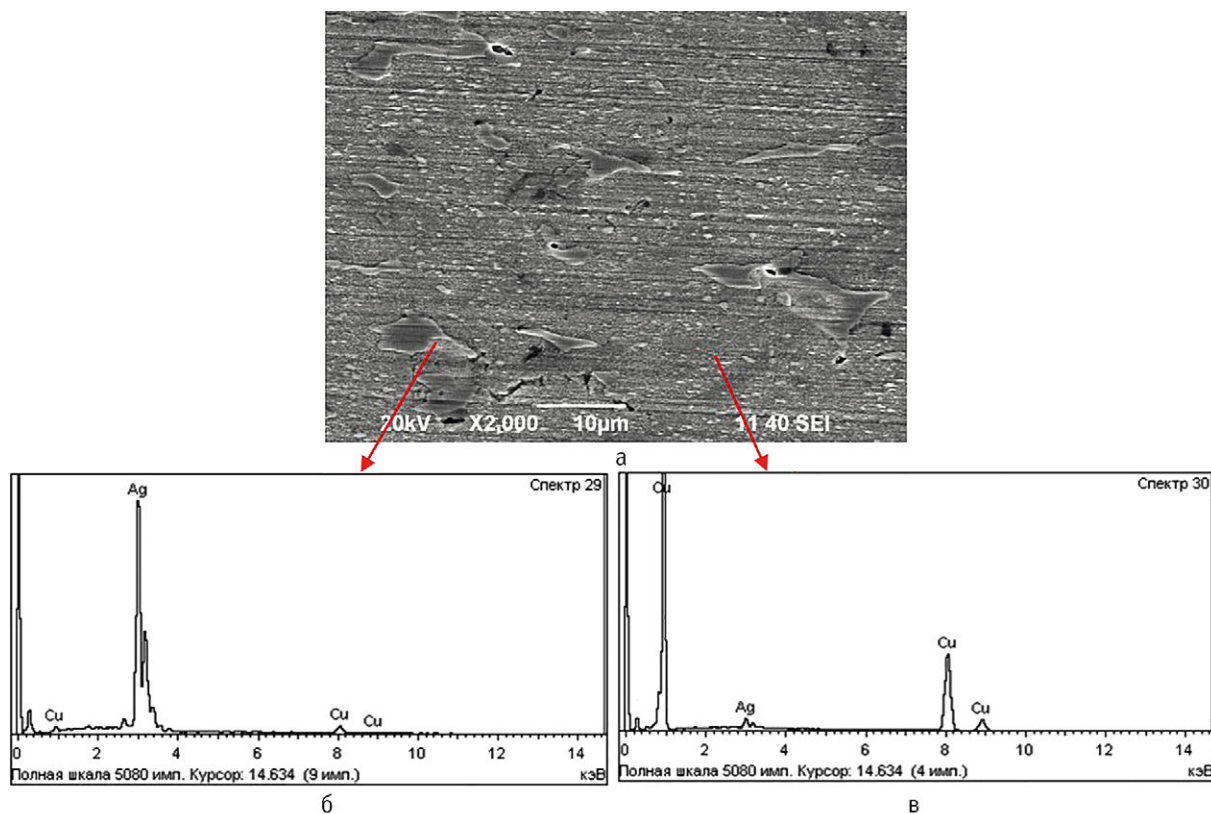


Рис. 58. Локальный РСМА в центре сечения стatera Рескупорида V № 524.

Fig. 58. Local RSMA in the center of the section of Rhescuporis V' stater No. 524.

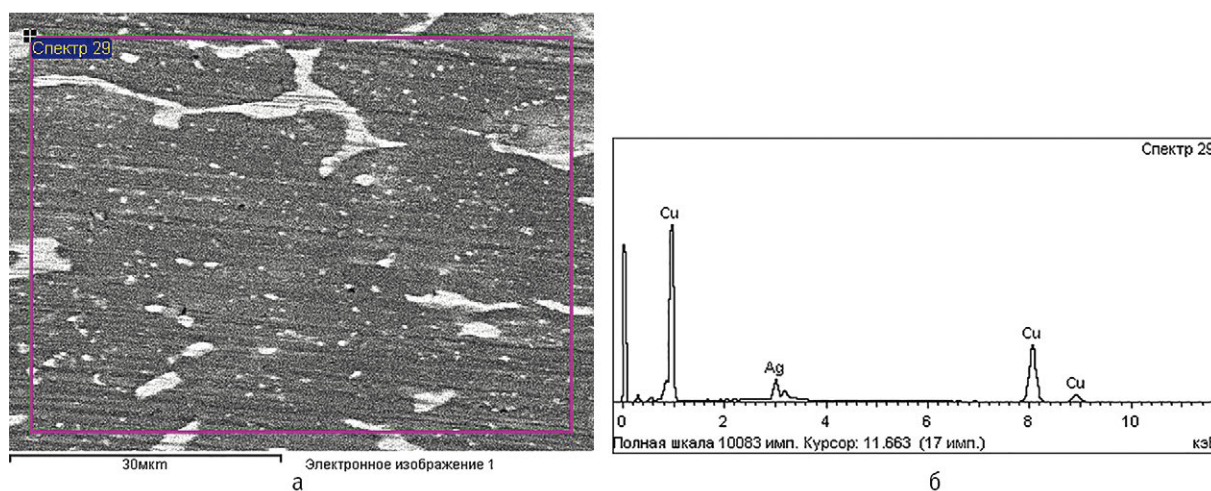


Рис. 59. Электронное изображение участка поперечного шлифа, изготовленного с гурта стatera Рескупорида V № 524 (а), и характеристический спектр с исследуемого участка (б).

Fig. 59. Electronic image of a section of a transverse thin section made at the edge of Rhescuporis V' stater No. 524 (a), and a characteristic spectrum from the investigated section (b).

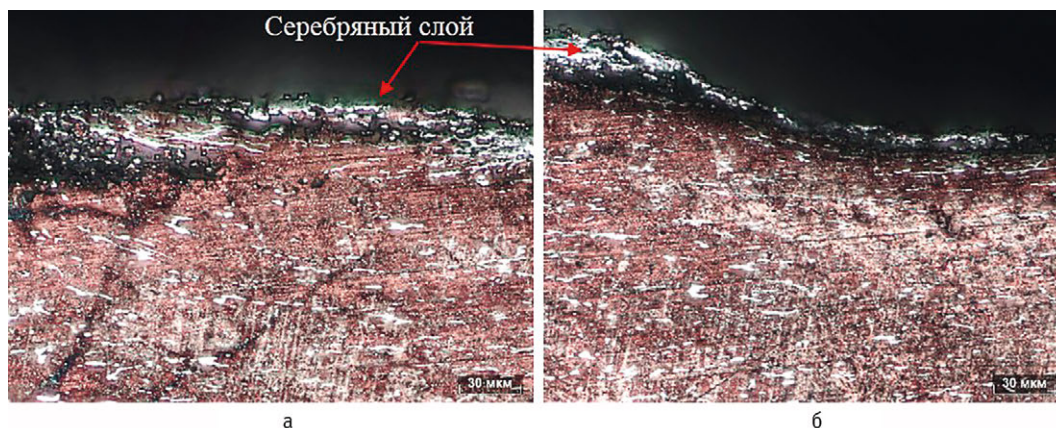


Рис. 60. Микроструктура поперечного шлифа, изготовленного с гурта статера Рескупорида V № 524. Увеличение $\times 500$.

Fig. 60. Microstructure of a transverse thin section made at the edge of Rhescuporis V' stater No. 524. Magnification $\times 500$.

Микроанализ поперечного шлифа, изготовленного с гурта статера № 524 Рескупорида V, выявил, что на поверхности монеты присутствует серебряный слой преимущественно толщиной от 1,5 до 3 мкм (рис. 60, а). Но в участках высокого рельефа монеты толщина этого слоя увеличивается до 15–30 мкм (рис. 60, б).

Результаты РСМА, проведенного методом набора спектра в локальных участках (рис. 61, а), демонстрируют, что в этом поверхностном слое общее

количество серебра составляет от 86 до 95% (рис. 61, б), а под ним располагаются участки, содержащие до 95% меди (рис. 61, в). Результаты картирования также свидетельствуют о наличии поверхностного слоя, содержащего практически чистое серебро (рис. 62, а), а распределение элементов по линии в наиболее типичных участках микроструктуры подтвердило, что на расстоянии приблизительно 3 мкм от поверхности содержание меди понижено, а содержание серебра повышено (рис. 62, б).

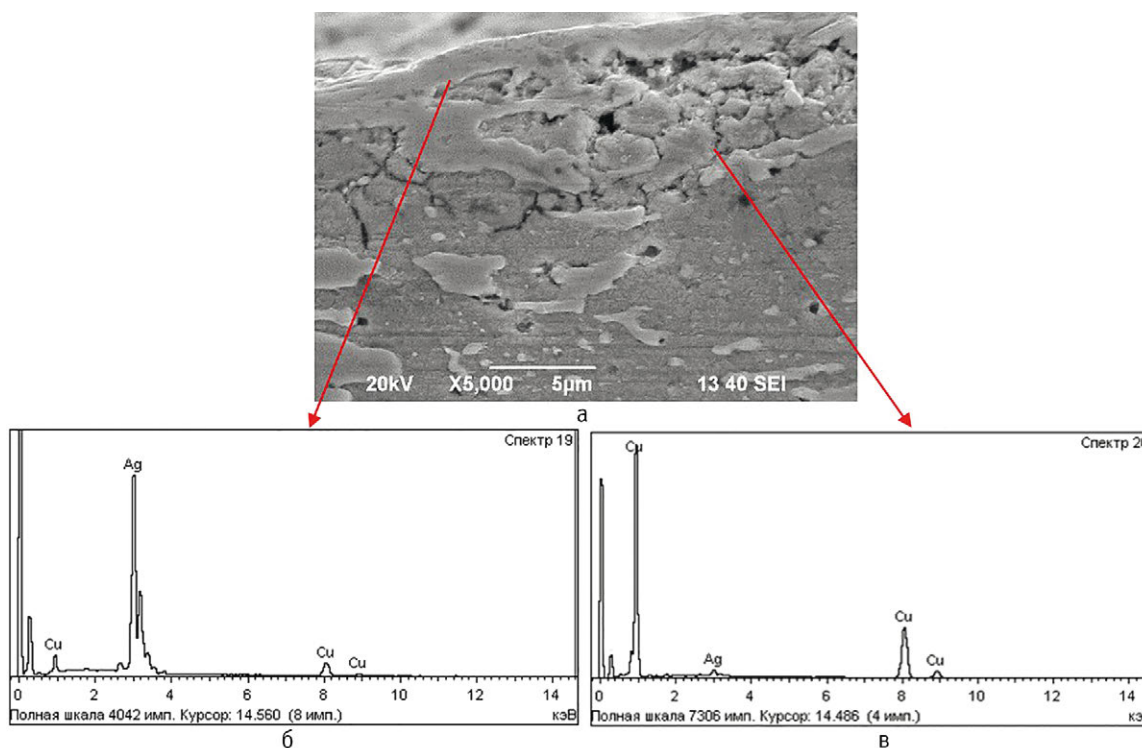


Рис. 61. Локальный РСМА вблизи поверхности поперечного шлифа, изготовленного с гурта статера Рескупорида V № 524.

Fig. 61. Local EPMA near the surface of a transverse thin section made at the edge of Rhescuporis V' stater No. 524.

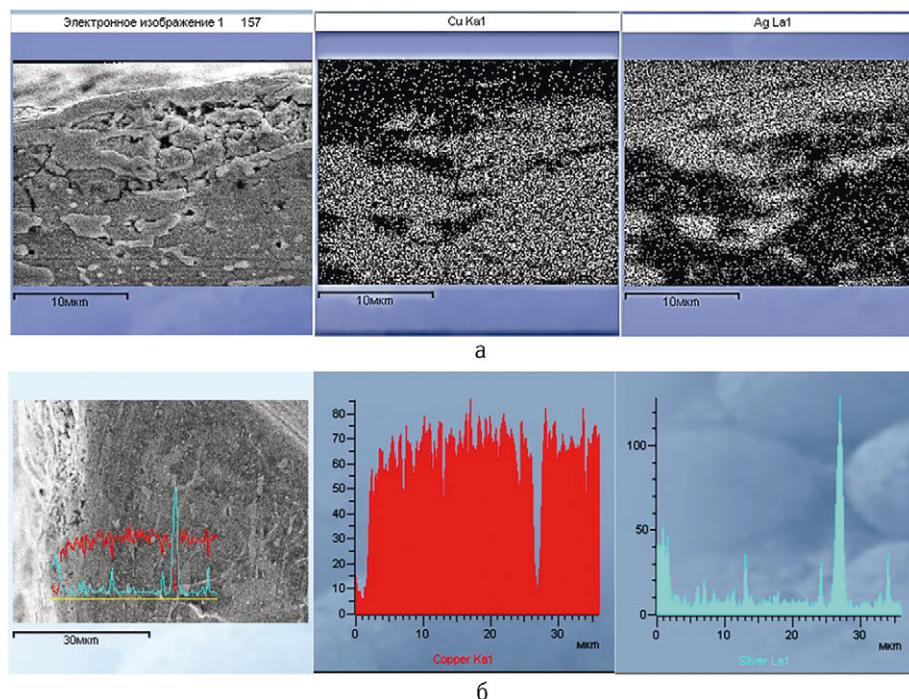


Рис. 62. Карта распределения меди и серебра (а) и распределение элементов по линии (б) в поперечном сечении гурта статера Рескупорида V № 524.

Fig. 62. Map of the distribution of copper and silver (a). Distribution of elements along the line (b) in the cross section of the edge of stater Rhescuporis V No. 524.

Детальный анализ микроструктуры поперечного шлифа выявил на поверхности монеты плотный слой, богатый серебром (рис. 63, а), под которым наблюдается слой, обогащенный медью, достаточно рыхлый (рис. 63, б). При этом имеются участки, в которых поверхностный слой, богатый серебром, отсутствует (рис. 63, в). Картирование поверхности поля монеты без рельефа, проведенное при больших увеличениях, подтвердило наличие локальных участков с пониженным содержанием серебра и повышенным содержанием меди (рис. 64).

Полученные результаты, очевидно, объясняются особенностями технологии изготовления монет, при которой серебро обогащало поверхность, а медь выводилась с поверхности в результате специальной операции. Фотографии микроструктуры поверхностного слоя (рис. 63) хорошо согласуются со схемой рафинирования поверхности статеров из сплава с низким содержанием серебра¹²⁰ (рис. 21).

Микроструктура поперечного шлифа, изготовленного с гурта статера № 2136 Фарсанза, представлена на рис. 65. Она, в целом, аналогична микроструктуре сплава монет Рескупорида V.

Серебро в структуре монетного сплава также присутствует в виде отдельных (эвтектических и вторичных) включений, где его количество составляет около 93% (рис. 66, б), и в виде твердого раствора в матрице, где его содержание не превышает 5% (рис. 66, в). Кроме того, в некоторых участках микроструктуры монетного сплава статера Фарсанза № 2136 встречаются отдельные включения, содержащие в своем составе до 50% Sn (рис. 66, г), которые также показаны выше на рис. 65.

Результаты РСМА, проведенного методом набора спектра по площади на участках в центре сечения статера Фарсанза № 2136, свидетельствуют об использовании монетного сплава Cu–Ag с содержанием до 10% Ag с добавлением олова (до 1%) (рис. 67).

¹²⁰ Сапрыкина, Пельгунова, Гунчина и др. 2017, 489, рис. 6.

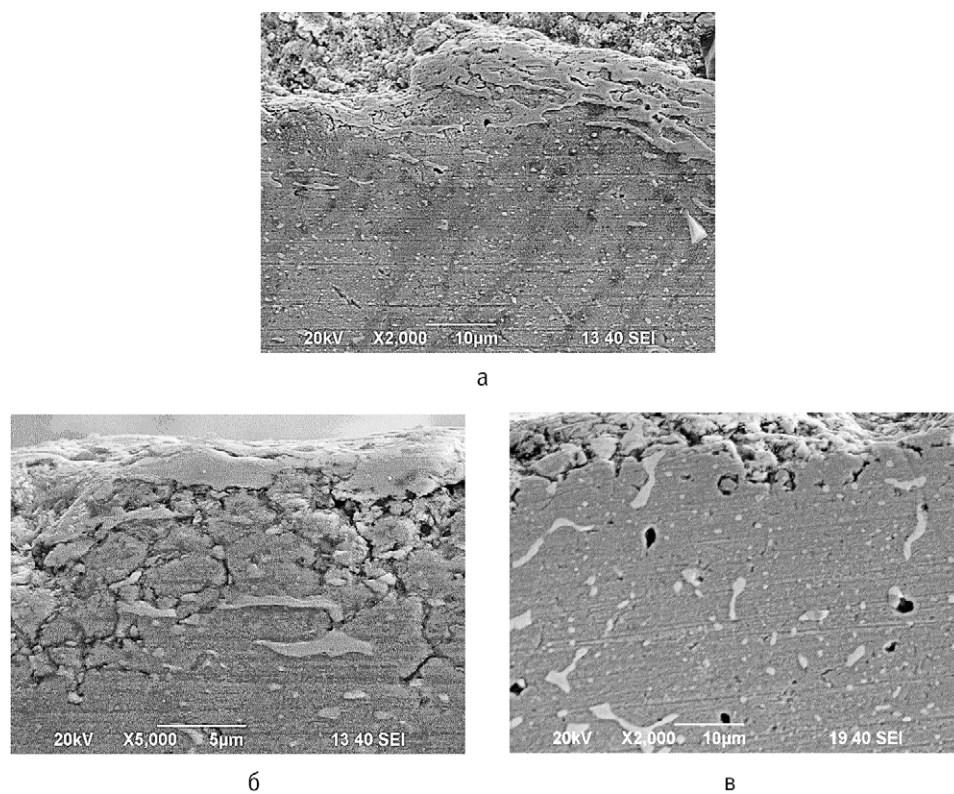


Рис. 63. Микроструктура вблизи поверхностного слоя в поперечном сечении гурта статера Рескупорида V № 524.
Fig. 63. Microstructure near the surface layer in the cross section of the edge of Rhescuporis V' stater No. 524.

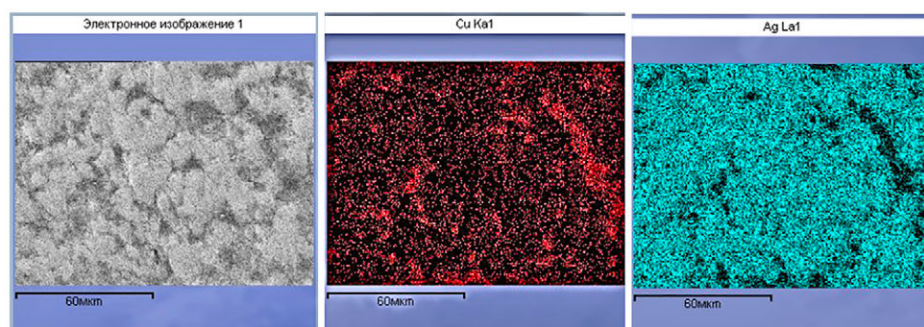


Рис. 64. Локализация распределения серебра и меди по поверхности статера Рескупорида V № 523.
Fig. 64. Localization of the distribution of silver and copper over the surface of Rhescuporis V' stater No. 523.

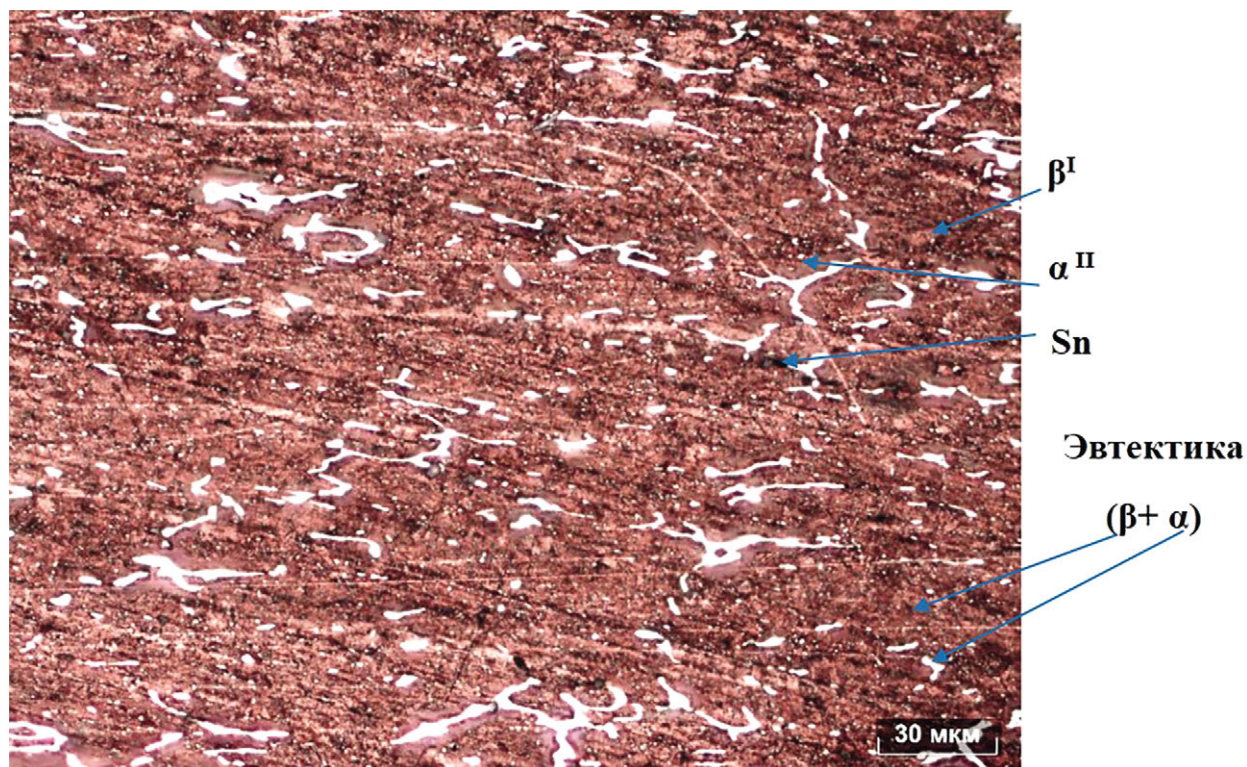


Рис. 65. Микроструктура поперечного шлифа, изготовленного с гурта статера Фарсанза № 2136.

Fig. 65. Microstructure of a transverse section made at the edge of Pharsanzes stater No. 2136.

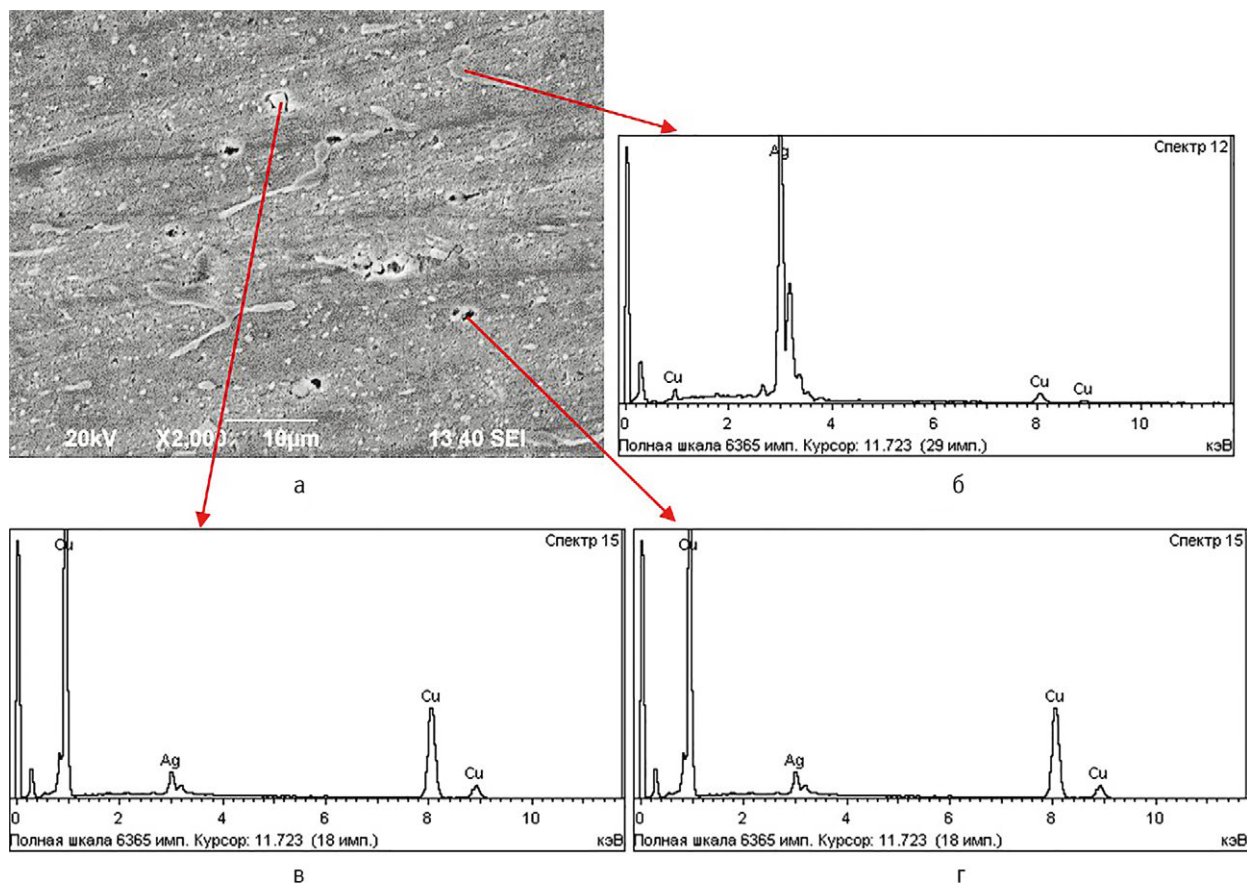


Рис. 66. Локальный РСМА в центре сечения статера Фарсанза № 2136.

Fig. 66. Local RSMA in the center of the section of Pharsanzes stater No. 2136.

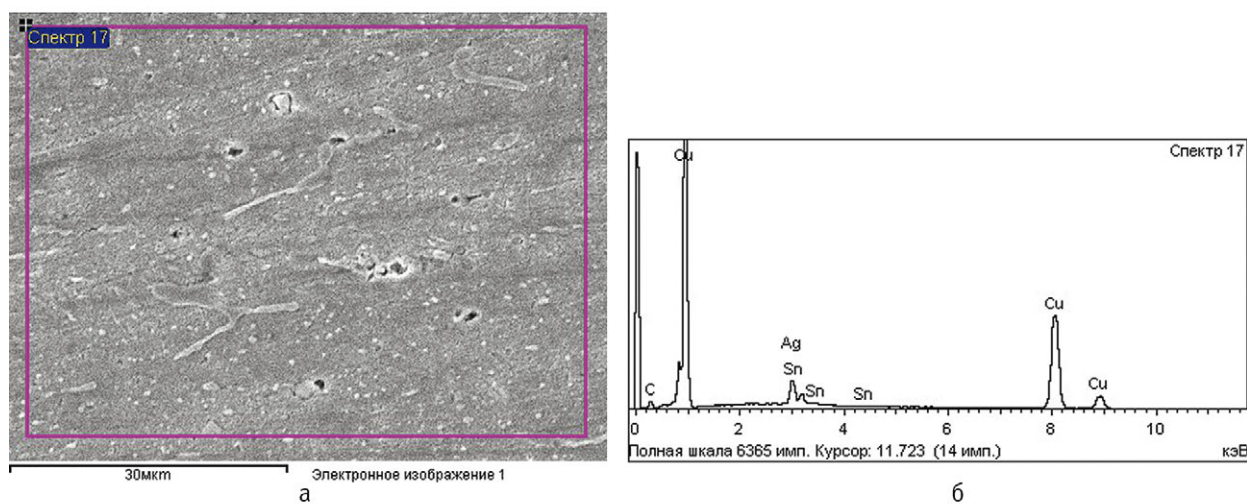


Рис. 67. Электронное изображение участка поперечного шлифа, изготовленного с гурта статера Фарсанза № 2136 (а), и характеристический спектр с исследуемого участка (б).

Fig. 67. Electronic image of a section of a transverse thin section made at the edge of Pharsanzes stater No. 2136 (a), and a characteristic spectrum from the investigated section (b).

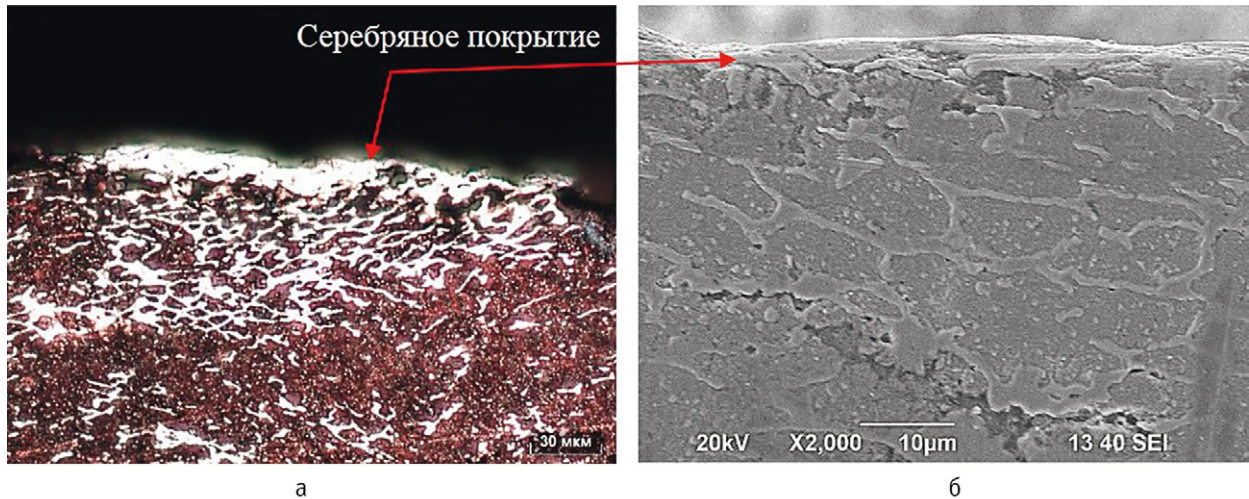


Рис. 68. Микроструктура поперечного шлифа, изготовленного с гурта статера Фарсанза № 2136. Увеличение $\times 500$.
Fig. 68. Microstructure of a transverse thin section made at the edge of Pharsanzes stater No. 2136. Magnification $\times 500$.

Микроанализ поперечного шлифа, изготовленного с гурта статера № 2136 Фарсанза, обнаружил, что серебро присутствует на поверхности монеты в виде слоя толщиной до 5–15 мкм (рис. 68), о чем также свидетельствуют результаты картирования (рис. 69). На римских монетах конца III – начала IV в. н.э. толщина слоя также составляет 5–10 мкм¹²¹ (см. ниже).

Результаты РСМА, проведенного методом набора спектра в локальных участках, показал, что

на поверхности присутствует серебряный слой, общее количество серебра в котором составляет до 95% (рис. 70, б). Под этим слоем располагается достаточно плотная основа монетного сплава; в отличие от основы, обнаруженной в монете Рескупорида V, она содержит практически чистую медь (до 95%) (рис. 70, в).

¹²¹ Esty 1991, 226.

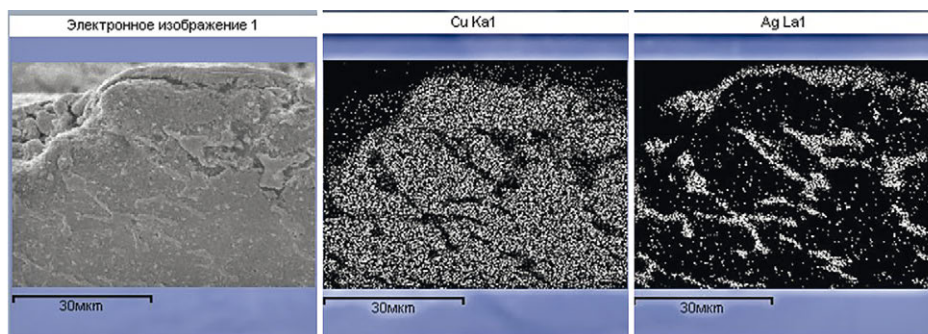


Рис. 69. Карта распределения меди и серебра в поперечном сечении гурта статера Фарсанза № 2136.

Fig. 69. Map of the distribution of copper and silver in the cross-section of the edge of Pharsanzes stater No. 2136.

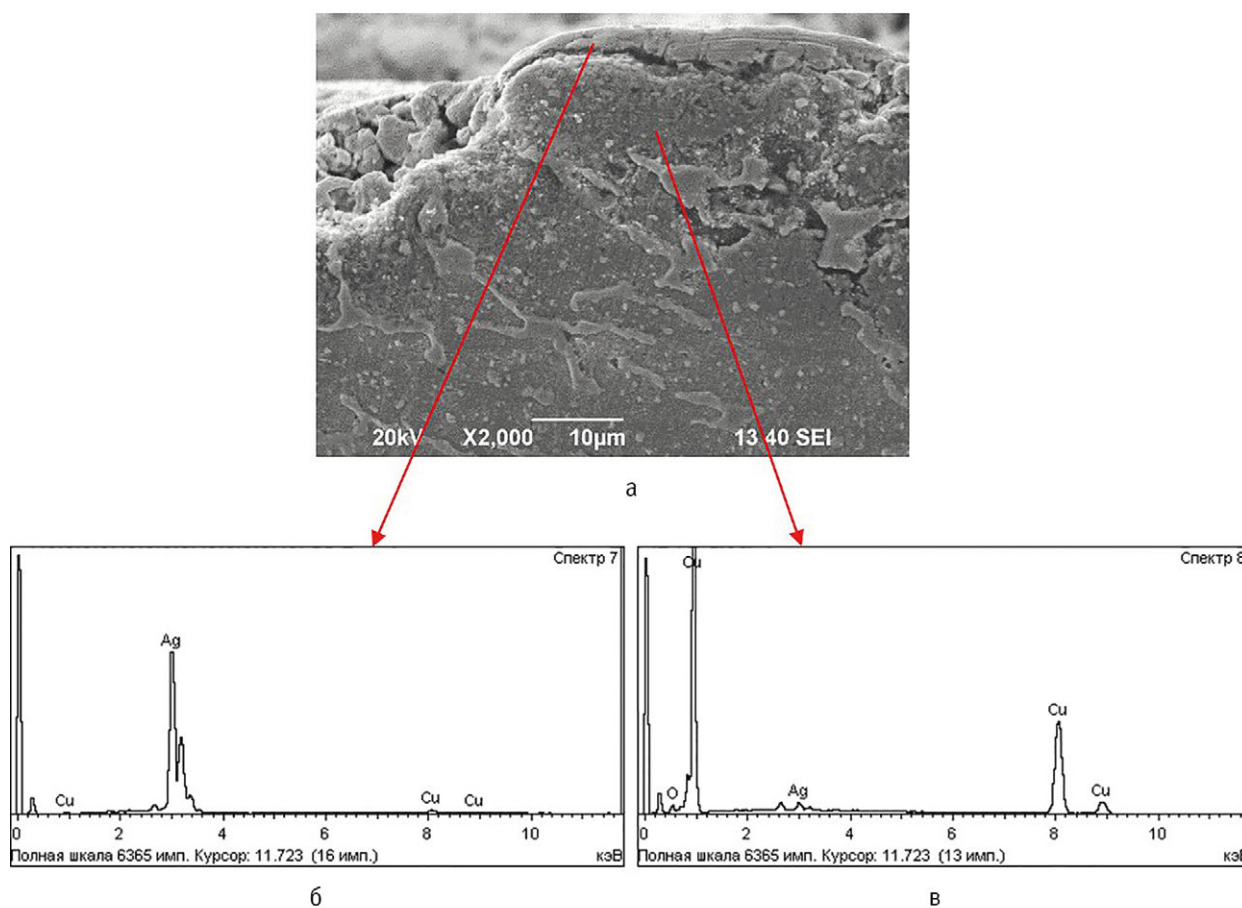


Рис. 70. Локальный РСМА в центре сечения статера Фарсанза № 2136.

Fig. 70. Local EPMA in the center of the section of Pharsanzes stater No. 2136.

Выводы

На основании анализа полученных результатов металлографического и микрорентгеноспектрального исследований статеров можно сделать следующие выводы:

– для изготовления статеров Рескупорида V 253/254 г. н.э. применялся сплав меди с серебром, включающий до 17% Ag, а повышенное содержание драгоценного металла на поверхности монет достигалось, предположительно, методом рафинирования;

– для чеканки статеров Фарсанза 253/254 г. н.э. использовался сплав меди с серебром и оловом, содержащий до 10% Ag и около 1% Sn. На поверхности монет выявлено серебряное покрытие толщиной до 10 мкм, которое было получено, по-видимому, методом нанесения из специальных паст;

– применение разных технологий производства статеров Рескупорида V и Фарсанза, скорее

всего, свидетельствует о чеканке их на разных дворах или, по крайней мере, не одновременно, если речь идет об едином дворе. Следовательно, Рескупорид V и Фарсанз не являлись соправителями, и последний, очевидно, на непродолжительный срок (менее года) узурпировал власть на Боспоре в 253/254 г. н.э. Установление факта изготовления статеров Фарсанза и Рескупорида V по разным технологиям, а также кратковременность правления Фарсанза заставляют вспомнить известный пассаж Зосима, в котором он обвиняет в пиратских набегах варваров с боспорской территории «ничтожных и недостойных правителей», пришедших к власти после прекращения старого царского рода (Zosim. I. 31. 3)¹²². После 254 г. н.э. все следы Фарсанза теряются, что, вероятно, объясняется его гибелью. Чеканка же Рескупорида V свидетельствует о том, что его правление, возможно, прерванное в 253–254 гг., продолжилось до 276/277 г. н.э.¹²³

¹²² Т. Моммзен (1995, 217, прим. 1) первым предположил, что Зосим, по-видимому, имел в виду Фарсанза.

¹²³ Смекалова, Абрамзон, Сапрыкина, Антипенко, Лобода и др. 2019, 396.

ГЛАВА 2

Технология чеканки последнего «серебра» Боспора (275–286 гг. н.э.)

Посеребренные медные статеры Рескупорида V, Савромата IV и Тейрана

В самом конце 571 г. б.э. (осенью 275 г. н.э.) после семилетнего перерыва возрождается боспорская чеканка. Рескупорид V выпускает посеребренные статеры с ошибочной датой АЭФ – 561 г. б.э. = 264/265 г. н.э. (вместо АОФ – 571 г. б.э. = 274/275 г. н.э.)¹²⁴ (рис. 71, № 1074). Вопрос датировки этих монет, отчеканенных общим штемпелем л.с. со статерами Рескупорида V с датами ВОФ (275/276 г. н.э.) и ГОФ (276/277 г. н.э.) и Тейрана с датой ВОФ, долго оставался предметом дискуссии¹²⁵. Новые данные о металле таких статеров из Фанагорийского клада 2011 г. (фиксация наличия серебряного покрытия и присутствия 5–9% серебра в сплаве) заставляют бесспорно считать последовательными выпуски АЭФ и ВОФ. Это подтверждает предложенную В.А. Анохиным датировку монет АЭФ самым концом 571 г. б.э., когда Рескупорид V мог получить право на возобновление чеканки от Тацита, вступившего на трон 25 сентября 275 г. н.э.¹²⁶

В 275/276 г. н.э. статеры из подобного сплава чеканят три царя: Рескупорид V, Савромат IV и Тейран (рис. 71, № 2132, 2155, 2242). Возможно, военный кризис на Боспоре вынудил Рескупорида V разделить власть с соправителями. Сведений о характере правления на Боспоре трех царей в 572–574 гг. б.э. нет, но нумизматические источники опровергают предположение о внутренней борьбе

на Боспоре в эти годы¹²⁷. Одновременную чеканку статеров этими правителями логичнее объяснять расчленением Боспорского царства на три части, каждую со своим царем. Назначение соправителей происходит накануне или во время последнего морского похода, организованного сарматами, аланами и готами из Приазовья в римские провинции. Рейд следует относить к 276 г. н.э.; Рим и Боспор проводили морские операции против коалиции племен¹²⁸. Во Фракии варвары потерпели поражение от Тацита (275–276 гг.), а в Малой Азии против них оперировал Флориан (276 г. н.э.). Погрузившись на корабли у берегов Малой Азии, участники рейда были разбиты на обратном пути у берегов Боспора Киммерийского Тейраном (КБН 29).

Статеры всех трех правителей однотипны по стилю и иконографии, фактуре, метрологии и технике изготовления. Они отчеканены из сплава меди с небольшим содержанием серебра (до 10%). Бесспорно, монеты выпущены на одном монетном дворе – в Пантикапее. Фанагорийский клад предоставляет самый главный аргумент в пользу этого – статеры Рескупорида V (№ 1074–1099, 12132) и Тейрана (№ 2238) 572 г. б.э., отчеканенные общим штемпелем о.с. (рис. 72). Статеры Савромата IV, битые тем же штемпелем о.с., не известны.

Монеты трех царей находились в денежном обращении одновременно, о чем свидетельствуют совместные их находки в четырех кладах последней четверти III – начала IV в. н.э.: Тиритакском 1937 г.¹²⁹, Батарейском 1958 г.¹³⁰, Судакском

¹²⁴ Анохин 1986, № 716. На сайте Каталог-архив «Монеты Боспора» такие статеры неслучайно фигурируют как «билонные»: АЭФ – <https://bosporan-kingdom.com/716-4402/12.html> и далее; ВОФ – <https://bosporan-kingdom.com/717-4843/4.html> и далее; ГОФ – <https://bosporan-kingdom.com/718-4740/1.html>.

¹²⁵ См. Абрамзон, Кузнецов 2017, 39–40 (с библиографией).

¹²⁶ Анохин 1986, 124.

¹²⁷ Гайдукевич 1949, 452–453.

¹²⁸ Хайрединова 1994, 522.

¹²⁹ Абрамзон, Фролова 2007–2008, 404–445.

¹³⁰ Абрамзон, Фролова 2007–2008, 445–452.



Рис. 71. Фанагорийский клад 2011 г. Статеры Рескупорида V, Савромата IV и Тейрана 274/5 и 275/6 гг. н.э., содержащие серебро в сплаве.

Fig. 71. Phanagoria 2011 Hoard. AD 274/5 and 275/6 staters of Rhescuporis V, Sauromates IV, and Teiranes, containing silver in the alloy.



Рис. 72. Статеры Рескупорида V и Тейрана 275/6 г. н.э., битые общим штемпелем реверса.

Fig. 72. AD 275/6 staters of Rhescuporis V and Teiranes struck with same reverse die.

1958 г.¹³¹ и Фанагорийском 2011 г.¹³² Таким образом, нумизматические данные позволяют уверенно утверждать, что они были соправителями, а не соперниками. С другой стороны, клады свидетельствуют, что темпы чеканки каждого из трех царей в 275/276 г. н.э. были различными¹³³. Это позволяет детализировать загруженность мастерских боспорского монетного двора в этом году, отмеченном бурными событиями в Причерноморье. Если возобновленная после семилетнего перерыва чеканка Рескупорида V отмечена достаточно весомым числом учтенных статеров 571 г. б.э. – более 80 экз.¹³⁴, то от 572 г. б.э. их известно чуть более десятка¹³⁵. Зато чеканка Савромата IV в 572 г. б.э. велась наиболее интенсивно (к настоящему моменту зарегистрировано более 230 экз.¹³⁶), что, возможно, говорит о ее большей продолжитель-

ности по сравнению с чеканкой Тейрана того же года (на сегодня известно более полусотни экз.)¹³⁷.

Технология обогащения серебром поверхности новых (медных) статеров после 275 г. н.э. абсолютно отличается от биллона Рескупорида V 242/243–267/268 гг. и скорее близка к римским монетам того времени. Дефицит серебра для чеканки денег для обеспечения военных операций против племен, вторгающихся на территорию Римской империи и клиентского Боспора, и инфляция вынуждают 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 четвертей III в. н.э. протекали сходные кризисные процессы. Новейшие исследования показывают, что после 275 г. н.э. в боспорской и римской чеканках применяются близкие пропорции серебра в монетных сплавах и, возможно, общие технические приемы серебрения монет – знаков условной стоимости.

Химический состав медных статеров Рескупорида V, Савромата IV и Тейрана и техника их серебрения с 275 г. н.э. оставались слабо изученными до открытия Фанагорийского клада 2011 г. Прежние исследования химического состава металла ограничивались очень небольшой выборкой с применением доступной в то время приборной базы¹³⁸, что вело к недостаточно верифицированным выводам. Так, например, утверждалось, что в 275/276 г. н.э. состоялся последний выпуск статеров Савромата IV и Тейрана с содержанием серебра 50%; далее серебро постепенно исчезает из состава металла боспорского статера, и его место занимают сначала медь, а затем все увеличивающиеся пропорции олова и свинца¹³⁹. Анализ химического состава металла

¹³⁷ Абрамзон, Кузнецов 2017, 44–46.

¹³⁸ Исследования монет из Государственного Эрмитажа в конце 1990-х гг. проводились на анализаторе «АР-104», выпущенном на Санкт-Петербургском предприятии геофизического приборостроения «Геологоразведка».

¹³⁹ Фролова 1997б, 72–73, 148. Данные Фанагорийского клада 2011 г., в котором монет Савромата IV и Тейрана содержится вдвое больше, чем было известно до сих пор, не подтверждают информацию о том, что содержание серебра в статерах этих царей составляло более 50%. Лишь в одном статере Савромата IV содержание серебра в разных точках поверхности варьируется от 8,35 до 35,28% (Сапрыкина, Гунчина 2017, 427, № 2222), что связано с особенностями техники изготовления статеров.

¹³¹ Абрамзон, Фролова 2007–2008, 453–467.

¹³² Абрамзон, Кузнецов 2017; Abramzon, Kuznetsov 2019.

¹³³ Абрамзон, Кузнецов 2017, 46, рис. 23.

¹³⁴ 27 экз. из Фанагорийского клада, 22 – зарегистрированы на сайте Каталог-архив «Монеты Боспора», более 30 – Н.А. Фроловой (1997б, 268–269).

¹³⁵ Фанагорийский клад – 1 экз.; Н.А. Фролова – 6 (1997б, 275); Каталог-архив «Монеты Боспора» – 4 экз.

¹³⁶ Абрамзон, Кузнецов 2017, 46, прим. 224.

экземпляров из ГЭ так же привел исследователей к выводу о том, что со времени Савромата IV и Тейрана статеры окончательно потеряли в своем составе драгоценные металлы и стали чеканиться из свинцово-оловянной бронзы с большим содержанием свинца¹⁴⁰. Данные выводы нуждаются в корректировке.

Статеры Рескупорида V 274/275 и 275/276 гг. н.э.

Анализ химического состава металла статеров Рескупорида V 274/275 и 275/276 гг. н.э. показал варьирование серебра в медном сплаве монет в пределах от 4,49 (min) до 10,04% (max), при среднем значении в 5–9% (рис. 73). Зафиксировано присутствие микропримесей золота, олова, свинца, мышьяка, сурьмы и никеля.

Таблица 12. Элементный состав сплава статеров Рескупорида V 274/275 и 275/276 гг. н.э. из Фанагорийского клада 2011 г.¹⁴¹

Table 12. Elemental composition of AD 274/275 and 275/276 Rhescuporis V' staters alloy from the Phanagoria 2011 hoard.

№	№ монеты в клада	Ag %	Cu %	Au %	Sn %	Pb %	Sb %	Ni %
274/275 г. н.э.								
1	1074	9.41	89.97	0.07	0.10	0.28	0.14	0.03
2	1075	10.04	88.98	0.10	0.00	0.30	0.00	0.16
3	1076	7.19	91.28	0.00	1.01	0.41	0.00	0.00
4	1077	9.30	90.07	0.06	0.09	0.29	0.08	0.03
5	1078	5.31	93.73	0.04	0.22	0.32	0.06	0.04
6	1079	4.96	93.99	0.10	0.38	0.38	0.09	0.04
7	1080	4.69	94.42	0.07	0.27	0.40	0.08	0.04
8	1081	5.26	93.69	0.11	0.44	0.35	0.07	0.03
9	1082	6.40	92.59	0.04	0.49	0.33	0.09	0.04
10	1083	5.70	93.05	0.15	0.75	0.20	0.09	0.05
11	1084	7.44	91.18	0.10	0.22	0.89	0.12	0.04
12	1085	4.49	94.76	0.06	0.30	0.25	0.08	0.04
13	1086	4.64	94.55	0.04	0.46	0.18	0.08	0.03
14	1087	5.27	93.89	0.09	0.37	0.22	0.07	0.04
15	1088	5.76	93.65	0.08	0.14	0.18	0.09	0.04
16	1089	6.12	93.14	0.14	0.20	0.25	0.09	0.04
17	1090	6.30	92.56	0.18	0.47	0.36	0.09	0.04
18	1091	5.70	93.35	0.14	0.38	0.29	0.06	0.05
19	1092	5.43	93.88	0.15	0.25	0.17	0.06	0.04
20	1093	6.77	92.09	0.18	0.48	0.35	0.10	0.03
21	1094	4.98	93.88	0.11	0.56	0.34	0.07	0.05
22	1095	4.68	94.52	0.12	0.44	0.09	0.04	0.05
23	1095a	6.81	92.31	0.17	0.29	0.22	0.09	0.04
24	1096	7.97	91.26	0.22	0.17	0.21	0.13	0.04
25	1097	4.82	94.44	0.10	0.29	0.22	0.08	0.04
26	1098	5.47	93.57	0.14	0.35	0.35	0.08	0.03
27	1099	6.09	93.35	0.15	0.17	0.13	0.06	0.04
275/276 г. н.э.								
28	2132	5.44	93.14	0.04	0.58	0.73	0.09	0.04

¹⁴⁰ Смекалова, Дюков 2001, 91, 96, 103.

¹⁴¹ Все статеры биты одним штемпелем л.с.

Состав металла статеров АЭФ (табл. 12, № 1–27) и ВОФ (№ 28) практически одинаков; олово и свинец присутствуют на уровне микропримесей.

Выделяется группа статеров с содержанием серебра от 7 до 10% (№ 1–4, 11, 24).

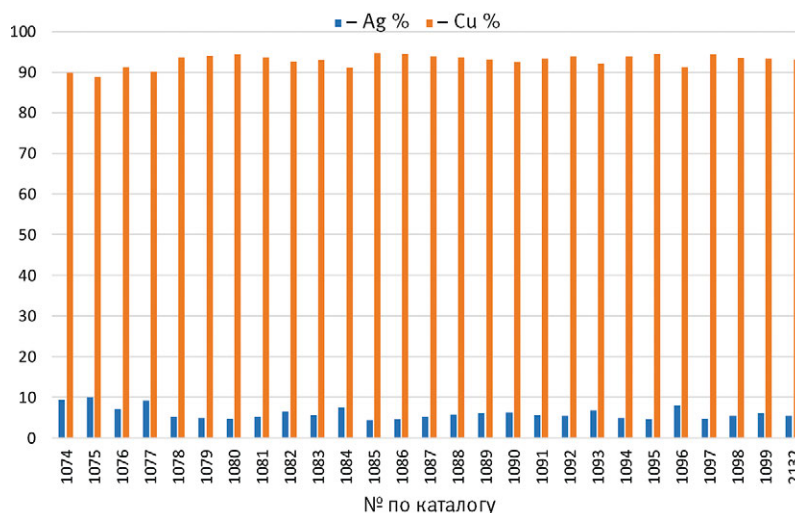


Рис. 73. Гистограмма распределения серебра в сплаве статеров Рескупорида V 274/275 и 275/276 гг. н.э. (среднее значение).

Fig. 73. Histogram of silver distribution on the surface of AD 274/275 and 275/276 Rhescuporis V' staters (an average).

Статеры Савромата IV

Анализ химического состава металла статеров Савромата IV показал, что содержание серебра в медном сплаве монет варьирует в пределах от 3,62 (min) до 35,28% (max), при среднем значении

в 5–9%. Помимо серебра зафиксировано присутствие микропримесей золота, олова, свинца, мышьяка, сурьмы и никеля в тех же количествах, что и в статере Рескупорида V № 2132.

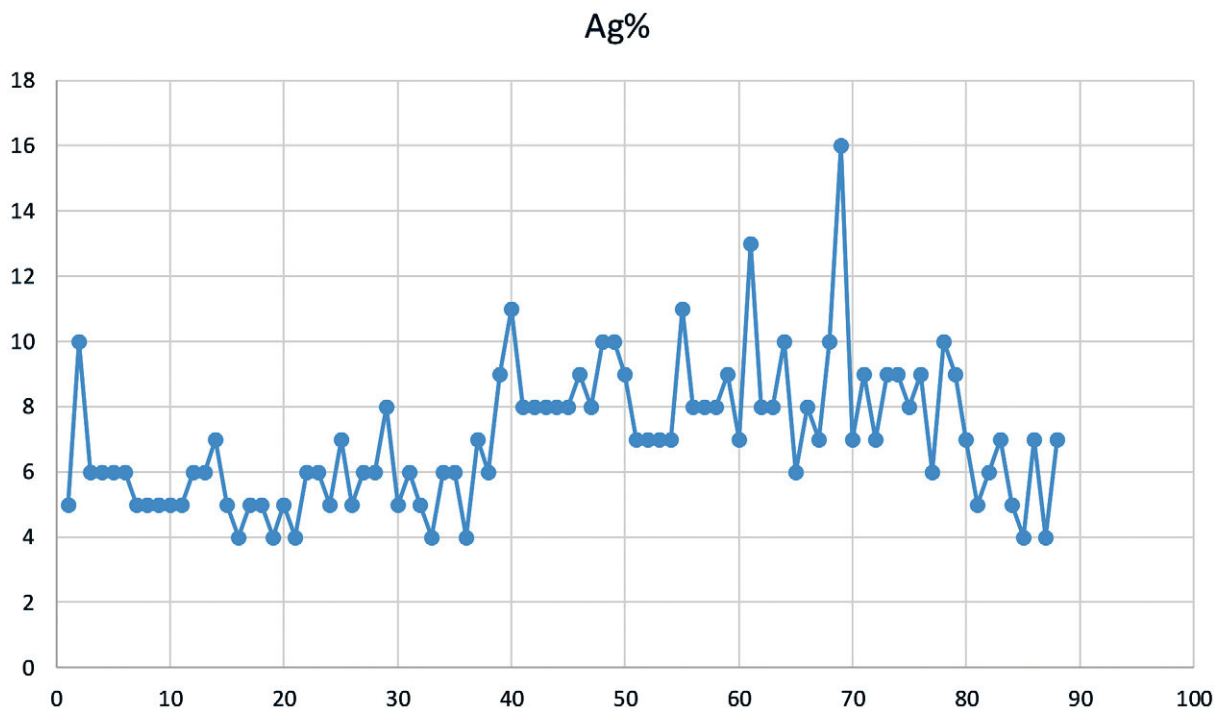


Рис. 74. Гистограмма распределения серебра на поверхности статеров Савромата IV (среднее значение).

Fig. 74. Histogram of silver distribution on the surface of Sauromates IV' staters of (an average).

Несмотря на незначительную вариативность содержания серебра в меди, можно заключить, что наименьшее количество серебра (5–6%) со- держится в монетном сплаве выпусков Савромата IV, на реверсе которых помещен только портрет Тацита¹⁴² (№ 2149–2185) (рис. 75, № 2158). В выборке присутствуют 37 экз. с содержанием серебра менее 5% (№ 2149, 2155, 2156, 2164, 2178, 2180, 2181, 2184), и один – менее 4% (№ 2167).

Наивысшее количество серебра (среднее значение 8–10%) содержат статеры с орлом на колонне¹⁴³ (27 монет, № 2186–2212), выпуск которых, скорее всего, носил триумфальный характер и, возможно, был посвящен победе флота Тацита над кораблями готов и герулов в Понте¹⁴⁴ (рис. 75, № 2187). В этой группе содержание серебра редко опускается ниже 7–8%, достигая максимально >11% (№ 2193, 2196) и даже >14% (№ 2189) (рис. 76).

В третьей группе статеров – с изображением императора и орла на сфере¹⁴⁵ (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 количество серебра в статерах Савромата IV выше, чем в металле монет Тейрана,

в котором фиксируется стабильное содержание серебра в пределах 5–7%¹⁴⁶.

Содержание серебра на поверхности ряда статеров Савромата IV хаотично, варьируясь от 8,4 до 21,1% (№ 2189); от 7,78 до 19,20% (№ 2214) или от 8,35 до 35,28% (№ 2222). Все статеры этого царя отличаются темно-серый цвет поверхности, контрастирующий с биллонными статерами Рескупорида V, имеющими серебристый цвет и блеск при сопоставимых значениях серебра в металле¹⁴⁷. Микроскопическое исследование поверхности статеров Савромата IV выявило небольшие по площади участки, визуальнo характеризующиеся серым цветом, характерным для хлористого или сернистого серебра¹⁴⁸. Сопоставление данных по максимальному содержанию серебра на поверхности анализируемых статеров и участков наиболее интенсивного цвета показало их совпадение¹⁴⁹. Проверка была выполнена при исследовании отдельных статеров на РФА-спектрометре M4 Topnado (Bruker). Установлено, что максимальные концентрации серебра действительно совпадают с участками светло-серого цвета на поверхности исследованных статеров, выявленных при микроскопическом исследовании (рис. 78).

¹⁴² Sear 2001, No. 5501; Фролова 1997б, LXIV, 4–20; LXV, 1–12а.

¹⁴³ Фролова 1997б, LXIII, 19–27; LXIV, 1–3.

¹⁴⁴ Интерпретацию типологии Савромата IV см. Абрамзон, Кузнецов 2017, 47–51.

¹⁴⁵ Фролова 1997б, LXIII, 10–18.

¹⁴⁶ Такое содержание серебра в статерах Тейрана в целом коррелирует с данными, полученными при анализе поверхности римских монет III–IV вв. н.э., для которых было отмечено частичное истирание верхнего слоя см. Klockenkamper, Bubert, Hasler 1999, 318.

¹⁴⁷ Здесь имеются в виду максимальные значения содержания серебра в статерах Савромата IV.

¹⁴⁸ Данилевский, Тихонов, Фармаковский 1935, 107.

¹⁴⁹ Сопоставление проводилось благодаря имеющейся в программном обеспечении XSpec Bruker опции фотографирования участка проведения анализа по методу РФА. Сапрыкина, Гунчина и др. 2017, 280–281.



Рис. 75. Фанагорийский клад 2011 г. Статеры Савромата IV разных типов.

Fig. 75. Phanagoria 2011 Hoard. Sauromates IV' staters of different types.



Рис. 76. Фанагорийский клад 2011 г. Статеры Савромата IV с наивысшим содержанием серебра.
Fig. 76. Phanagoria 2011 Hoard. Sauromates IV' staters with the highest silver content.

Ag % в статерах с орлом на колонне

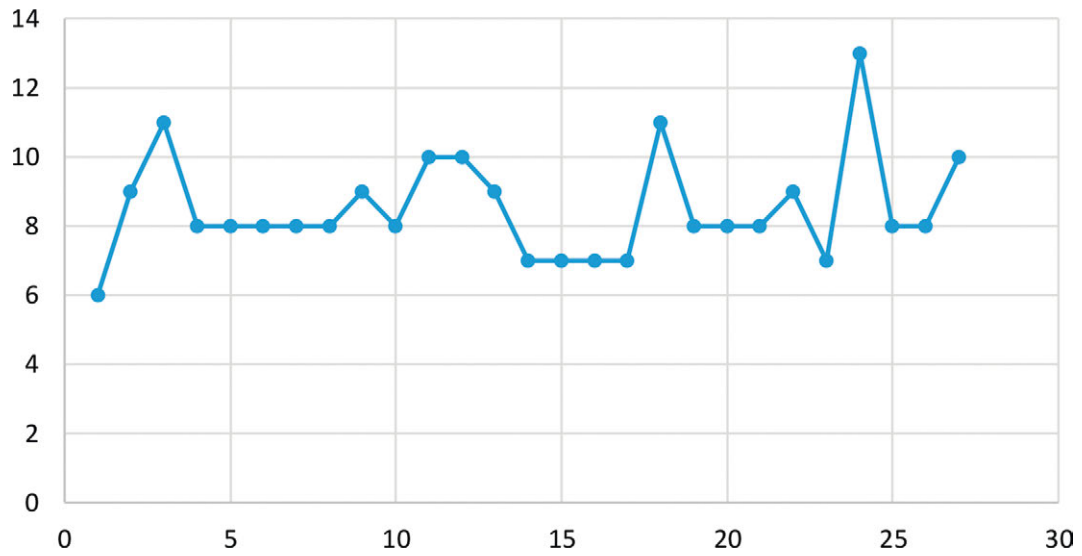


Рис. 77. Гистограмма содержания серебра в статерах Савромата IV №№ 2186–2212 типа *Анохин* 2011, № 2094.
Fig. 77. Histogram of silver content in Sauramates IV' staters Nos. 2186–2212 of the type *Anokhin* 2011, No. 2094.

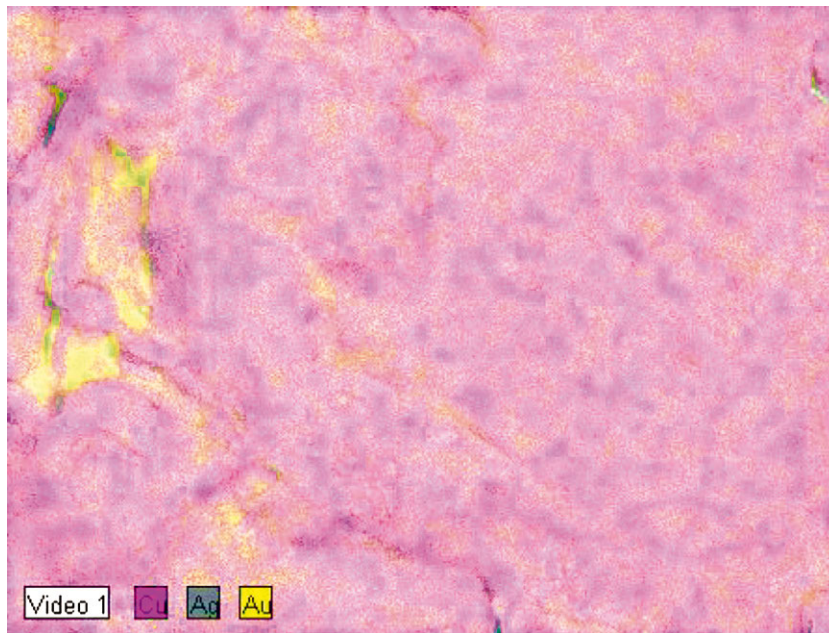


Рис. 78. Распределение пары Ag–Au на поверхности статера Савромата IV № 2151.
Fig. 78. Distribution of Ag–Au on the surface of Sauromates IV' stater No. 2151.



Рис. 79. Статеры Тейрана из Фанагорийского клада 2011 г.
Fig. 79. Teiranes' staters from the Phanagoria 2011 Hoard.

Статеры Тейрана

Стабильно низкое содержание серебра в пределах 5–7% фиксируется для всех монет Тейрана (275/276–278/279 гг. н.э.); примерно столько же серебра, как показано выше, содержат статеры Рескупорида V и Савромата IV¹⁵⁰. Однако имеются отдельные монеты Тейрана, для которых фиксируется заметная вариативность в содержании серебра: например, от 5,16 до 18,46% (№ 2285). Микроскопическое исследование подобных монет выявило, что на их поверхности сохраняются небольшие по площади участки, отличающиеся сероватым цветом.

Наименьшее количество серебра (около 4,5%) содержит статар № 2237 с датой ГЭФ – 563 г. б.э. = 266/267 г. н.э. (рис. 79, № 2237). Статеры с такой датой, представляющие исключительную редкость¹⁵¹, до сих пор никогда не апробирывались. Недавно мы аргументировали, что статеры ГЭФ были выпущены в 276/277 г. н.э.¹⁵²

¹⁵⁰ Такое содержание серебра в статерах этих царей в целом коррелирует с данными, полученными при анализе поверхности римских монет III–IV вв. н.э., для которых было отмечено частичное истирание верхнего слоя, следствием чего было более низкое процентное содержание серебра на поверхности истертых монет, приобретавшей красноватый оттенок, и более высокое содержание серебра и яркий серебристый внешний вид монет лучшей сохранности. См. Klockenkamper, Bubert, Hasler 1999, 318.

¹⁵¹ К настоящему моменту зарегистрировано всего четыре экземпляра; все они отчеканены одной парой штемпелей. Клады Батарейский 1958 г. и Фанагорийский 2011 г. содержат по одной такой монете, два экземпляра зарегистрированы в электронном каталоге «Монеты Боспора». См. Абрамзон, Кузнецов 2017, 41; <https://bosporan-kingdom.com/727-4878/1.html>; <https://bosporan-kingdom.com/727-4878/2.html>.

¹⁵² См. Абрамзон 2020. Эта эмиссия дала повод для целого ряда сомнительных исторических интерпретаций: гипотезы об узурпации всей власти Тейраном, либо его правлении в азиатской части Боспора в 266/267 г.; назначении его Рескупоридом V соправителем и т.д. (Крутликowa 1966, 119; Фролова 1997б, 59–62, 73–74; Яйленко 2002, 321; Абрамзон, Кузнецов 2017, 41). Между тем, еще А.А. Ашрафиан (1982, 70) утверждал, что лицевой штемпель статера 563 г. б.э. из Батарейского клада 1958 г. применялся для чеканки статеров Тейрана 572 и 573 гг. б.э., а, следовательно, был изготовлен в 572 или 573 гг., но резчик ошибочно вырезал на месте десятков знак предшествующего десятилетия. Эту точку зрения поддержал и В.А. Анохин, заметивший, что в таком случае снимается предположение о чеканке Тейрана в 563 г., на котором настаивает Н.А. Фролова (Анохин 1986, 124). Фанагорийский клад 2011 г. впервые дал уникальную возможность поставить точку в данной дискуссии. Во-первых, он включает 10 статеров 573 г., отчеканенных лицевым штемпелем 563 г. (№ 2325–2334) и двумя штемпелями реверса. По стилю и технике исполнения эти статеры 563 и 573 гг. б.э. не отличаются. Во-вторых, состав сплава статеров 563 и 573 гг. б.э., отчеканенных общим лицевым штем-

Присутствие серебра в данном выпуске явно неслучайно. Оно коррелирует с количеством серебра (3–4,9%), например, в пореформенных посеребренных антонинианах Галлиена 260–268 гг., часто выглядевших как обычные медные монеты¹⁵³. Возможно, статеры ГЭФ также имели серебряное покрытие, но для выявления его следов требуются дополнительные исследования.

В остальных статерах 276/277 г. н.э. (79 экз.) фиксируется наивысшее содержание серебра – в среднем 6–7%. На этот год приходится и самая обильная эмиссия Тейрана. Максимальная интенсивность чеканки в этом году объясняется потребностью царя в средствах для обеспечения его военных операций против герулов и готов, которые осенью того года после разгрома их Флорианом возвращались на север через Боспор¹⁵⁴.

Металлографическое исследование статера Тейрана № 2240¹⁵⁵ показало, что на его поверхности отсутствует обогащенный серебром слой, а в толще самой монеты серебро распространено крайне дисперсно (его реальное содержание в металле монеты гораздо меньше)¹⁵⁶ (рис. 82).

Анализ ряда статеров Тейрана (так же как и соправителей, см. выше) по нескольким точкам выявил небольшой разброс в концентрации серебра, содержание которого для разных участков некоторых экземпляров может варьироваться от 5 до 11% (№ 2268, 2282), от 4–5 до 14% (№ 2302, 2313), от 5 до 18% (№ 2285) и т.д. Такие скачки содержания серебра указывают на обогащение им поверхностного слоя статеров Тейрана и Савромата IV по аналогии с римскими монетами 270–280-х гг. н.э. – антонинианами Аврелиана, Тацита, Флориана и др.¹⁵⁷ (см. ниже).

пелем, идентичен: Cu (в среднем) – 92%, Ag – около 5–7%. Таким образом, в 266/267 г. н.э. Тейран не был соправителем Рескупорида V и не чеканил монет, и выпуск ГЭФ принадлежит 573 г. б.э.

¹⁵³ К самому концу правления Галлиена содержание серебра в антонинианах 6-го выпуска в Риме упало до менее 3%. См. King 1989, 290–291.

¹⁵⁴ Фролова 1997б, 73; Абрамзон, Кузнецов 2017, 52–53.

¹⁵⁵ Авторы выражают искреннюю признательность сотруднику ГОСНИИР И.Г. Равич за проведение металлографического анализа серии монет из состава Фанагорийского клада 2011 г.

¹⁵⁶ Содержание серебра на поверхности этой монеты по данным РФА составляет 4,98–10,5%.

¹⁵⁷ Для римских монет снижение содержания серебра в металле фиксируется, начиная с 250-х гг.: оно колеблется от 5 до 20%. См. King, Northover 1997, 73–78; Vlachou, McDonnell, Janaway 2002; Deraisme, Beck, Pilon, Barrandon 2006. При Аврелиане содержание серебра в римских моне-

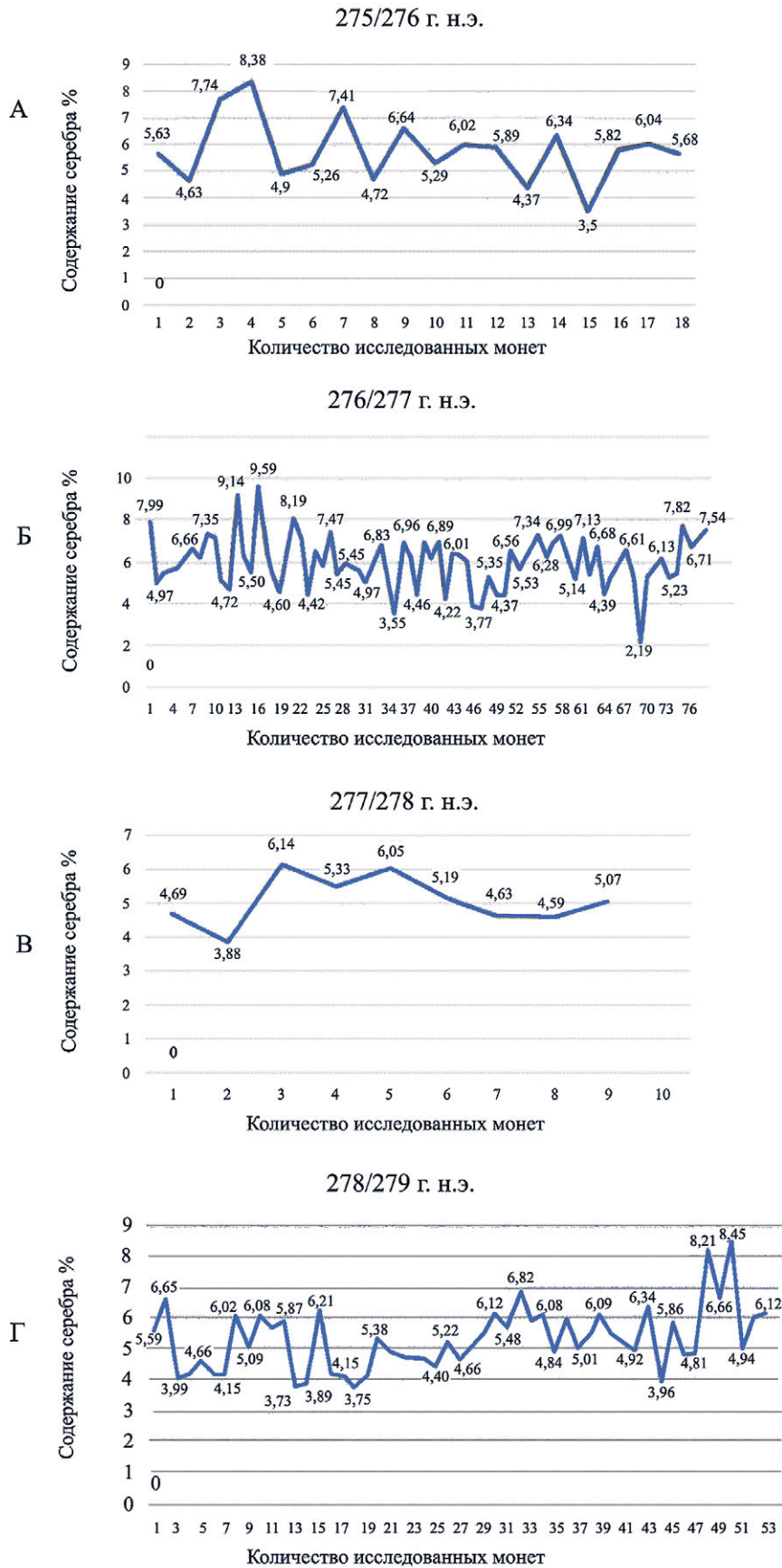


Рис. 80. Содержание серебра в статорах Тейрана (Фанагорийский клад 2011 г.).

Fig. 80. Silver content in staters of Teiranes (Phanagoria 2011 Hoard).

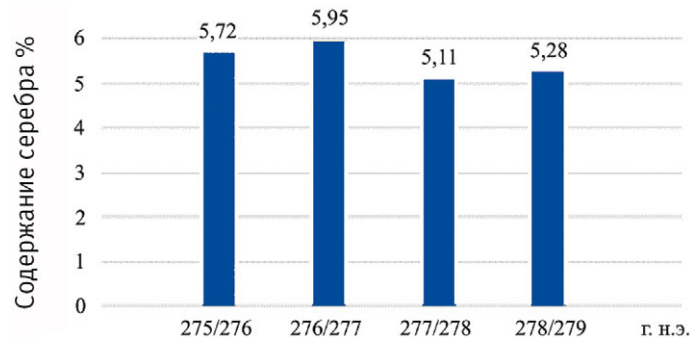


Рис. 81. Гистограммы среднего содержания серебра в статерах Тейрана (Фанагорийский клад 2011 г.).

Fig. 81. Histograms of average silver content in stateres of Teiranes (Phanagoria 2011 Hoard).

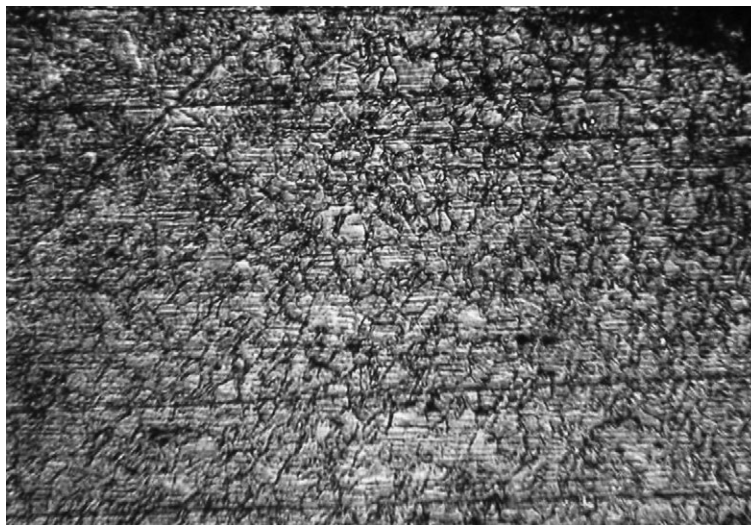


Рис. 82. Структура краевой зоны статера Тейрана № 2240. Увеличение $\times 450$.

Fig. 82. The structure of the edge zone of the Teiranes' stater No. 2240. Magnification $\times 450$.

Возможно, что серебро на поверхности статоров после 275/276 г. н.э. является, по-видимому, следами использования метода горячей плакировки монет серебряной фольгой¹⁵⁸. Косвенно в пользу этого предположения свидетельствуют результаты металлографии, сопоставленные с данными РФА и картирования химических эле-

тах снова упало и составляло уже от 1 до 5%. См. King, Northover 1997, 78–80. Содержание серебра в антонинианах, выпущенных после 270 г. н.э., составляло менее 5%. См. Caley, McBride 1956, 285.

¹⁵⁸ Эксперимент показал, что прилипание серебряной фольги к медному монетному кружку происходило при температуре 950°. После диффузии серебра в медь образец подвергался холодной проковке, при которой микроструктура и толщина серебряного покрытия реплики точно соответствовали оригиналу. Deraisme, Beck, Pilon, Barrandon 2006, 476–479.

ментов на поверхности исследованных монет. Этот метод применялся в римском монетном деле более раннего периода¹⁵⁹, а также в чеканке Галльской Империи III в. н.э.¹⁶⁰ Предполагается, что отсутствие ртути в результатах анализов монет этого периода косвенно свидетельствует в пользу использования техники горячей плакировки¹⁶¹. Вероятно, на пантикапейском монетном дворе в 275/276–278/279 гг. н.э. серебряное амальгамирование не применялось¹⁶², в то время как в рим-

¹⁵⁹ Kraft, Flege, Reiff, Ortner, Ensinger 2006, 87–90.

¹⁶⁰ Deraisme, Beck, Pilon, Barrandon 2006, 476.

¹⁶¹ Анализируются монеты Савромата IV № 1868, 2151 и Тейрана № 2239.

¹⁶² Этот вопрос требует дальнейших исследований.

ской чеканке оно преобладает начиная с 250 г. н.э.¹⁶³ и до Диоклетиана¹⁶⁴.

Наконец, необходимо отметить, что в чеканке Тейрана встречаются статеры с полным отсутствием серебра в сплаве. Статеры из ГИМ № 5266 (275/276 г. н.э.) и 5270 (276/277 г. н.э.) содержат только микропримеси серебра – соответственно 0,02% и 0,05%¹⁶⁵. Исследование монет из ГЭ показало, что некоторые статеры Тейрана не содержат даже следов серебра¹⁶⁶. В Фанагорийском кладе присутствует единственный статер 276/277 г. н.э. (№ 2273), содержащий от 85,29% до 88,95% меди и от 10,69 до 14,31% свинца, без серебра. Данный экземпляр связан общим штемпелем л.с. А573/1 с монетами № 2256–2287 со средним содержанием серебра 5–6% в металле. В редких экземплярах содержание серебра в статерах Тейрана падает ниже 4% (№ 2356, 2361); в абсолютном же большинстве монет оно остается на уровне в среднем 5–7%.

Сравнение с римскими серебряными номиналами 250–270-х гг. н.э.

Как сказано выше, боспорская чеканка традиционно рассматривается в контексте римской провинциальной чеканки и чеканок зависимых царств¹⁶⁷. В III в. н.э. боспорский монетный двор безусловно находился в русле основных тенденций монетного производства дворов Римской империи по решению общей проблемы девальвации серебряных номиналов. Медные статеры Рескупорида V, Савромата IV и Тейрана, как и римские денарии и антонинианы, отчеканенные после 250–260 гг. н.э.¹⁶⁸, часто имеют темный цвет поверхности и выглядят как обычные медные монеты, в отличие от блестящих биллонных 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 и Тейрана частично сохранили на поверхности серебристый цвет и блеск. Каким образом наносилось серебряное покрытие на них?

По-видимому, ответ на этот вопрос следует искать в римской технике производства посеребренных монет из сплава с небольшим содержанием серебра в третьей четверти III – начале IV в. н.э.

С 250 г. н.э. в римской чеканке производство монет из сплава на основе меди с присадкой серебра (Cu–Sn–Pb+Ag) с серебряным покрытием становится обычной практикой; при этом содержание серебра в серебряных номиналах уменьшилось до 5%, иногда колеблясь до 20%¹⁶⁹. Позднейшие из антонинианов Валериана I (253–260 гг.) содержали всего 3–4% (иногда чуть больше) серебра и выглядели чисто как медные монеты¹⁷⁰; 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 редкость¹⁷¹. После 270 г. н.э. содержание серебра в римских монетах снова упало и составляло уже от 1 до 5%¹⁷². Антонинианы Тацита (его портрет представлен и на боспорских статерах 275 г. н.э. – *авт.*) содержали от 4 до 13% серебра¹⁷³; пореформенные фоллисы Диоклетиана – в среднем 3,87%, младшие номиналы его меди – еще меньше¹⁷⁴.

Состав сплава медных статеров Рескупорида V, Савромата IV и Тейрана в целом очень близок к сплаву антонинианов 260-х – 276 гг. н.э. (табл. 13). Кроме того, на поверхность и тех и других монет нанесено серебряное покрытие одинаковой толщины.

¹⁶⁹ King, Northover 1997, 73–78; Vlachou, McDonnell, Janaway 2002, 461; Deraisme, Beck, Pilon, Barrandon 2006.

¹⁷⁰ В сравнении с ними статеры Рескупорида V, например, 256/257–257/258 гг. н.э. имели около 12% серебра (Абрамзон, Гунчина 2016а, 292; 2016б) 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.

¹⁷¹ В RIC приводятся результаты современного эксперимента, демонстрирующего, что применение состава, включающего две части серебра, одну – ртути, одну – соды, дает покрытие, идентичное тому, что было на антонинианах. Эти компоненты были доступны римским монетным дворам. RIC V/1, 8 (note). Однако в составе сплава боспорских статеров ртуть не выявлена, возможно, в связи с ее полным исчезновением при нагревании свыше 750°.

¹⁷² King, Northover 1997, 78–80; Caley, McBride 1956, 285.

¹⁷³ Esty, Equall, Smith 1993, 202, tab. 1.

¹⁷⁴ Sutherland, Harold 1961, 56–61; RIC VI, 94.

¹⁶³ Vlachou, McDonnell, Janaway 2002.

¹⁶⁴ Метод нейтронной активации выявил в пореформенных фоллисах Диоклетиана содержание серебра от 4,3 до 3,4% (в среднем 3,87%). Младшие номиналы меди содержали серебро в меньших пропорциях. Основу сплава составляла медь – 96,2%. См. Sutherland, Harold 1961, 56–61; RIC VI, 94.

¹⁶⁵ См. Фролова 1997б, 75, XXVI, б.

¹⁶⁶ Смекалова, Дюков 2001, 91, 96.

¹⁶⁷ См., например, Sear 2001, 534–543.

¹⁶⁸ Verboven 2007, 246–249.

Таблица 13. Сравнительный анализ сплавов статеров Рескупорида V, Савромата IV, Тейрана (Фанагорийский клад 2011 г.) и антонинианов 260–276 гг. н.э.¹⁷⁵

Table 13. Comparative analysis of alloys of AD 275–277 Rhescuporis V, Sauromates IV, and Teiranes staters (Phanagoria 2011 Hoard) and AD 260–276 antoniniani.

№	Правитель, № монеты в Фанагорийском кладе	Ag %	Cu %	Au %	Sn %	Pb %	Ni %
1	Рескупорид V (274/275 г.), № 1074	10.04	88.98	0.10	0.00	0.30	0.16
2	Рескупорид V, № 1075	7.19	91.28	0.00	1.01	0.41	0.00
3	Рескупорид V, № 1077	9.30	90.07	0.06	0.09	0.29	0.03
4	Рескупорид V, № 1086	4.64	94.55	0.04	0.46	0.18	0.03
5	Рескупорид V, № 1087	5.27	93.89	0.09	0.37	0.22	0.04
6	Рескупорид V (275/276 г.), № 2132	5.44	93.14	0.04	0.58	0.73	0.04
7	Савромат IV (275/276 г.), № 2149	4.84	94.09	0.13	0.35	0.40	0.05
8	Савромат IV, № 2155	4.93	94.34	0.11	0.28	0.23	0.05
9	Савромат IV, № 2151	5.83	93.04	0.24	0.50	0.23	0.07
10	Савромат IV, № 2236	6.31	92.44	0.15	0.62	0.25	0.05
11	Савромат IV, № 2193	11.35	87.82	0.10	0.09	0.18	0.00
12	Савромат IV, № 2217	15.37	83.24	0.12	0.30	0.23	0.02
13	Тейран, 276/277 г. (ΓΞΦ), № 2237	4.46	92.72	0.09	2.19	0.36	0.03
14	Тейран, 276/277 г., № 2240	7.74	91.5	0.18	0.15	0.18	0.03
15	Тейран, 276/277 г., № 2268	10.97	87.47	0.30	0.20	0.82	0.05
16	Тейран, 276/277 г., № 2282	8.06	88.80	0.27	1.22	1.65	0.04
17	Тейран, 277/278 г., № 2335	4.68	94.29	0.10	0.58	0.22	0.04
18	Тейран, 278/279 г., № 2344	5.58	91.40	0.11	1.82	0.80	0.05
19	Постум (259–267 гг.)	12.14	86.42	следы	0.88	следы	0.44
20	Постум	14.00	85.00	0.07	0.08	0.9	0.00
21	Постум	13.00	86.00	0.07	0.08	0.9	0.03
22	Постум	15.00	84.00	0.08	0.14	0.9	0.04
23	Галлиен (260–268 гг.)	6.01	87.88	следы	0.77	3.00	0.13
24	Галлиен	5.02	92.20		0.42	0.51	0.33
25	Галлиен	4.89	93.64		0.50	0.27	0.62
26	Клавдий II (268–270 гг.)	4.22	88.07		5.17	2.27	
27	Тацит (275–276 гг.)	3.32	95.65		1.02		
28	Тацит	4.75	94.24		1.01		
29	Тацит	10.81	87.77		1.46	0.73	
30	Тацит	4.16	94.75		1.10		

Толщина слоя серебряного покрытия на римских монетах второй половины III – начала IV в. н.э. колебалась от 5 до 10 мкм¹⁷⁶: на антонинианах Валериана и Галлиена – не более 7 мкм; Проба – 5 мкм, и т.д.¹⁷⁷ Серебрение поверхности могло быть получено в результате нагревания монеты,

на которую насыпалась серебряная стружка, расплавлявшаяся при нагревании и обволакивающая всю монету тонким слоем серебра¹⁷⁸. Другой возможный способ серебрения заключался в погружении монетных заготовок в расплавленный хлорид серебра¹⁷⁹, однако методы горячего погружения не очень годятся для массового производства монеты¹⁸⁰.

¹⁷⁵ Выборка антонинианов: Постум, Галиен, Клавий 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.

¹⁷⁶ Esty 1991, 226.

¹⁷⁷ Cope 1972, 270, 274.

¹⁷⁸ Esty 1991, 226, note 1.

¹⁷⁹ Cope 1968, 115–149; 1972.

¹⁸⁰ Anheuser, Northover 1994; Vlachou, McDonnell, Janaway 2002.

Экспериментально доказана возможность использования пасты из серебра, ртути и соды для серебрения поверхности антонинианов после операции их чеканки. Другими компонентами пасты, как уже говорилось выше, могли быть хлорид натрия, хлорид аммония, тартрат водорода калия, хлорид ртути и мел в качестве загустителя¹⁸¹. Серебряное амальгамирование особенно интенсивно применялось для серебрения поверхности позднеримских монет¹⁸². Использовался ли этот метод на Боспоре после 275/276 г. н.э.? Точного ответа пока нет: результаты картирования химических элементов на поверхности статера Савромата IV № 2151 и Тейрана не выявили следов ртути¹⁸³. Возможно, это косвенно свидетельствует в пользу использования техники горячей плакировки монет серебряной фольгой (в случае с боспорскими монетами — золотосеребряной), что также доказано экспериментально для римских монет¹⁸⁴.

Выводы

Исследования химического состава металла медных статеров Рескупорида V, Савромата IV и Тейрана выявили стабильно низкое содержание серебра в сплаве (среднее значение 5–9%), что близко к металлу антонинианов Центральной империи, начиная с выпусков Галлиена (260–268 гг.), Клавдия II Готского (268–270 гг.)¹⁸⁵, а позднее Тацита (275–276 гг.) и Флориана (276 г. н.э.). По-видимому, техника изготовления боспорских статеров близка к той, что применялась в чеканке посеребренных монет Аврелиана, затем Тацита в 275–276 гг. и Флориана в 276 г. н.э., ан-

тонинианы которых были сделаны из сплава на медной основе с содержанием серебра в среднем до 9–11% и серебряным покрытием от 19 до 63%¹⁸⁶.

Очевидно, что в монетном деле и монетной технике Боспора и Римской империи третьей — начала четвертой четвертей III в. н.э. происходят схожие процессы, вызванные общими кризисными причинами и, прежде всего, дефицитом серебра для чеканки денег и девальвацией серебряных номиналов как следствие. В это время боспорский статер, сохраняя прежнюю метрологию ауреуса до конца чеканки, по серебряному содержанию и технике серебрения поверхности ориентировался на основной римский номинал — антониниан, переживая те же стадии деградации.

XRF и рентгеноспектральный микроанализ (EPMA) поверхности посеребренных статеров Фофорса 286/287 г. н.э.

Данные РФА

Безоговорочно считалось, что начиная с правления Фофорса (285/286–308/309 гг.) до конца боспорской чеканки в 341/342 г. н.э. выпускались только медные монеты. Однако в ходе чистки и реставрации монет Фанагорийского клада 2011 г. была выявлена группа статеров Фофорса 583 г. б. э. = 286/287 г. н.э. со следами серебряного покрытия при содержании серебра в сплаве до 20%¹⁸⁷ (рис. 83). Визуальное наблюдение получило подтверждение в ходе исследования данной группы монет Фофорса методом РФА, проведенного в лаборатории ГИАМЗ «Фанагория» в 2016 г. Исследованию подверглись все 24 монеты 583 г. б.э. Было получено 77 проб с аверсов и реверсов статеров. Данные РФА показывают, что 9 статеров данного года изготовлены из сплава на медной основе с содержанием серебра, в среднем, около 4–12% и имеют серебряное покрытие.

Это открытие позволяет констатировать факт выпуска серии Фофорсом посеребренных статеров в 286/287 г. н.э. Первым выпуском 583 г. б.э., по-видимому, следует считать статеры, на о.с. которых отсутствует тамга¹⁸⁸ (№ 2413–2414). Содержание серебра в них, в среднем, составляет от 4,28 до 4,14%. Затем следует выпуск, отчеканенный другим штемпелем л.с. (№ 2397–2405). В кладе представлены 9 таких монет, распадающихся на две группы,

¹⁸¹ RIC V/1, 8, note 1; Anheuser 1997, 127–134; Vlachou, McDonnell, Janaway 2002.

¹⁸² Vlachou, McDonnell, Janaway 2002.

¹⁸³ 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, сплав статеров Рескупорида V, Савромата IV и Тейрана остается, по сути, бинарным (Cu–Ag), включая пропорции свинца и олова всего по 0,1–0,4%, крайне редко по 1–1,4%. Близкий состав сплава имели антонинианы Постума, Галлиена, Тацита (см. табл. 13).

¹⁸⁴ Deraisme, Beck, Pilon, Barrandon 2006, 476–479; Ingo et al. 2004, 174–176.

¹⁸⁵ В антонинианах Галлиена около 6% серебра, Клавдия II — около 4–5%. См. Caley, McBride 1956, 286, tab. 5; Core 1969, 144–161.

¹⁸⁶ Esty, Equall, Smith 1993, 201–204.

¹⁸⁷ Абрамзон, Кузнецов 2017, 54–56.

¹⁸⁸ Анохин 1986, № 731; 2011, № 2102.

имеющие разный состав металла. Содержание серебра в 7 апробированных монетах этого выпуска выше, чем в предыдущем, и составляет в среднем: № 2397 – 7,22%, 2398 – 11,52% (пробы с отдельных точек демонстрируют даже 18,93% и 20,05%), 2399 – 9,28% (пробы с отдельных точек – 12,72% и 14,63%), 2400 – 5,53%; 2401 – 3,66%, 2402 – 4,22%, 2403 – 6,14%. Как известно, тем же штемпелем л.с. в 286/287 г. н.э. чеканились медные монеты с типом орла на о.с.¹⁸⁹ Возможно, данная серия представляет попытку проведения Фофорсом во второй год своего правления¹⁹⁰ монетной реформы.

Суть ее сводилась к реставрации монетной системы времени Рескупорида V, основанной на биметаллизме и состоявшей из двух номиналов – «серебряного» статера и единственного медного номинала. Однако реформа не увенчалась успехом. Уже в двух статерах Фофорса 583 г. б.э., отчеканенных данным штемпелем л.с. (№ 2404–2405), содержание серебра снизилось до 1,9%. В остальных статерах 583 г. б.э. (№ 2406–2412, 2416–2420) и одном из статеров 584 г. б.э. (№ 2421) оно остается на уровне 1%. Затем серебро исчезает полностью или фиксируется на уровне микропримесей.

¹⁸⁹ Зограф 1951, L, 12; Фролова 1997б, LXXXI, 1–2; Анохин 1986, № 732; 2011, № 2104.

¹⁹⁰ В статере первого года чеканки Фофорса (582 г. б.э. = 285/286 г. н.э.), найденном в Фанагории, не выявлены следы серебра.



Рис. 83. Фанагорийский клад 2011 г. Статеры Фофорса 286/287 г. н.э. с серебряным покрытием.

Fig. 83. The Phanagoria 2011 Hoard. AD 286/287 silvered staters of Thothorses.

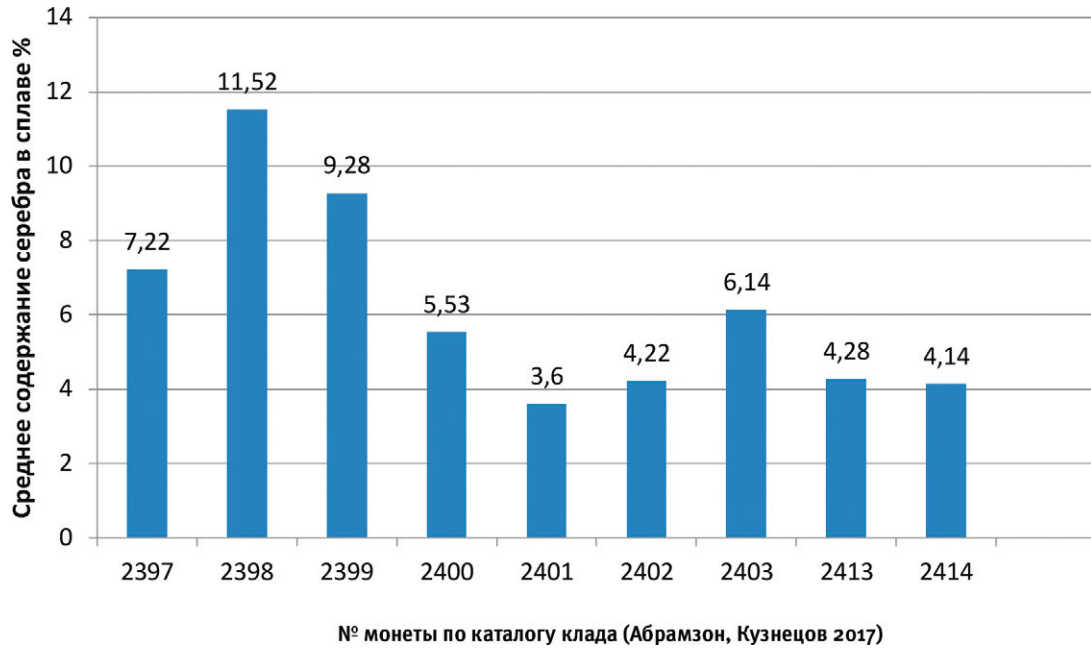


Рис. 84. Содержание серебра в статерах Фофорса 286/287 г. н.э. (группа А – с содержанием серебра около 4–11%).

Fig. 84. Silver content in AD 286/287 staters of Thothorses (group A – with silver content 4–11%).

Таблица 14. Химический состав посеребренных статеров Фофорса 286/287 г. н.э. из Фанагорийского клада 2011 г. (данные РФА).

Table 14. The chemical composition of the AD 286/287 silver-plated staters of Thothorses from Phanagoria 2011 Hoard (XRF data).

№ монеты в клада	Сторона монеты	№ анализа	Ag %	Cu %	Au %	Zn %	Sn %	Pb %	Bi %	As %	Sb %	Fe %	Ni %
2397	аверс	2397a	9.55	77.16	0.14	0.03	2.94	9.16	0.03	0.25	0.52	0.11	0.03
	реверс	2397b	4.90	86.22	0.10	0.00	2.64	5.58	0.00	0.11	0.35	0.07	0.04
2398	аверс	2398ab	3.51	93.87	0.08	0.00	1.52	0.68	0.00	0.13	0.16	0.00	0.04
		2398ac	18.93	71.75	0.15	0.00	2.67	5.94	0.05	0.10	0.39	0.00	0.00
	реверс	2398bb	3.58	93.71	0.08	0.00	1.62	0.71	0.00	0.12	0.14	0.00	0.04
		2398bc	20.05	71.80	0.16	0.00	2.68	4.94	0.07	0.00	0.30	0.00	0.00
2399	аверс	2399ab	4.31	93.36	0.10	0.00	1.29	0.56	0.00	0.12	0.23	0.00	0.04
		2399ac	12.72	82.05	0.13	0.04	1.85	2.71	0.00	0.15	0.33	0.00	0.03
	реверс	2399bb	5.49	91.70	0.08	0.02	1.26	1.12	0.00	0.13	0.15	0.00	0.04
		2399bc	14.63	78.40	0.13	0.03	2.09	4.19	0.04	0.17	0.32	0.00	0.00
2400	аверс	2400ab	3.80	89.87	0.08	0.00	4.49	1.44	0.00	0.06	0.23	0.00	0.04
		2400ac	6.82	82.17	0.09	0.00	5.04	5.33	0.03	0.13	0.35	0.00	0.03
	реверс	2400bb	4.74	86.20	0.09	0.00	5.67	2.94	0.00	0.07	0.26	0.00	0.04
		2400bc	6.76	85.57	0.11	0.00	4.27	2.93	0.00	0.09	0.25	0.00	0.03
2401	аверс	2401a	3.65	91.28	0.10	0.00	1.88	2.57	0.00	0.19	0.29	0.00	0.03
	реверс	2401b	3.56	92.65	0.10	0.00	1.84	1.44	0.00	0.10	0.26	0.00	0.04
2402	аверс	2402a	4.37	92.68	0.07	0.03	1.32	1.17	0.00	0.12	0.17	0.03	0.03
	реверс	2402b	4.07	91.23	0.10	0.00	1.40	2.67	0.00	0.23	0.22	0.05	0.03

2403	аверс	2403ab	4.35	92.33	0.09	0.00	1.64	1.22	0.00	0.12	0.23	0.00	0.04
		2403ac	7.99	88.49	0.11	0.00	1.81	1.26	0.00	0.10	0.20	0.00	0.04
	реверс	2403bb	3.96	93.30	0.06	0.00	1.70	0.63	0.00	0.08	0.21	0.00	0.05
		2403bc	8.25	87.76	0.10	0.00	1.96	1.55	0.00	0.11	0.24	0.00	0.04
2404	аверс	2404a	1.91	93.44	0.00	0.13	2.82	1.32	0.00	0.09	0.21	0.04	0.04
	реверс	2404b	1.96	94.08	0.00	0.10	2.79	0.75	0.00	0.00	0.23	0.05	0.04
2405	аверс	2405a	1.91	93.89	0.00	0.00	3.17	0.72	0.00	0.00	0.27	0.00	0.03
	реверс	2405b	1.89	92.91	0.00	0.00	3.27	1.57	0.00	0.00	0.33	0.00	0.02
2406	аверс	2406a	1.94	92.89	0.04	0.00	3.54	1.24	0.00	0.00	0.31	0.00	0.04
	реверс	2406b	1.83	93.58	0.04	0.00	3.43	0.83	0.00	0.00	0.27	0.00	0.03
2407	аверс	2407a	0.95	95.96	0.00	0.03	1.78	1.10	0.00	0.00	0.15	0.00	0.03
	реверс	2407b	1.00	95.67	0.00	0.00	1.64	1.43	0.00	0.00	0.19	0.02	0.04
2408	аверс	2408a	1.08	90.17	0.00	0.07	6.21	2.20	0.00	0.00	0.18	0.05	0.04
	реверс	2408b	1.10	89.73	0.00	0.04	6.21	2.63	0.00	0.00	0.21	0.03	0.04
2409	аверс	2409a	1.40	95.99	0.03	0.00	1.63	0.76	0.00	0.00	0.15	0.00	0.05
	реверс	2409b	1.48	95.68	0.03	0.00	1.69	0.87	0.00	0.00	0.17	0.02	0.05
2410	аверс	2410a	1.38	93.80	0.00	0.03	1.90	2.62	0.00	0.08	0.13	0.00	0.05
	реверс	2410b	2.00	88.61	0.00	0.04	2.32	6.63	0.00	0.11	0.16	0.03	0.05
2411	аверс	2411a	2.00	93.04	0.05	0.00	3.67	0.88	0.00	0.00	0.31	0.03	0.03
	реверс	2411b	2.20	92.48	0.04	0.00	4.10	0.79	0.00	0.00	0.32	0.04	0.03
2412	аверс	2412a	1.08	92.82	0.00	0.00	3.31	2.37	0.00	0.00	0.30	0.00	0.12
	реверс	2412b	1.19	93.20	0.00	0.00	3.66	1.54	0.00	0.00	0.29	0.00	0.13
2413	аверс	2413a	3.92	91.75	0.10	0.00	3.53	0.29	0.00	0.14	0.16	0.00	0.11
	реверс	2413bb	3.99	92.39	0.09	0.00	2.96	0.21	0.00	0.13	0.13	0.00	0.10
		2413bc	4.94	91.46	0.12	0.00	2.87	0.26	0.00	0.12	0.13	0.00	0.10
2414	аверс	2414a	3.71	92.98	0.08	0.00	2.48	0.39	0.00	0.11	0.13	0.02	0.08
	реверс	2414b	4.57	91.81	0.09	0.00	2.65	0.45	0.00	0.16	0.17	0.03	0.07
2415	аверс	2415a	1.66	94.32	0.00	0.00	1.05	2.80	0.00	0.00	0.14	0.00	0.03
	реверс	2415b	1.48	91.59	0.00	0.00	1.16	5.51	0.00	0.00	0.17	0.00	0.04
2416	аверс	2416a	0.92	93.33	0.00	0.00	2.69	2.85	0.00	0.00	0.18	0.00	0.04
	реверс	2416b	0.89	94.64	0.00	0.00	2.40	1.89	0.00	0.00	0.14	0.00	0.04
2417	аверс	2417a	1.12	92.27	0.00	0.00	1.63	4.73	0.00	0.00	0.13	0.00	0.06
	реверс	2417b	1.24	87.52	0.00	0.00	1.66	9.31	0.06	0.00	0.15	0.00	0.06
2418	аверс	2418a	1.93	93.37	0.04	0.00	3.36	0.93	0.00	0.00	0.32	0.02	0.04
	реверс	2418b	2.10	92.82	0.05	0.00	3.53	1.13	0.00	0.00	0.32	0.00	0.04
2419	аверс	2419a	2.10	92.82	0.05	0.00	3.53	1.13	0.00	0.00	0.32	0.00	0.04
	реверс	2419b	1.67	93.58	0.00	0.05	2.53	1.89	0.00	0.00	0.23	0.00	0.04
2420	аверс	2420a	1.67	93.33	0.00	0.59	3.28	0.90	0.00	0.00	0.11	0.07	0.06
	реверс	2420b	2.05	93.06	0.00	0.51	3.51	0.53	0.00	0.12	0.11	0.06	0.05

Рентгеноспектральный микроанализ (РСМА)

РСМА (ЕРМА) статуров Фифорса, проведенный в ЦКЛ НИИ «Наностали» МГТУ им. Г.И. Носова в 2018 г., проливает новый свет на технологию их серебрения.¹⁹¹

¹⁹¹ Абрамзон, Ефимова и др. 2020; Abramzon, Baryshnikov et al. 2020; Абрамзон, Ефимова, Копцева, Сапрыкина 2021.



Рис. 85. Фанагорийский клад 2011 г. Статеры Фофорса № 2398, 2399, 2401, 2402, 2413, 2414. Увеличение $\times 7,5$.
Fig. 85. Phanagoria 2011 Hoard. Thothorses' staters Nos. 2398, 2399, 2401, 2402, 2413, 2414. Magnification $\times 7,5$.

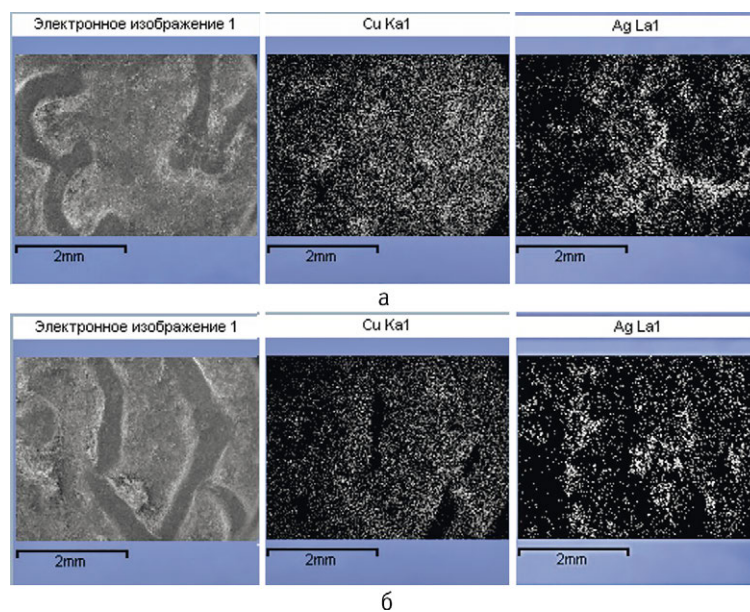


Рис. 86. Карта распределения меди и серебра по поверхности исследуемых участков статеров Фофорса № 2398 (а) и 2402 (б).

Fig. 86. Map of the distribution of copper and silver over the surface of the investigated areas of Thothorses staters Nos. 2398 (a) and 2402 (b).

Общий вид исследованных статеров Фофорса 286/287 г. н.э. из Фанагорийского клада 2011 г. представлен на рис. 85. На поверхности монет имеются отдельные локальные участки с характерным серебристым цветом, которые преимущественно наблюдаются во впадинах чеканного рельефа и на плоских участках поля монеты. Кроме того, имеются участки с красновато-медным цветом и с оттенками зеленого цвета.

Карты распределения элементов по поверхности статеров Фофорса показали локальное расположение серебра (рис. 86), что хорошо согласуется с визуально наблюдаемыми локальными участками серебристого цвета (рис. 85).

На реверсах монет в локальных участках, обозначенных красной рамкой, был выполнен РСМА, типичные результаты которого приведены на рис. 87–92.

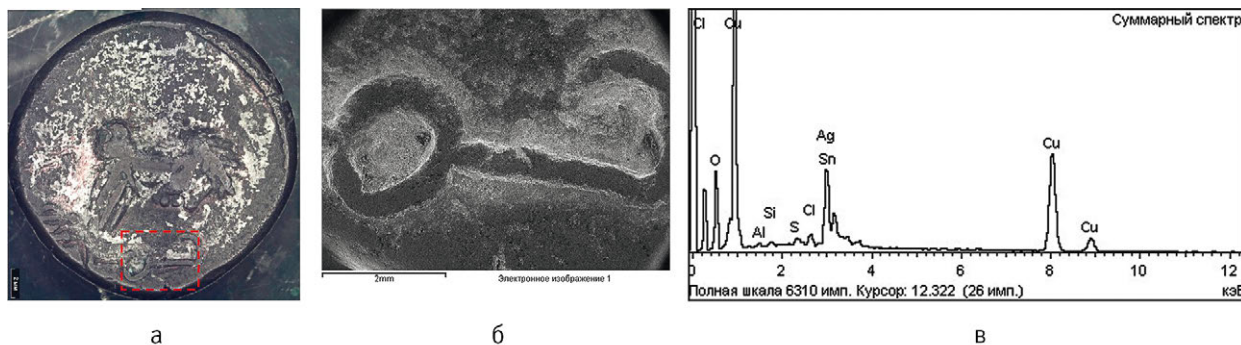


Рис. 87. Исследуемый участок (а), электронное изображение (б) поверхности статера Фофорса № 2398 и суммарный характеристический спектр с исследуемого участка поверхности (в).

Fig. 87. The studied area (a), the electronic image (b) of the surface of the Thothorses' stater No. 2398, and the total characteristic spectrum from the investigated area of the surface (c).

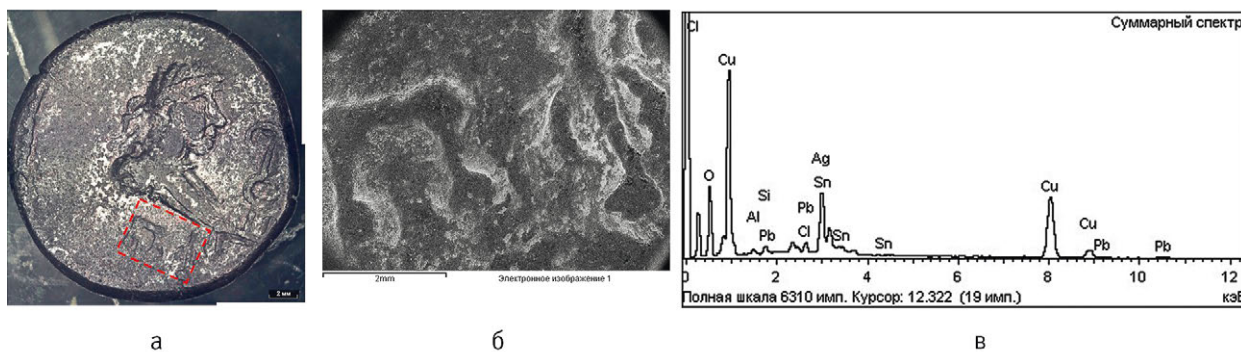


Рис. 88. Исследуемый участок (а), электронное изображение (б) поверхности статера Фофорса № 2399 и суммарный характеристический спектр с исследуемого участка поверхности (в).

Fig. 88. The studied area (a), the electronic image (b) of the surface of the Thothorses stater No. 2399, and the total characteristic spectrum from the investigated area of the surface (c).

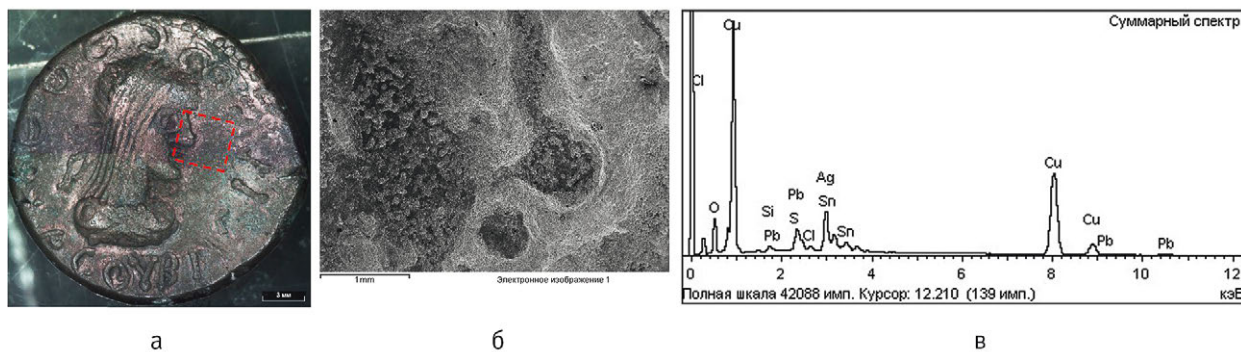


Рис. 89. Исследуемый участок (а), электронное изображение (б) поверхности статера Фофорса № 2401 и суммарный характеристический спектр с исследуемого участка поверхности (в).

Fig. 89. The studied area (a), the electronic image (b) of the surface of the Thothorses stater No. 2401, and the total characteristic spectrum from the investigated area of the surface (c).

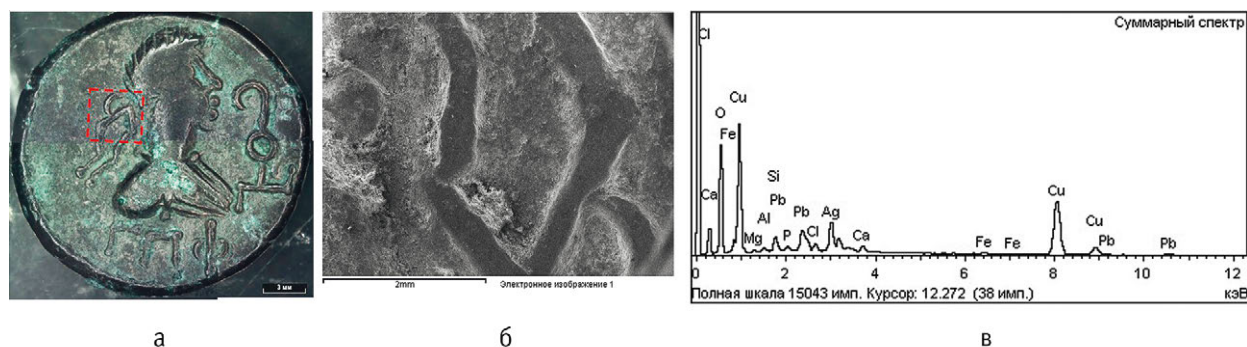


Рис. 90. Исследуемый участок (а), электронное изображение (б) поверхности статера Фофорса № 2402 и суммарный характеристический спектр с исследуемого участка поверхности (в).

Fig. 90. The studied area (a), the electronic image (b) of the surface of the Thothorses stater No. 2402, and the total characteristic spectrum from the investigated area of the surface (c).

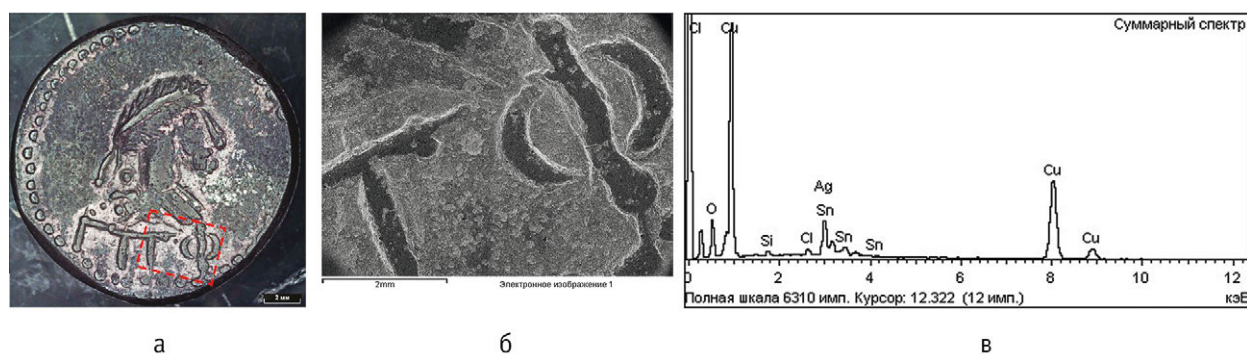


Рис. 91. Исследуемый участок (а), электронное изображение (б) поверхности статера Фофорса № 2413 и суммарный характеристический спектр с исследуемого участка поверхности (в).

Fig. 91. The studied area (a), the electronic image (b) of the surface of the Thothorses stater No. 2413, and the total characteristic spectrum from the investigated area of the surface (c).

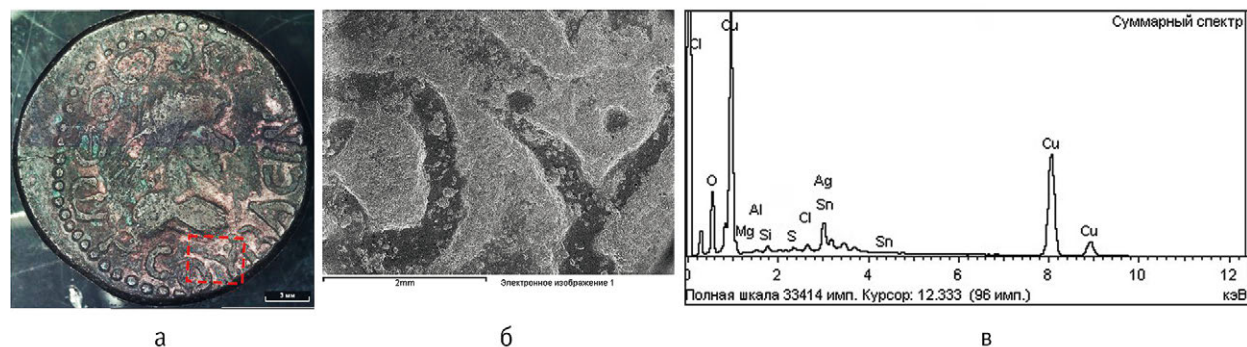


Рис. 92. Исследуемый участок (а), электронное изображение (б) поверхности статера Фофорса № 2414 и суммарный характеристический спектр с исследуемого участка поверхности (в).

Fig. 92. The studied area (a), the electronic image (b) of the surface of the Thothorses stater No. 2414, and the total characteristic spectrum from the investigated area of the surface (c).

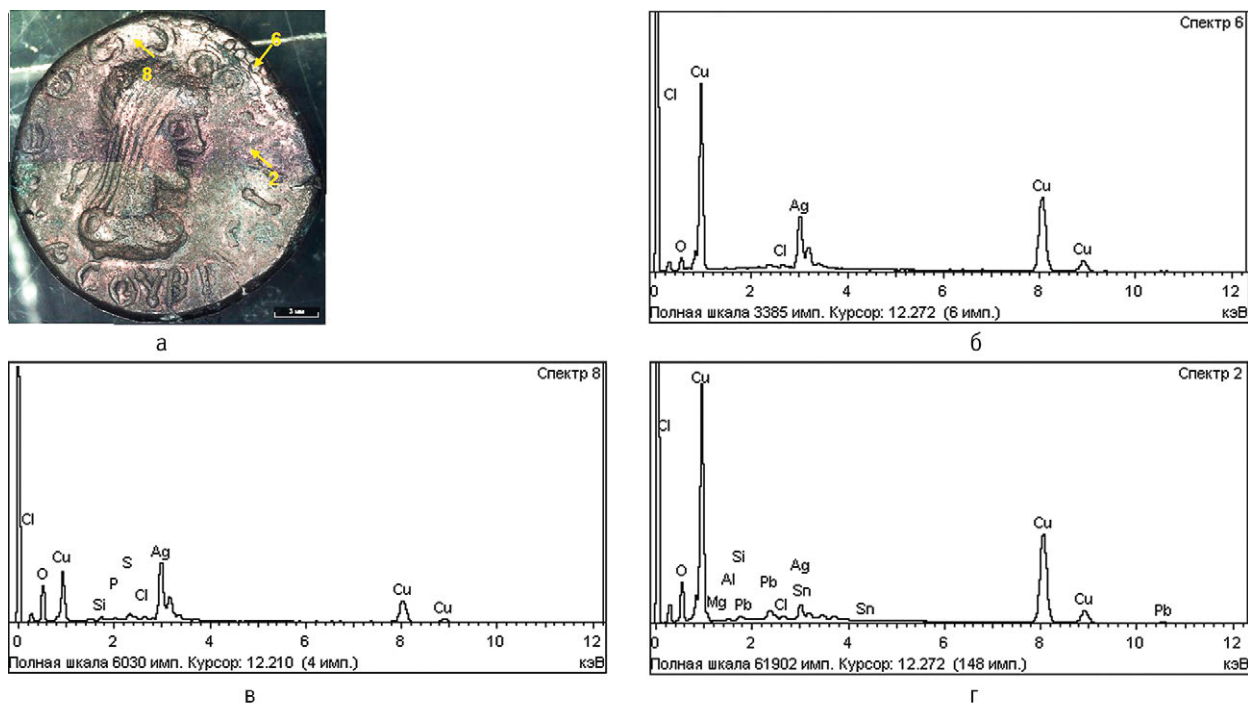


Рис. 93. Электронное изображение (а) поверхности статера Фофорса № 2401 и характеристические рентгеновские спектры с выпуклого рельефа (б), впадины (в) и поля (г) монеты.

Fig. 93. Electronic image (a) of the surface of Thothorses stater No. 2401 and characteristic X-ray spectra from the convex relief (b), depression (c) and the field (d) of the coin.

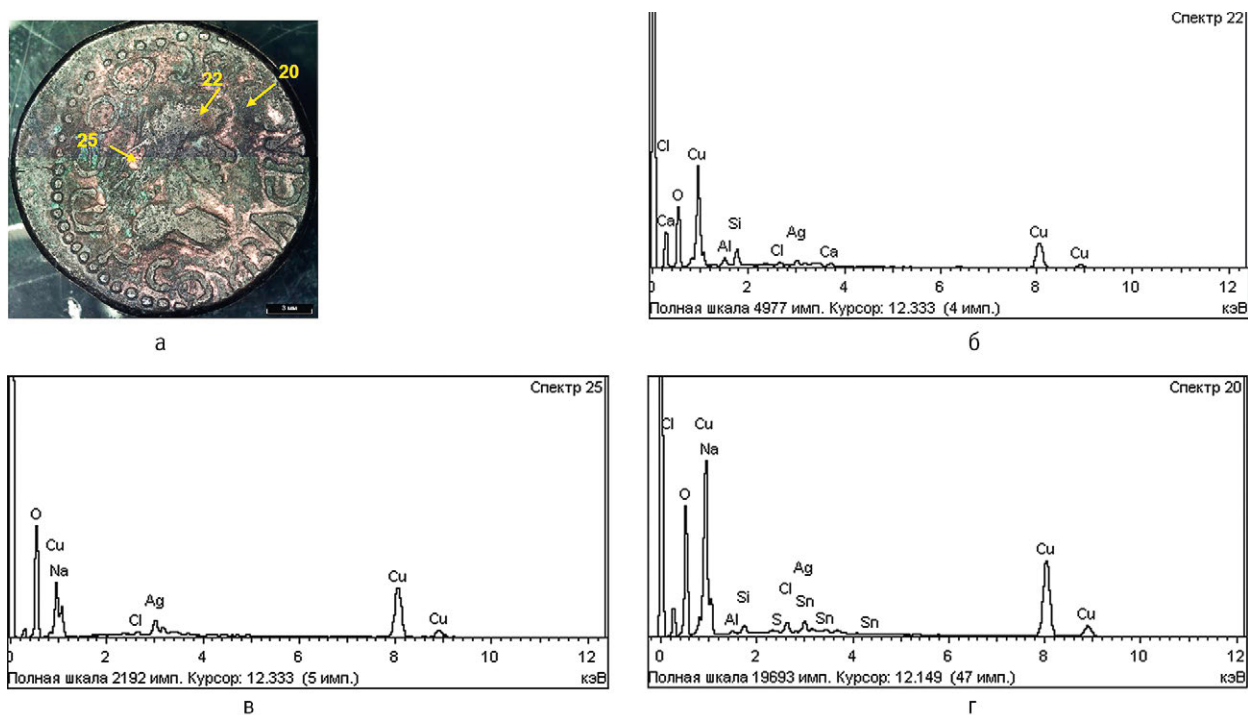
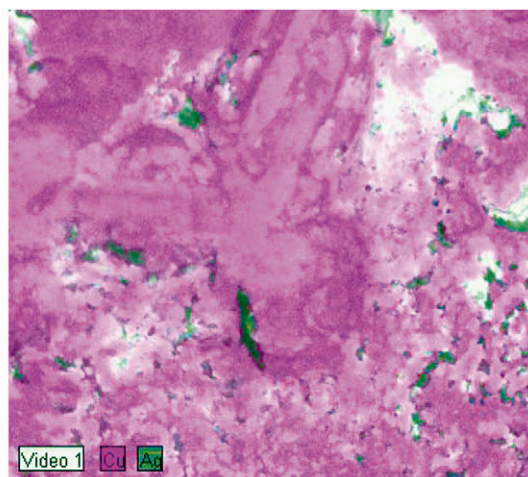


Рис. 94. Электронное изображение (а) поверхности статера Фофорса № 2414 и характеристические рентгеновские спектры с выпуклого рельефа (б), впадины (в) и поля (г) монеты.

Fig. 94. Electronic image (a) of the surface of Thothorses stater No. 2414 and characteristic X-ray spectra from the convex relief (b), depression (c) and the field (d) of the coin.



1



2

Рис. 95. 1 – участок картирования элементов на поверхности посеребренного статера Фофорса № 2398 (выделен рамкой); 2 – результаты картирования пары Cu–Ag статера № 2398.

Fig. 95. 1 – area for mapping elements on the surface of silvered Thothorses stater No. 2398 (highlighted by a frame); 2 – results of mapping the Cu – Ag pair on the stater No. 2398.

В рентгеновских спектрах, полученных с поверхности всех исследованных монет Фофорса, обнаруживаются пики меди, серебра, олова, кремния, а также хлора и кислорода, за исключением статера № 2402, в спектрах которого пики олова отсутствует, и статеров № 2398, 2401 и 2402, в спектрах которых кроме указанных элементов присутствуют пики свинца.

РСМА был выполнен также в различных участках чеканного рельефа монет: выступах, впадинах и на гладких участках поля монеты, результаты которого приведены на рис. 87–92. Его результаты показали, что на поверхности монет № 2398, 2399 и 2401, где наблюдаются большее количество участков серебристого цвета, содержание элементов составило: на выпуклых частях рельефа поверхности монет – 3–23% Ag и 49–83% Cu (при 13–21% кислорода), во впадинах рельефа – 6–22% Ag и 71–80% Cu (при 7–9% кислорода), на поле монеты без рельефа – 4–11% Ag и 52–60% Cu (при 12–15% кислорода). Количество хлора составляет 0,3–1,7%, натрия – 4–17%, кальция – 0,5–2,3% и магния – 0,2–0,7%. Пример рентгеновских спектров с таких монет приведен на рис. 87–89.

На поверхности монет № 2402, 2413 и 2414, где участков серебристого цвета мало, содержание элементов составило: на выпуклых частях рельефа поверхности монет – 4–26% Ag и 47–80% Cu (при 7–39% кислорода), на впадинах рельефа – 2–33% Ag и 29–80% Cu (при 10–36% кислорода), на поле монеты без рельефа – 2–17% Ag и 31–55% Cu (при 18–33% кислорода). Количество хлора составляет 0,6–4%, натрия – 3–10%, кальция – 0,5–2% и магния – 0,2–0,7%. Пример рентгеновских спектров с таких монет приведен на рис. 90–92.

Следует отметить, что, несмотря на визуально наблюдаемые различия в количестве участков серебристого цвета, содержание элементов в этих участках примерно одинаково.

Для ряда посеребренных монет Фофорса было выполнено картирование распределения элементов по поверхности по паре Ag–Cu, Ag–Au; распределение серебра на поверхности монет показало его локальность и хорошую степень совмещения с визуально фиксируемыми участками (рис. 95; 96).

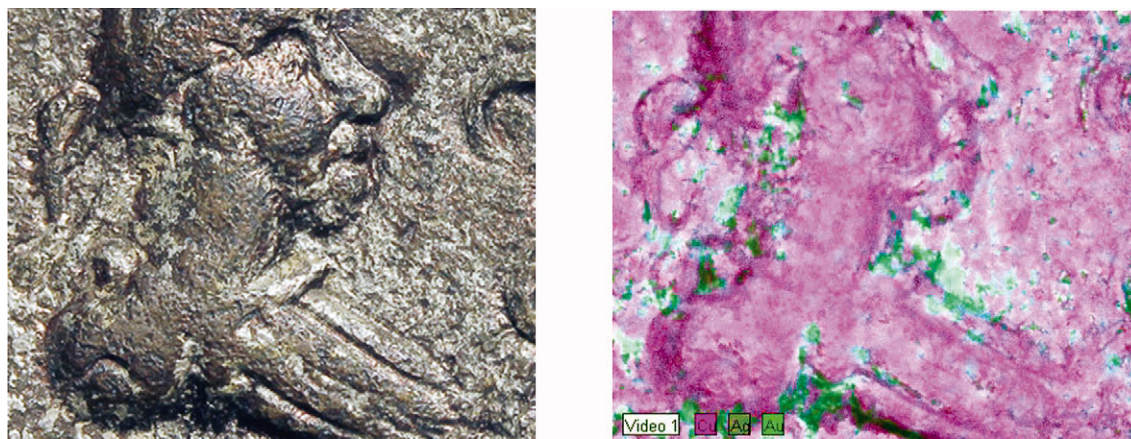


Рис. 96. Распределение пары Ag–Au на поверхности статера Фофорса № 2399.

Fig. 96. Distribution of the Ag–Au pair on the surface of Thothorses stater No. 2399.

Таблица 15. Результаты количественного РСМА химического состава поверхности посеребренных статеров Фофорса.

Table 15. The results of the quantitative EPMA of the chemical composition of surface of silver-plated Thothorses staters.

№ по каталогу ¹⁹²	Среднее содержание элементов, %														
	Cu	Ag	Sn	Pb	Fe	As	P	S	Si	Al	O	Cl	Ca	Mg	Na
2398	44.74	20.06	2.26	3.62	–	–	–	0.33	0.83	0.5	26.77	0.89	–	–	–
2399	54.43	17.45	1.98	–	–	–	–	0.34	0.48	0.47	23.23	1.10	0.52	–	–
2401	65.79	11.60	2.41	3.53	–	–	–	0.67	0.69	0.18	12.07	0.60	2.3	0.16	–
2402	39.92	13.26	–	9.88	0.25	0.17	0.41	0.69	1.28	0.38	32.07	0.74	0.73	0.22	–
2413	72.31	13.70	4.32	–	–	–	–	–	0.83	–	8.02	0.82	–	–	–
2414	54.15	6.28	1.60	–	–	–	0.21	0.6	1.79	1.13	25.7	1.31	0.98	0.45	5.8

Как и на статерах Савромата IV (см. рис. 78), золото на поверхности локализуется в паре с серебром. Возможно, золото входило в состав серебряного покрытия.

Среднее содержание меди в статерах Фофорса составляет от 39,92 до 72,31%. Такое различие можно объяснить разной степенью ее окисления, что подтверждается разным содержанием кислорода, которое меняется от 32,07 до 8,02%.

Среднее содержание серебра в разных монетах меняется от 6,28 до 20,06%, олова – от 1,6 до 4,32%, свинца – от 3,53 до 9,88%. Во всех монетах, кроме № 2413, обнаруживаются в небольших количествах, в основном не превышающих 1%, различные микропримеси: алюминий, кремний, сера, фосфор, железо и мышьяк (табл. 15).

Таким образом, статеры № 2399, 2414 и 2413 изготовлены из оловянистой бронзы с содержанием олова 1,6–4,32%, № 2398 и 2401 – свинцово-оловянистой бронзы с содержанием свинца 3,53–3,62% и олова 2,26–2,41%, № 2402 – свинцовой бронзы с содержанием свинца 9,88%.

Результаты РСМА показали, что на поверхности всех монет обнаруживается хлор в количестве от 0,6 до 1,31%, в статерах № 2399, 2401, 2402 и 2414 – кальций (0,52–2,3%), в статере № 2414 – натрий (5,8%), а в статерах №№ 2401, 2402, 2414 – магний (0,16–0,45%). Присутствие этих элементов на поверхности статеров Фофорса может указывать на то, что поверхность монет подвергалась серебрению с применением паст,

¹⁹² Абрамзон, Кузнецов 2017.

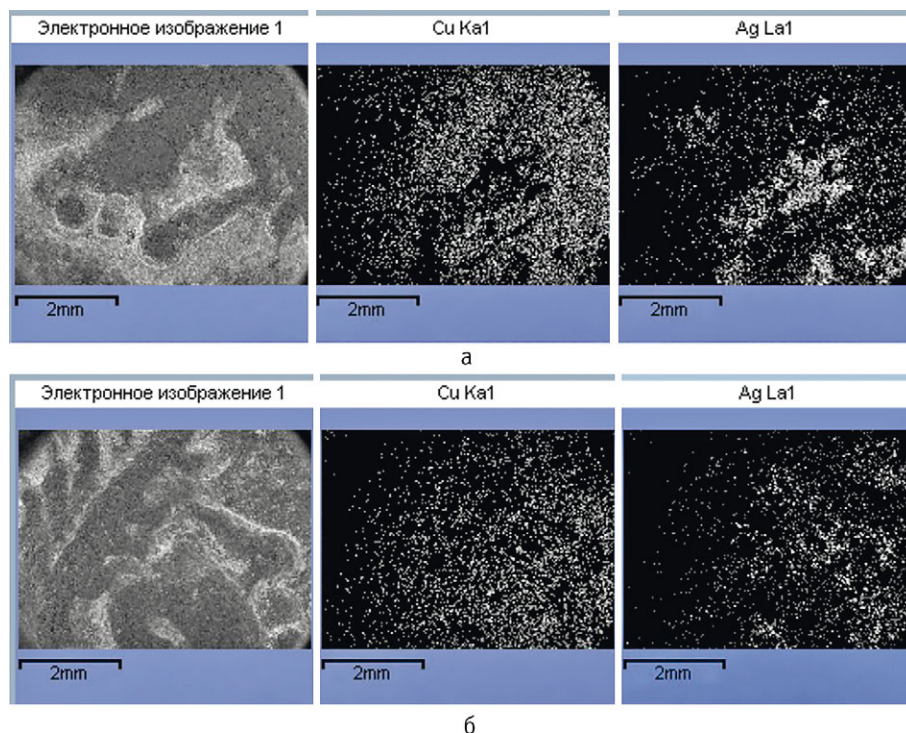


Рис. 97. Карта распределения меди и серебра по поверхности исследуемых участков статов Фофорса № 2398 (а) и 2399 (б).

Fig. 97. Map of the distribution of copper and silver over the surface of studied areas of Thothorses stater Nos. 2398 (a) and 2399 (b).

технология которого аналогична описанной выше для статов Фарсанза.

О серебрении поверхности монет свидетельствуют результаты построения карт распределения элементов по поверхности исследуемых участков (рис. 97). На этих картах отчетливо видно, что в тех участках, где обнаруживается серебро, медь отсутствует.

Рентгеноструктурный анализ показал, что на поверхности статера № 2414 обнаруживаются следующие фазы: твердый раствор олова в меди (15% Sn и 85% Cu); серебра в меди (1% Ag и 99% Cu), серебро и также закись меди (Cu_2O). Так же, как

и на поверхности монеты Фарсанза, был обнаружен хлорид серебра (AgCl) и CaCO_3 (рис. 98), присутствие которых объясняется, очевидно, особенностями технологии серебрения.

При детальном анализе структуры поверхности в отдельных участках были обнаружены игольчатые кристаллы (рис. 99). РМСА показал наличие в этих участках около 30% Ag, 20% Cu, 8% Na, 1% Cl и кислород. Такая морфология обнаруженных кристаллов свидетельствует об отсутствии воздействия пластической деформации на данных участках, что свидетельствует о серебрении уже отчеканенной монеты.

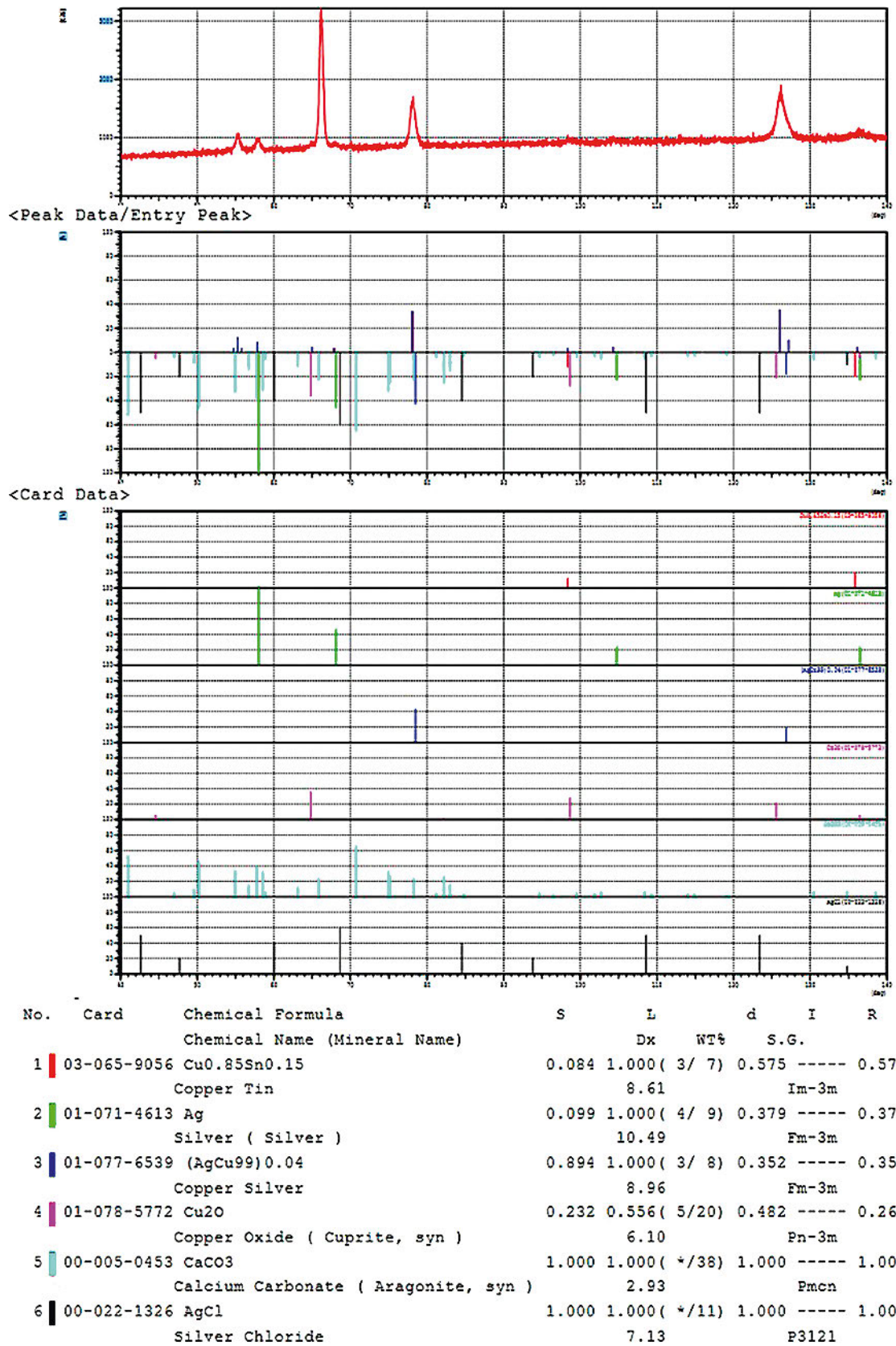


Рис. 98. Результаты рентгеноструктурного анализа поверхности статера Фофорса № 2414.

Fig. 98. Results of X-ray structural analysis of the surface of Thothorses stater No. 2414.

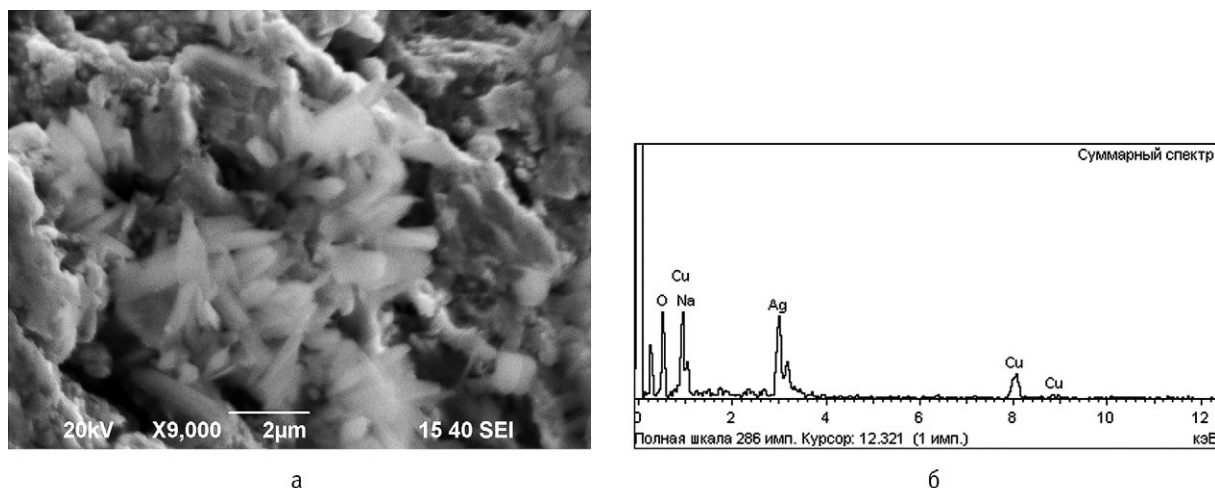


Рис. 99. Игольчатые кристаллы (а) на поверхности статера Фофорса № 2398 и характеристический суммарный спектр с исследуемого участка поверхности (б).

Fig. 99. Needle crystals (a) on the surface of Thothorses stater No. 2398 and the characteristic total spectrum from the investigated surface area (b).



Рис. 100. Микроструктура поперечного шлифа, изготовленного с гурта статера Фофорса № 2398.

Fig. 100. Microstructure of a cross-section made at the edge of Thothorses stater No. 2398

Микроструктура поперечного шлифа, изготовленного с гурта статера № 2398, с указанием структурных составляющих представлена на рис. 100. Она состоит из зерен первичного β твердого раствора на основе меди и вырожденной эвтектики из β и α твердых растворов.

Серебро в структуре сплава статера Фофорса № 2398, так же как и в монетах Фарсанза и Реску-

пориды V, присутствует в виде отдельных (эвтектических) включений, где его количество составляет около 85% (рис. 101, б), и в виде твердого раствора в матрице, где его содержание не превышает 3% (рис. 101, в). Кроме того, в некоторых участках микроструктуры встречаются отдельные включения свинца и олова, которые также показаны выше на рис. 100.

Результаты РСМА, проведенного методом набора спектра по площади, на участках в центре сечения монеты (рис. 103), а также с локального участка (рис. 102, б), свидетельствуют о наличии

небольшого количества олова (до 2,5%). Это подтверждает, что статер № 2398 отчеканен из свинцово-оловянистой бронзы с содержанием серебра в количестве до 3%.

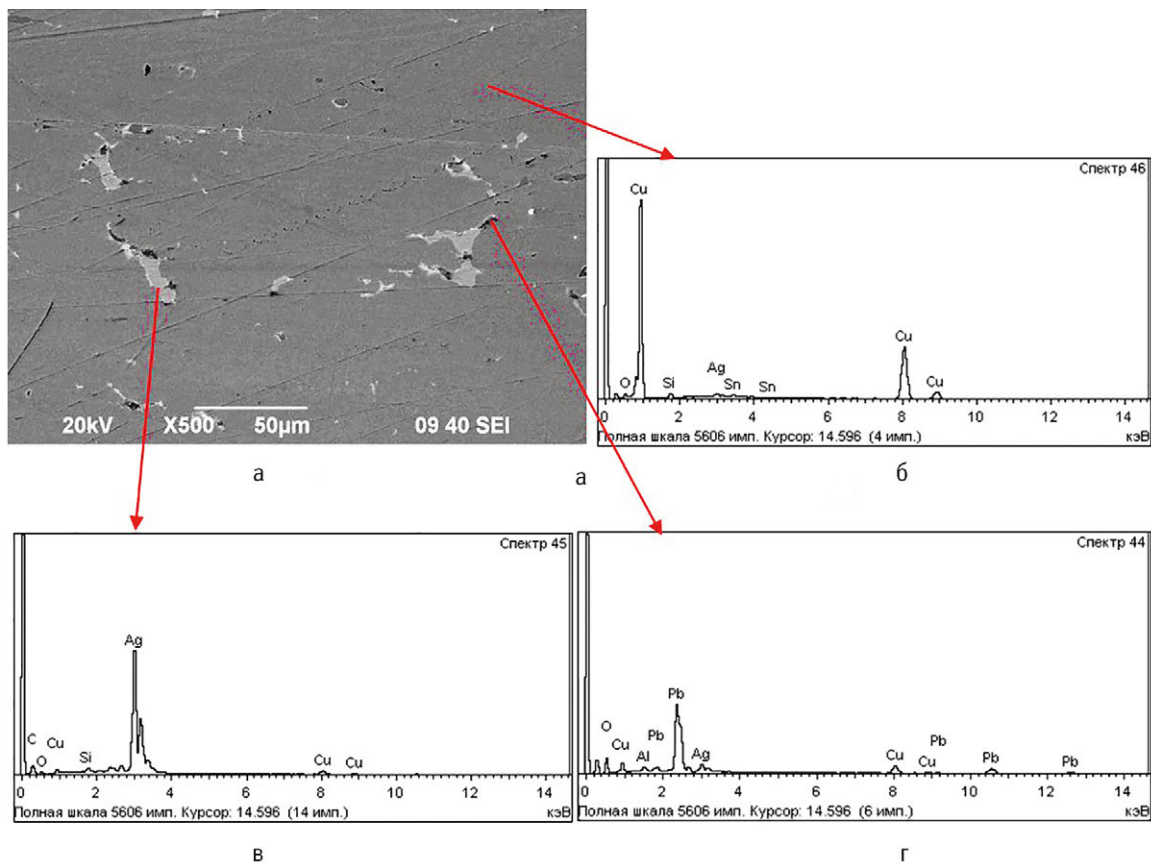


Рис. 101. Локальный РСМА в центре сечения поперечного шлифа статера Фофорса № 2398.

Fig. 101. Local EPMA in the center of the cross section of Thothorses stater No. 2398.

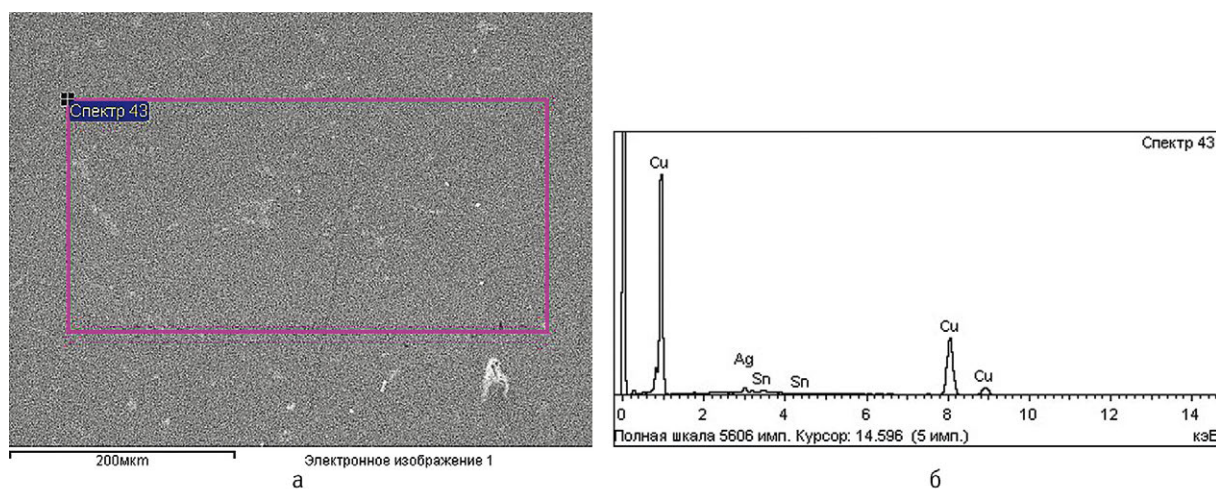


Рис. 102. Электронное изображение центральной области поперечного шлифа, изготовленного с гурта статера Фофорса № 2398 (а), и характеристический спектр с исследуемого участка (б).

Fig. 102. Electronic image of the central region of a transverse thin section made on the edge of Thothorses stater No. 2398 (a), and a characteristic spectrum from the investigated area (b).

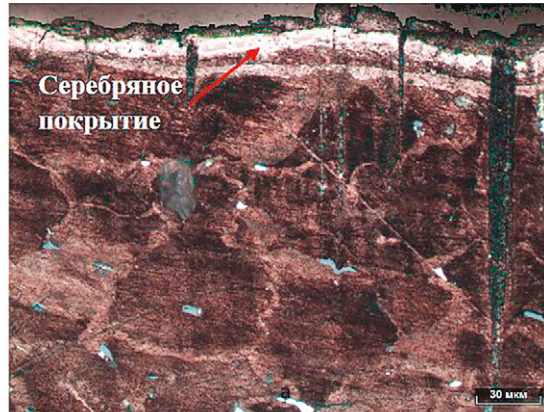


Рис. 103. Микроструктура поверхности поперечного шлифа, изготовленного с гурта статера Фофорса № 2398.
Fig. 103. Microstructure of the surface of a transverse thin section made on the edge of Thothorses stater No. 2398.

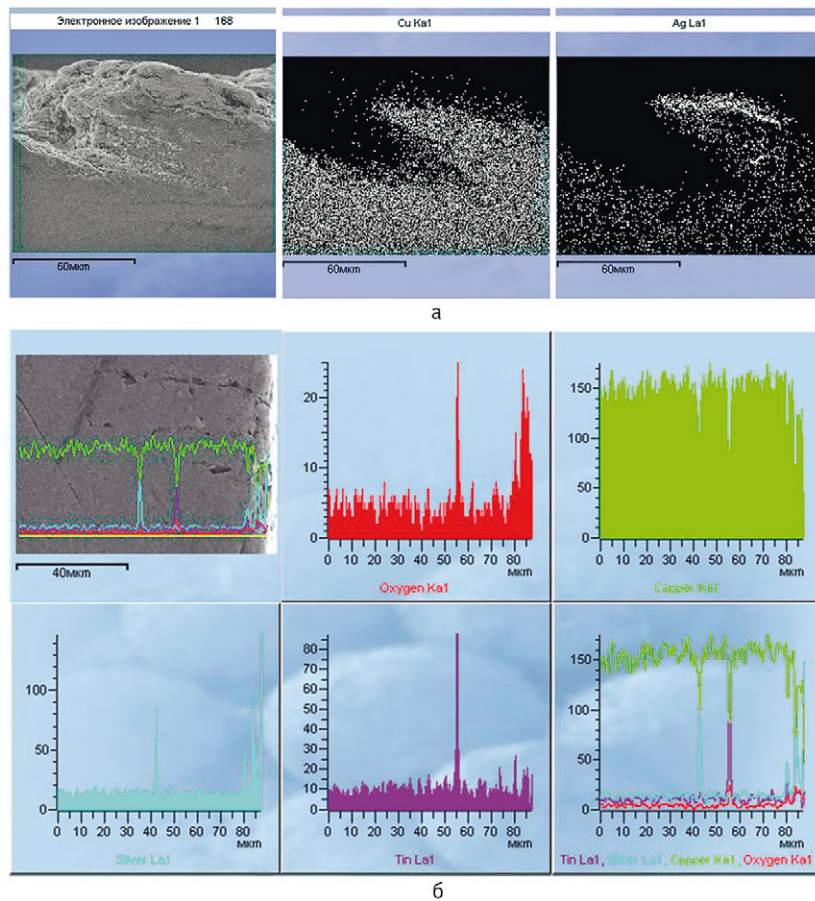


Рис. 104. Распределение элементов по линии (а) и карта распределения меди и серебра (б) в поперечном сечении гурта статера Фофорса № 2398.

Fig. 104. Distribution of elements along the line (a) and a map of the distribution of copper and silver (b) in the cross-section of the edge of Thothorses stater No. 2398.

Микроанализ поперечного шлифа, изготовленного с гурта статера Фофорса № 2398, показал, что на поверхности монеты имеется светлый слой толщиной до 15 мкм (рис. 103). Распределение элементов по линии (рис. 104, а) свидетельствует, что на некотором расстоянии от поверхности содержание меди понижено, а содержание серебра

повышено. Результаты картирования также показали, что поверхностный слой монеты обогащен серебром (рис. 104, б). Таким образом, подтверждается предположение о серебряном покрытии на монетах Фофорса, нанесенном, очевидно, с помощью специальных паст (см. рис. 103).

Выводы

Результаты металлографического и микро-рентгеноспектрального исследований статеров Фифорса 286/287 г. н.э. демонстрируют, что:

– монетными сплавами являются: а) оловянистая бронза с содержанием олова 1,6–4,32%; б) свинцово-оловянистая бронза с содержанием свинца 3,53–3,62% и олова 2,26–2,41%; свинцовистая бронза с содержанием свинца 9,88%.

– на поверхности статеров 286/287 г. н.э. имеется серебряное покрытие толщиной до 15 мкм,

нанесенное с применением специальных паст, компонентами которых являлись хлориды серебра, натрия, аммония, гидротартрат калия, хлорид ртути и мел в качестве загустителя. В условиях крупномасштабного производства монет после чеканки они могли массой погружаться в контейнеры с пастой. Следует учитывать, что объем чеканки подобным образом посеребрённых статеров в 286/287 г. н.э. был очень небольшим.

Заключение

Результаты проведенных в 2016–2021 гг. серий мульти-аналитических исследований (методами XRF, EPMA, NRCA, FIB–FESEM–EDX, SEM–EDX, PI–PI и т.д.) около 3 000 статеров из целого ряда боспорских кладов позволяют конкретизировать представление о технологии серебряной чеканки на Боспоре в III в. н.э. Данные химических и металлургических исследований монетных сплавов свидетельствуют, что с 228/229 по 286/287 гг. н.э. (с перерывами) на Боспоре чеканятся статеры из серебра или содержавшие серебро (а иногда и некоторое количество золота). На протяжении этого отрезка времени происходит девальвация боспорского статера, который быстро превращается из золотой монеты в серебряную, затем биллонную (выпускавшуюся почти 40 лет – до 267/268 г. н.э.) и, наконец (с 275 г. н.э.), медную монету с содержанием серебра около 4–6% и серебряным покрытием.

Данный процесс развивается параллельно с девальвацией римского серебра – антониниана и денария (которые также чеканятся из металла с пониженным содержанием серебра и часто нерегулярно), отражая те же стадии деградации монеты и попытки государства вернуть доверие к «серебряным» деньгам. В Империи это редкие небольшие выпуски квинариев и серебряных серий в чеканках Урания Антонина (только золото), Галлиена, Проба, Кара в 260–280-х гг., реформы Аврелиана и Диоклетиана; на Боспоре – реформа Рескупорида V в середине 260-х гг., сопровождавшаяся выпуском мелких золотых и серебряных монет высокой пробы параллельно с биллоном условной стоимости.

Экспериментальные исследования поверхности антонинианов и боспорских статеров позволяют предполагать, что в римском и боспорском монетном деле использовалась одна (или, по крайней мере, близкая) технология обогащения серебром поверхности кружков-бланков для чеканки биллонных монет. Она включала операции

темперирования и травления заготовки в кислотах для удаления оксидов меди и выявления серебряной фазы, с последующей проковкой бланка и проявлением эффекта сегрегации серебра на поверхность.

Во второй половине 270-х гг. и в Империи, и в Боспорском царстве выпускаются посеребренные медные монеты с практически одинаковым количеством серебра в сплаве, технология их производства также, возможно, была близка.

Впервые установлен факт чеканки Фофорсом в 286/287 г. н.э. последних посеребренных статеров, в поверхностном серебряном слое которых выявлено присутствие хлора, кальция, натрия и магния. Это позволяет говорить о возможном применении для обогащения серебром поверхности позднебоспорских статеров специальных паст, содержавших хлориды серебра, натрия, аммония, ртути, гидротартрат калия и мел¹⁹³.

Также впервые установлено и присутствие хлора в поверхностном слое статеров Фансанза 253/254 г. н.э., в то время как статеры Рескупорида V этого года были изготовлены по совершенно иной технологии. Это подразумевает производство монеты на разных монетных дворах, а, следовательно, ведет к заключению, что эти цари не были соправителями.

Далеко не все вопросы технологии боспорской серебряной чеканки III в. н.э. нашли удовлетворительное решение. Так, например, мы не получили однозначного представления о технологии серебрения медных статеров Рескупорида V, Савромата IV и Тейрана 275 г. н.э., внешний вид которых мало чем отличается от посеребренных статеров Фофорса 286/287 г. н.э.: и те, и другие содержат почти одинаковое количество серебра в сплаве и имеют серебряное покрытие поверхности. Таким образом, требуются дальнейшие исследования.

¹⁹³ Абрамзон, Ефимова и др. 2020; Abramzon et al. 2020.

Приложение

Элементный состав сплава статеров Рескупорида V из Керченского клада 1988 г. (РФА)

Впервые публикуются данные РФА о химическом составе металла статеров Рескупорида V Керченского клада 1988 г. Исследованию подверглись 469 экз. Цветом выделены серебряные статеры (выше 500 пробы).

№	Инв. №	Год н.э.	Au %	Ag %	Cu %	Pb %	Sn %	Sb %
1	3984	242/3	0.431	44.042	53.977	0.488	0.932	0.13
2	3985	242/3	1.237	31.408	66.361	0.145	0.751	0.099
3	3986	243/4	2.191	44.177	52.312	0.289	0.947	0.084
4	3987	243/4	2.687	52.715	42.998	0.358	1.132	0.11
5	3988	243/4	1.102	59.805	37.53	0.363	1.2	
6	3989	243/4	0.278	61.253	36.584	0.605	1.237	0.043
7	3990	243/4	0.505	67.06	30.786	0.164	1.349	0.135
8	3991	243/4	3.458	51.005	44.199	0.276	0.972	0.089
9	3992	243/4	0.885	52.033	44.986	0.975	1.076	0.046
10	3993	243/4	0.789	42.199	55.717	0.449	0.847	
11	3994	243/4	3.115	46.006	50.009	0.284	0.504	0.081
12	3963	243/4	3.291	43.206	52.257	0.298	0.853	0.095
13	3995	244/5	1.032	54.336	43.249	0.14	1.07	0.174
14	3996	244/5	1.579	55.582	41.282	0.22	1.113	0.223
15	3997	244/5	0.617	76.796	20.594	0.322	1.422	0.248
16	3998	244/5	0.255	41.967	55.53	0.27	1.87	0.108
17	3956	244/5	0.275	54.844	43.476	0.221	1.062	0.122
18	4035	244/5	2.671	45.229	50.854	0.364	0.743	0.139
19	4036	244/5	0.257	55.159	43.348	0.464	0.684	0.088
20	4037	244/5	4.466	36.908	57.843	0.153	0.462	0.167
21	4038	244/5	2.453	62.674	33.852	0.161	0.711	0.149
22	4039	244/5	0.448	58.541	39.941	0.216	0.732	0.123
23	4040	244/5	0.459	81.26	16.854	0.275	1.04	0.112
24	4041	244/5	0.44	46.673	52.055	0.142	0.556	0.133
25	4042	244/5	0.357	88.845	9.536	0.142	1.029	0.09
26	4043	244/5	1.203	67.677	29.784	0.258	0.871	0.208
27	4044	244/5	2.74	21.746	74.858	0.186	0.337	0.133
28	4047	244/5	1.937	26.743	70.504	0.226	0.443	0.147
29	4048	244/5	0.421	64.386	34.177	0.107	0.758	0.151
30	4049	244/5	1.51	61.933	35.274	0.275	0.836	0.172
31	4050	244/5	0.555	51.711	46.573	0.257	0.76	0.144
32	4051	244/5	0.476	67.89	30.294	0.141	0.977	0.222
33	4052	244/5	0.466	45.137	53.311	0.401	0.589	0.095
34	4053	244/5	0.3	67.338	31.136	0.16	0.936	0.129
35	4054	244/5	0.632	60.102	38.082	0.155	0.884	0.144
36	4055	244/5	0.615	59.169	39.174	0.142	0.736	0.165
37	4056	244/5	3.466	44.193	51.344	0.102	0.727	0.169
38	4057	244/5	2.984	42.531	53.333	0.296	0.528	0.326
39	4058	244/5	2.844	23.652	72.79	0.152	0.477	0.085
40	4059	244/5	1.093	45.165	52.626	0.256	0.704	0.156
41	4060	244/5	2.937	24.725	71.669	0.153	0.419	0.098
42	4061	244/5	0.508	47.391	51.146	0.203	0.632	0.12
43	4062	244/5	3.16	31.624	64.513	0.149	0.394	0.159
44	4063	244/5	3.85	30.021	65.267	0.205	0.529	0.127
45	4064	244/5	3.133	31.317	64.626	0.271	0.536	0.117
46	4066	244/5	4.469	36.13	58.303	0.178	0.792	0.129

47	3966	244/5	0.854	58.724	39.048	0.175	1.079	0.12
48	4032	244/5	0.378	77.129	20.463	0.263	1.579	0.188
49	4033	244/5	0.371	53.05	45.19	0.219	1.074	0.096
50	4034	244/5	0.296	53.639	44.633	0.146	1.157	0.129
51	4045	244/5	4.529	45.663	48.309	0.195	1.132	0.172
52	4046	244/5	1.29	53.117	43.828	0.318	1.283	0.164
53	3999	245/6	2.166	31.898	64.701	0.174	0.916	0.145
54	4000	245/6	0.459	44.034	54.279	0.15	0.831	0.2467
55	4001	245/6	1.115	29.838	67.929	0.227	0.746	0.144
56	4002	245/6	0.645	41.444	56.692	0.17	0.913	0.136
57	4003	245/6	0.223	32.983	65.725	0.206	0.775	0.088
58	4004	245/6	1.858	38.998	58.094	0.156	0.791	0.101
59	4005	245/6	1.639	40.656	56.784	0.148	0.571	0.202
60	4006	245/6	0.288	41.695	57.155	0.257	0.471	0.134
61	4007	245/6	2.566	56.201	40.358	0.106	0.642	0.127
62	4008	245/6	0.914	46.892	51.398	0.17	0.54	0.086
63	4119	245/6	3.251	35.216	60.23	0.385	0.738	0.18
64	4013	246/7	1.331	23.074	74.645	0.305	0.563	0.083
65	4014	246/7	0.317	48.741	49.316	0.212	1.316	0.098
66	4015	246/7	1.246	30.995	67.19	0.118	0.364	0.088
67	4016	246/7	2.366	31.77	64.954	0.336	0.478	0.094
68	4017	246/7	2.088	37.451	59.813	0.068	0.472	0.107
69	4018	246/7	3.134	45.77	50.345	0.109	0.533	0.108
70	4019	246/7	1.582	33.325	64.463	0.135	0.398	0.098
71	4020	246/7	1.046	27.102	71.182	0.23	0.365	0.076
72	4021	246/7	1.852	29.491	67.766	0.336	0.426	0.129
73	4023	246/7	1.696	33.198	63.8	0.292	0.939	0.074
74	4025	246/7	1.978	32.181	65.002	0.287	0.406	0.146
75	4026	246/7	2.996	34.015	62.222	0.268	0.392	0.106
76	4027	246/7	0.258	27.918	71.122	0.185	0.363	0.154
77	4024	246/7	2.792	35.944	60.222	0.179	0.725	0.139
78	4030	246/7	2.923	36.558	59.426	0.21	0.714	0.168
79	4031	246/7	2.853	46.355	49.339	0.282	1.059	0.112
80	4065	247/8	2.718	28.422	67.958	0.32	0.466	0.116
81	3957	248/9	1.375	17.106	80.887	0.281	0.227	0.123
82	3964	248/9	1.823	26.891	70.055	0.248	0.882	0.100
83	4010	248/9	0.580	15.600	82.360	0.550	0.550	0.060
84	4011	248/9	0.713	25.392	72.978	0.427	0.411	0.078
85	4022	248/9	2.838	41.520	54.056	0.528	0.958	0.100
86	4028	248/9	3.036	29.612	66.158	0.515	0.592	0.087
87	4029	248/9	0.775	14.293	84.119	0.435	0.310	0.068
88	4067	248/9	1.873	29.789	67.335	0.288	0.621	0.095
89	4068	248/9	0.435	14.102	84.067	0.581	0.704	0.112
90	4069	248/9	1.797	20.675	76.386	0.347	0.677	0.119
91	4070	248/9	1.139	18.933	79.081	0.357	0.383	0.107
92	4071	248/9	0.681	18.657	79.970	0.304	0.324	0.063
93	4072	248/9	1.366	36.827	60.728	0.262	0.616	0.200
94	4073	248/9	1.317	25.354	72.434	0.376	0.367	0.153
95	4074	248/9	1.510	17.676	80.187	0.185	0.332	0.109
96	4075	248/9	1.684	26.175	70.629	0.582	0.679	0.130
97	4076	248/9	2.373	26.360	70.543	0.187	0.437	0.099
98	4077	248/9	1.531	18.364	79.479	0.264	0.265	0.096
99	4078	248/9	1.265	20.995	77.084	0.264	0.322	0.070
100	4079	248/9	1.929	26.665	70.483	0.369	0.462	0.092
101	4080	248/9	1.030	23.047	75.229	0.211	0.359	0.083
102	4081	248/9	2.792	33.453	62.570	0.507	0.585	0.093
103	4082	248/9	2.643	41.238	55.176	0.258	0.615	0.069
104	4083	248/9	1.557	34.350	63.321	0.249	0.474	0.049
105	4084	248/9	2.538	29.456	67.191	0.252	0.412	0.151
106	4085	248/9	2.720	37.071	59.343	0.224	0.518	0.125
107	4086	248/9	1.550	25.870	71.760	0.310	0.430	0.070

108	4087	248/9	1.513	33.397	63.902	0.634	0.461	0.093
109	4088	248/9	0.934	16.725	81.807	0.211	0.247	0.076
110	4089	248/9	0.806	16.119	82.323	0.303	0.385	0.065
111	4090	248/9	1.405	19.604	78.290	0.316	0.357	0.028
112	4091	248/9	1.921	26.842	70.614	0.115	0.386	0.121
113	4092	248/9	1.700	22.874	74.574	0.299	0.441	0.112
114	4093	248/9	1.005	26.875	71.179	0.319	0.440	0.091
115	4094	248/9	1.152	21.008	77.110	0.292	0.338	0.100
116	4095	248/9	1.070	20.497	77.211	0.611	0.518	0.093
117	4096	248/9	2.230	39.829	56.847	0.375	0.584	0.135
118	4097	248/9	1.513	16.322	81.518	0.223	0.269	0.030
119	4098	248/9	1.484	20.816	77.043	0.230	0.350	0.078
120	4099	248/9	1.435	25.399	71.568	0.410	1.095	0.093
121	4100	248/9	1.219	25.644	72.316	0.288	0.454	0.079
122	4101	248/9	1.359	23.099	74.967	0.201	0.345	0.029
123	4102	248/9	3.122	29.843	65.947	0.534	0.470	0.084
124	4103	248/9	1.692	29.644	67.613	0.438	0.529	0.084
125	4104	248/9	5.134	43.265	50.535	0.361	0.600	0.105
126	4105	248/9	2.228	37.453	59.375	0.280	0.578	0.087
127	4106	248/9	3.353	33.311	62.147	0.615	0.495	0.078
128	4107	248/9	3.219	28.269	67.656	0.388	0.421	0.047
129	4108	248/9	2.522	39.296	56.991	0.217	0.866	0.108
130	4109	248/9	1.398	19.100	78.956	0.213	0.311	0.024
131	4110	248/9	2.096	32.603	64.441	0.244	0.518	0.097
132	4111	248/9	2.059	34.543	62.125	0.272	0.898	0.103
133	4112	248/9	2.147	38.445	58.409	0.221	0.641	0.137
134	4113	248/9	3.451	32.674	63.050	0.203	0.520	0.101
135	4114	248/9	2.989	26.850	69.344	0.303	0.432	0.083
136	4115	248/9	3.270	27.642	68.183	0.409	0.430	0.066
137	4116	248/9	3.421	28.248	67.438	0.402	0.407	0.085
138	4118	248/9	0.980	39.274	57.302	1.392	0.923	0.129
139	4187	248/9	3.248	48.130	47.235	0.340	0.930	0.116
140	4188	248/9	3.214	40.473	55.156	0.232	0.820	0.105
141	3958	249/50	1.187	22.409	75.585	0.316	0.436	0.067
142	3959	249/50	0.457	12.526	86.370	0.291	0.307	0.048
143	3961	249/50	1.729	26.663	70.415	0.285	0.775	0.134
144	3967	249/50	1.076	18.503	79.231	0.515	0.607	0.068
145	3968	249/50	2.558	38.736	57.468	0.334	0.780	0.124
146	4117	249/50	0.672	16.134	82.090	0.541	0.481	0.081
147	4120	249/50	1.291	32.480	65.212	0.264	0.598	0.154
148	4121	249/50	1.470	42.790	53.710	0.740	1.140	0.160
149	4122	249/50	0.972	26.201	71.580	0.354	0.798	0.095
150	4123	249/50	0.239	61.59	36.783	0.352	0.939	0.097
151	4124	249/50	0.377	12.255	86.613	0.399	0.288	0.067
152	4125	249/50	0.924	22.301	76.093	0.252	0.380	0.051
153	4126	249/50	1.312	26.040	71.739	0.264	0.605	0.040
154	4127	249/50	0.472	30.446	68.275	0.291	0.478	0.039
155	4128	249/50	1.390	33.526	64.113	0.348	0.535	0.088
156	4129	249/50	0.176	13.655	85.415	0.294	0.461	0.000
157	4130	249/50	0.943	14.934	83.101	0.168	0.782	0.073
158	4131	249/50	1.190	17.314	80.766	0.222	0.435	0.074
159	4132	249/50	0.557	41.989	56.467	0.300	0.645	0.042
160	4133	249/50	1.898	37.007	60.279	0.153	0.586	0.077
161	4134	249/50	0.506	29.993	68.224	0.502	0.588	0.188
162	4135	249/50	0.937	25.045	73.322	0.222	0.404	0.070
163	4136	249/50	1.436	31.586	66.100	0.147	0.600	0.130
164	4137	249/50	0.235	47.063	50.906	0.598	1.067	0.131
165	4138	249/50	1.432	35.463	61.610	0.359	1.027	0.108
166	4139	249/50	1.142	23.283	73.759	0.990	0.751	0.076
167	4140	249/50	0.667	20.073	78.460	0.219	0.495	0.086
168	4142	249/50	0.660	51.630	46.020	0.690	0.900	0.100

169	4143	249/50	0.886	23.320	74.828	0.439	0.422	0.106
170	4144	249/50	0.733	16.848	81.832	0.229	0.301	0.057
171	4145	249/50	1.752	35.314	61.942	0.608	0.224	0.16
172	4146	249/50	1.593	39.705	57.254	0.921	0.369	0.158
173	4147	249/50	0.278	47.779	51.164	0.296	0.4	0.082
174	4148	249/50	0.981	17.681	79.72	0.848	0.696	0.075
175	4149	249/50	1.487	32.832	65.142	0.208	0.253/4	0.078
176	4150	249/50	0.208	40.777	58.109	0.49	0.373	0.044
177	4151	249/50	0.719	21.524	77.009	0.263	0.427	0.057
178	4152	249/50	1.052	25.09	73.1	0.509	0.216	0.034
179	4153	249/50	0.393	10.728	88.085	0.273	0.449	0.072
180	4154	249/50	0.206	26.911	71.691	0.782	0.348	0.062
181	4155	249/50	1.1	26.965	71.285	0.321	0.26	0.069
182	4156	249/50	1.569	28.48	69.21	0.44	0.238	0.062
183	4157	249/50	0.789	15.863	82.544	0.349	0.378	0.077
184	4158	249/50	1.57	26.01	71.61	0.24	0.47	0.11
185	4159	249/50	1.347	29.352	68.506	0.462	0.264	0.07
186	4160	249/50	2.019	41.833	54.483	1.009	0.495	0.162
187	4161	249/50	1.314	29.056	68.942	0.207	0.332	0.149
188	4162	249/50	2.084	46.401	50.687	0.306	0.414	0.109
189	4163	249/50	0.39	84.16	13.23	1.19	1.04	0.00
190	4164	249/50	1.72	38.72	58.64	0.32	0.45	0.15
191	4165	249/50	0.947	24.446	73.941	0.306	0.308	0.051
192	4166	249/50	1.005	33.043	63.599	0.755	1.458	0.139
193	4167	249/50	2.645	59.396	37.066	0.137	0.578	0.178
194	4168	249/50	1.109	28.639	69.585	0.168	0.377	0.122
195	4169	249/50	0.574	54.52	43.115	0.349	1.302	0.14
196	4170	249/50	0.518	40.137	58.614	0.26	0.43	0.041
197	4171	249/50	0.807	21.724	76.78	0.424	0.237	0.029
198	4172	249/50	1.146	24.217	73.593	0.524	0.428	0.092
199	4173	249/50	1.67	51.439	45.434	0.411	0.857	0.189
200	4174	249/50	1.415	26.255	71.724	0.189	0.337	0.08
201	4175	249/50	1.344	25.209	72.557	0.473	0.281	0.136
202	4176	249/50	0.537	14.081	84.339	0.639	0.334	0.069
203	4177	249/50	1.357	36.009	61.586	0.539	0.421	0.087
204	4178	249/50	1.712	48.14	48.288	1.107	0.564	0.189
205	4179	249/50	0.46	34.27	64.72	0.13	0.36	0.06
206	4180	249/50	0.28	19.8	79.49	0.18	0.26	0
207	4181	249/50	0.569	42.893	55.747	0.15	0.499	0.142
208	4182	249/50	0.535	57.07	41.607	0.17	0.618	0
209	4183	249/50	0.571	59.643	38.635	0.451	0.7	0
210	4184	249/50	0.999	23.815	73.981	0.809	0.338	0.058
211	4185	249/50	0.573	24.235	74.06	0.51	0.511	0.111
212	4186	249/50	1.229	30.511	67.188	0.335	0.61	0.127
213	3965	250/1	0.638	20.082	77.899	0.81	0.433	0.138
214	4189	250/1	0.575	48.568	49.296	0.377	1.081	0.102
215	4190	250/1	0.931	24.434	73.826	0.223	0.51	0.075
216	4191	250/1	0.47	29.722	68.569	0.251/2	0.873	0.067
217	4192	250/1	1.305	28.468	69.472	0.294	0.363	0.098
218	4193	250/1	0.93	26.14	71.31	0.76	0.4	0.1
219	4194	250/1	0.834	20.632	77.712	0.49	0.267	0.065
220	4195	250/1	0.778	21.583	77.016	0.222	0.331	0.069
221	4196	250/1	0.395	46.878	51.324	0.645	0.576	0.181
222	4197	250/1	0.522	36.875	61.297	0.321	0.744	0.082
223	4198	250/1	1.171	31.095	66.518	0.69	0.425	0.101
224	4199	250/1	0.88	58.889	37.767	1.172	1.137	0.155
225	4200	250/1	0.847	25.013	73.32	0.385	0.361	0.075
226	4201	250/1	0.83	43.75	54.09	0.36	0.83	0.13
227	4202	250/1	1.392	23.147	74.749	0.264	0.358	0.091
228	4203	250/1	0.465	25.232	73.715	0.172	0.38	0.035
229	4204	250/1	0.44	25.871	72.893	0.195	0.478	0.123

230	4205	250/1	0.7	28.65	69.19	0.35	0.76	0.09
231	4206	250/1	0.392	42.924	55.657	0.385	0.531	0.11
232	4207	250/1	1.625	27.968	69.512	0.375	0.411	0.108
233	4208	250/1	0.588	26.678	71.944	0.207	0.511	0.072
234	4209	250/1	1.1	24.8	72.9	0.53	0.42	0.11
235	4210	250/1	0.442	45.992	52.688	0.156	0.646	0.077
236	4211	250/1	1.947	30.663	66.59	0.203	0.498	0.1
237	4212	250/1	0.617	28.085	70.448	0.321	0.451	0.078
238	4213	250/1	0.824	28.303	69.994	0.287	0.388	0.204
239	4214	250/1	0.341	45.86	52.508	0.295	0.89	0.106
240	4215	250/1	0.234	29.358	69.388	0.471	0.478	0.07
241	4216	250/1	0.762	26.255	71.906	0.225	0.757	0.095
242	4217	250/1	0.553	36.833	59.934	1.036	1.369	0.119
243	4218	250/1	0.214	18.75	80.182	0.308	0.44	0.105
244	4219	250/1	0.436	26.446	72.449	0.18	0.418	0.071
245	4220	250/1	1.147	20.497	77.66	0.296	0.337	0.063
246	4221	250/1	0.889	28.159	69.474	0.516	0.871	0.092
247	4222	250/1	1.493	63.422	33.594	0.27	1.073	0.149
248	4223	250/1	0.842	46.143	51.784	0.385	0.698	0.148
249	4224	250/1	0.353	33.117	65.708	0.228	0.498	0.095
250	4226	250/1	0.507	29.364	69.115	0.482	0.437	0.096
251	4227	250/1	0.968	43.002	54.829	0.299	0.652	0.251
252	4228	250/1	0.363	56.178	42.173	0.288	0.841	0.157
253	4229	250/1	0.955	31.06	66.718	0.682	0.492	0.093
254	4230	250/1	0.675	26.913	71.396	0.35	0.503	0.163
255	4231	250/1	0.933	23.773	74.422	0.331	0.513	0.028
256	4232	250/1	0.767	23.177	74.774	0.542	0.646	0.093
257	4233	250/1	0.461	41.853	56.391	0.184	0.949	0.1
258	4234	250/1	0.635	21.396	76.982	0.557	0.364	0.066
259	4235	250/1	0.637	15.33	83.39	0.194	0.387	0.061
260	4236	250/1	0.806	52.938	45.208	0.215	0.732	0.101
261	4237	250/1	0.525	32.674	65.768	0.243	0.7	0.089
262	4238	250/1	0.987	37.895	58.777	0.66	1.435	0.11
263	4239	250/1	3.081	29.162	65.447	1.026	1.115	0.169
264	4240	250/1	0.824	25.17	72.77	0.235	0.909	0.092
265	4241	250/1	0.48	38.236	60.45	0.162	0.671	0
266	4242	250/1	1.247	40.421	57.293	0.248	0.677	0.114
267	4243	250/1	1.029	43.019	54.42	0.541	0.855	0.137
268	4244/	250/1	1.163	47.149	50.526	0.195	0.758	0.209
269	4245	250/1	1.02	32.001	66.046	0.34	0.478	0.115
270	4246	250/1	0.58	44.302	54.248	0.123	0.691	0.055
271	4247	250/1	1.347	23.843	73.86	0.382	0.496	0.072
272	4248	250/1	0.564	18.304	80.151	0.495	0.408	0.077
273	4249	250/1	0.576	44.67	52.402	0.885	1.293	0.173
274	4250	250/1	1.059	29.741	67.746	0.461	0.889	0.104
275	4251	250/1	0.35	28.723	69.999	0.263	0.582	0.082
276	4252	250/1	0.962	31.435	64.889	1.196	1.425	0.094
277	4253	250/1	1.144	31.608	66.217	0.409	0.518	0.105
278	4254	250/1	2.898	31.809	64.402	0.226	0.534	0.13
279	4255	250/1	1.452	25.602	71.978	0.376	0.484	0.108
280	4256	250/1	0.97	25.977	71.982	0.291	0.697	0.082
281	4257	250/1	0.83	21.033	77.152	0.54	0.402	0.043
282	4258	250/1	0.409	50.05	48.747	0.133	0.661	0
283	4259	250/1	0.572	46.713	51.668	0.125	0.754	0.093
284	4260	250/1	0.478	60.371	38.032	0.098	0.92	0.101
285	4261	250/1	0.57	46.958	51.056	0.342	0.796	0.278
286	4262	250/1	0.884	31.376	66.562	0.581	0.507	0.09
287	4263	250/1	1.042	42.607	55.228	0.393	0.617	0.113
288	4264	250/1	1.016	21.185	77.129	0.277	0.363	0.03
289	4265	250/1	3.868	39.357	55.84	0.105	0.676	0.155
290	4266	250/1	0.989	26.881	70.729	0.612	0.701	0.088

291	4267	250/1	0.383	31.191	67.421	0.354	0.578	0.074
292	4268	250/1	0.879	26.676	71.096	0.517	0.764	0.068
293	4269	250/1	0.693	19.942	78.165	0.739	0.346	0.114
294	3960	250/1	0.852	27.969	70.399	0.373	0.298	0.109
295	4009	250/1	1.703	60.999	35.395	1.016	0.722	0.166
296	4270	250/1	0.494	45.099	53.797	0.093	0.516	0
297	4271	250/1	1.252	42.791	54.898	0.497	0.444	0.117
298	4272	250/1	1.141	29.688	68.467	0.248	0.36	0.096
299	4273	250/1	0.754	39.054	58.863	0.35	0.886	0.093
300	4274	250/1	1.016	25.395	72.349	0.155	1.042	0.044
301	4275	250/1	0.52	46.376	52.003	0.063	0.995	0.042
302	4276	250/1	1.277	31.621	66.225	0.376	0.405	0.097
303	4277	250/1	1.093	32.769	65.008	0.587	0.456	0.087
304	4278	250/1	1.425	39.597	58.039	0.293	0.539	0.108
305	4279	250/1	0.956	23.162	75.084	0.312	0.404	0.083
306	4280	250/1	0.5	77.196	19.597	0.288	2.267	0.152
307	4281	250/1	0.818	34.239	64.127	0.23	0.477	0.108
308	4282	250/1	0.423	31.669	67.084	0.214	0.51	0.1
309	4283	249/50	2.778	24.805	71.651	0.217	0.484	0.065
310	4284	250/1	1.106	32.916	65.006	0.239	0.64	0.094
311	4285	250/1	0.923	26.494	71.587	0.407	0.516	0.073
312	4286	250/1	0.514	21.98	76.725	0.326	0.415	0.039
313	4287	250/1	0.682	21.579	77.186	0.221	0.267	0.065
314	4288	250/1	0.368	33.096	64.763	0.641	0.993	0.138
315	4289	250/1	0.97	32.17	65.63	0.57	0.54	0.11
316	4290	250/1	0.248	24.602	74.105	0.463	0.509	0.072
317	4292	250/1	1.046	34.137	63.905	0.326	0.415	0.171
318	4293	250/1	0.345	32.669	65.889	0.465	0.526	0.106
319	4294	250/1	0.987	27.665	70.333	0.577	0.352	0.086
320	4295	250/1	0.444	19.641	79.129	0.391	0.316	0.079
321	4296	250/1	0.774	26.795	70.986	0.522	0.845	0.078
322	4297	250/1	0.843	25.538	72.58	0.386	0.573	0.079
323	4298	250/1	0.88	23.61	74.70	0.41	0.34	0.06
324	4299	250/1	0.75	27.65	70.42	0.7	0.41	0.07
325	4300	250/1	0.744	29.624	68.802	0.281	0.439	0.109
326	4301	250/1	0.654	22.556	76.038	0.406	0.317	0.03
327	4302	250/1	0.31	33.124	64.788	0.825	0.836	0.118
328	4303	250/1	0.829	31.702	65.874	0.693	0.8	0.102
329	4304	250/1	0.462	35.603	62.938	0.364	0.529	0.103
330	3962	251/2	0.872	25.228	72.921	0.218	0.663	0.098
331	4012	251/2	0.581	19.809	78.635	0.568	0.357	0.05
332	4307	251/2	1.131	37.664	60.102	0.418	0.565	0.121
333	4308	251/2	0.671	38.589	59.804	0.049	0.738	0.148
334	4309	251/2	0.921	40.683	57.311	0.299	0.636	0.149
335	4310	251/2	0.53	23.04	75.43	0.35	0.56	0.09
336	4311	251/2	0.82	18.537	80.039	0.178	0.347	0.078
337	4312	251/2	0.426	50.736	47.727	0.331	0.67	0.109
338	4313	251/2	0.65	16.282	82.335	0.315	0.365	0.053
339	4314	251/2	0.589	19.278	79.216	0.28	0.572	0.065
340	4315	251/2	0.987	20.639	77.614	0.279	0.393	0.087
341	4316	251/2	0.271	38.369	59.812	0.282	1.182	0.085
342	4317	251/2	0.903	22.115	75.962	0.322	0.622	0.076
343	4318	251/2	0.731	27.91	70.081	0.634	0.565	0.079
344	4319	251/2	0.9	27.521	68.572	1.314	1.532	0.161
345	4320	251/2	0.562	22.009	76.267	0.354	0.705	0.103
346	4321	251/2	0.454	14.986	83.668	0.494	0.319	0.08
347	4322	251/2	0.559	29.238	69.148	0.31	0.613	0.133
348	4323	251/2	0.59	20.194	78.143	0.256	0.687	0.13
349	4324	251/2	0.424	16.732	81.284	0.965	0.564	0.03
350	4325	251/2	0.695	19.907	78.485	0.292	0.563	0.057
351	4327	251/2	0.748	21.998	75.928	0.447	0.796	0.082

352	4328	251/2	1.12	33.556	64.355	0.242	0.605	0.122
353	4329	251/2	1.314	61.633	35.748	0.213	0.925	0.168
354	4330	251/2	0.294	23.504	75.477	0.344	0.382	0
355	4331	251/2	0.999	24.166	73.379	0.424	0.932	0.101
356	4332	251/2	1.177	31.578	65.94	0.653	0.537	0.114
357	4333	251/2	0.327	28.207	70.826	0.156	0.453	0.03
358	4334	251/2	0.713	26.837	70.975	0.892	0.503	0.08
359	4335	251/2	1.606	24.995	72.034	0.704	0.581	0.08
360	4336	251/2	1.21	32.2478	65.283	0.623	0.522	0.116
361	4337	251/2	0.753	21.436	76.559	0.453	0.719	0.08
362	4338	251/2	0.684	37.06	61.24	0.214	0.703	0.1
363	4339	251/2	0.926	31.13	66.977	0.271	0.583	0.114
364	4340	251/2	0.459	24.989	73.882	0.111	0.495	0.064
365	4341	251/2	0.757	26.44	72.141	0.153	0.425	0.084
366	4342	251/2	0.364	28.451	69.964	0.598	0.533	0.09
367	4343	251/2	1.073	39.329	58.605	0.203	0.659	0.131
368	4344	251/2	0.767	26.222	72.196	0.255	0.464	0.096
369	4345	251/2	0.865	25.482	71.99	0.809	0.757	0.098
370	4349	251/2	0.385	23.359	75.537	0.259	0.461	0
371	4350	251/2	0.658	28.849	69.654	0.291	0.502	0.047
372	4351	251/2	0.263	27.963	69.92	0.727	1.052	0.075
373	4352	251/2	0.712	19.129	79.385	0.328	0.373	0.074
374	4353	251/2	0.675	30.658	67.847	0.232	0.55	0.039
375	4354	251/2	0.744	26.767	71.261	0.478	0.651	0.1
376	4355	251/2	0.947	21.14	76.526	0.77	0.535	0.082
377	4356	251/2	0.397	54.88	43.617	0.159	0.898	0.049
378	4357	251/2	0.702	25.107	73.436	0.198	0.514	0.042
379	4358	251/2	0.725	20.451	78.157	0.135	0.492	0.041
380	4359	251/2	0.578	16.561	82.00	0.212	0.583	0.067
381	4360	251/2	0.998	23.108	75.151	0.15	0.436	0.157
382	4361	251/2	1.113	26.799	71.154	0.208	0.536	0.19
383	4365	251/2	0.189	13.811	84.454	0.773	0.695	0.077
384	4366	251/2	0.631	17.951	80.454	0.448	0.433	0.082
385	4378	251/2	0.721	17.845	80.456	0.388	0.501	0.09
386	4381	251/2	0.123	3.821	95.372	0.358	0.287	0.039
387	4384	251/2	1.058	28.928	69.163	0.211	0.552	0.089
388	4385	251/2	0.475	69.447	28.141	0.158	1.649	0.13
389	4386	251/2	1.072	35.035	61.989	1.016	0.737	0.15
390	4388	251/2	0.555	12.998	85.75	0.288	0.342	0.067
391	4389	251/2	0.517	15.324	83.398	0.355	0.346	0.061
392	4390	251/2	0.437	25.411	72.542	0.334	1.179	0.098
393	4392	251/2	1.016	24.231	73.861	0.15	0.632	0.111
394	4393	251/2	0.746	25.288	73.278	0.135	0.443	0.109
395	4394	251/2	0.887	26.916	70.936	0.529	0.541	0.191
396	4396	251/2	0.61	23.314	74.936	0.406	0.667	0.066
397	4397	251/2	0.762	22.581	75.813	0.263	0.461	0.119
398	4398	251/2	0.539	16.56	82.014	0.359	0.459	0.069
399	4399	251/2	0.839	22.839	75.259	0.449	0.529	0.085
400	4400	251/2	1.343	37.278	60.354	0.171	0.681	0.173
401	4401	251/2	0.272	14.899	84.101	0.342	0.358	0.028
402	4402	251/2	0.643	18.084	77.632	0.775	2.707	0.118
403	4403	251/2	0.856	23.05	75.143	0.252/3	0.629	0.07
404	4404	251/2	0.558	22.458	75.912	0.408	0.591	0.074
405	4405	251/2	0.656	20.615	77.056	0.847	0.735	0.09
406	4406	251/2	0.745	26.398	71.647	0.405	0.716	0.09
407	4409	251/2	0.539	14.279	84.513	0.286	0.324	0.06
408	4411	251/2	1.135	27.806	69.762	0.212	0.967	0.118
409	4412	251/2	0.851	25.216	72.857	0.384	0.603	0.089
410	4413	251/2	0.357	11.936	86.852	0.285	0.526	0.043

411	4414	251/2	0.645	18.340	80.278	0.233	0.436	0.068
412	4415	251/2	0.901	26.133	72.173	0.208	0.502	0.082
413	4416	251/2	0.521	14.128	84.613	0.337	0.337	0.064
414	4417	251/2	1.17	28.892	68.669	0.587	0.565	0.117
415	4418	251/2	0.737	18.129	78.619	0.476	1.933	0.107
416	4419	251/2	0.821	21.02	77.178	0.446	0.458	0.076
417	4420	251/2	0.94	29.83	68.331	0.166	0.613	0.119
418	4421	251/2	0.694	17.199	81.309	0.338	0.385	0.075
419	4422	251/2	0.711	13.864	84.744	0.146	0.469	0.067
420	4423	251/2	0.915	29.071	68.762	0.361	0.751	0.139
421	4424	251/2	0.762	20.594	77.703	0.303	0.565	0.073
422	4425	251/2	0.534	20.287	77.226	0.508	1.347	0.098
423	4426	251/2	0.756	18.725	79.559	0.438	0.467	0.056
424	4427	251/2	0.71	20.216	78.252	0.305	0.448	0.069
245	4428	251/2	0.727	18.007	80.09	0.075	0.992	0.07
426	4429	251/2	0.845	21.263	76.949	0.352	0.552	0.039
427	4430	251/2	0.735	18.971	79.474	0.286	0.479	0.054
428	4431	251/2	0.419	17.22	81.782	0.224	0.331	0.024
429	4432	251/2	1.004	23.095	74.776	0.601	0.426	0.098
430	4433	251/2	0.436	14.492	84.395	0.288	0.331	0.058
431	4434	251/2	0.659	18.088	79.935	0.516	0.655	0.068
432	4437	252/3	0.461	18.017	80.618	0.427	0.409	0.068
433	4438	252/3	0.501	20.966	77.442	0.506	0.517	0.068
434	4439	252/3	2.936	31.843	64.451	0.237	0.477	0.056
435	4440	252/3	0.408	23.162	74.963	0.85	0.528	0.088
436	4441	252/3	1.735	42.885	54.454	0.169	0.657	0.1
437	4442	252/3	0.339	18.387	79.988	0.87	0.343	0.073
438	4443	252/3	0.865	64.119	33.322	0.195	1.374	0.124
439	4444	252/3	0.897	31.444	66.449	0.429	0.677	0.104
440	4445	252/3	0.207	13.695	84.79	0.911	0.339	0.058
441	4446	252/3	0.157	12.481	85.895	1.062	0.359	0.047
442	4447	252/3	0.202	12.148	86.724	0.614	0.261	0.052
443	4448	252/3	0.449	13.751	84.959	0.439	0.368	0.034
444	4449	252/3	0.229	21.525	77.377	0.305	0.563	0
445	4450	252/3	0.194	18.975	79.798	0.294	0.664	0.076
446	4451	252/3	0.351	25.434	73.43	0.154	0.563	0.068
447	4452	252/3	0.15	12.426	85.987	0.917	0.521	0
448	4453	252/3	0.622	12.355	86.23	0.3	0.429	0.064
449	4454	252/3	0.346	17.877	80.667	0.5	0.532	0.079
450	4456	252/3	0.21	17.191	81.192	0.623	0.719	0.065
451	4458	252/3	0.551	18.499	79.628	0.719	0.521	0.084
452	4459	252/3	0.755	20.916	76.898	0.648	0.712	0.071
453	4460	252/3	0.555	44.819	52.331	0.649	1.501	0.146
454	4461	252/3	0.473	16.227	82.112	0.62	0.505	0.063
455	4462	252/3	0.694	17.745	80.599	0.381	0.528	0.053
456	4463	252/3	0.396	16.417	82.149	0.478	0.49	0.07
457	4464	252/3	0.164	12.694	85.415	1.233	0.369	0.056
458	4465	252/3	0.337	11.456	86.743	0.477	0.911	0.076
459	4466	252/3	0.761	24.113	73.491	0.845	0.711	0.079
460	4467	252/3	0.834	20.783	77.563	0.336	0.394	0.09
461	4468	252/3	0.589	17.481	80.879	0.162	0.822	0.067
462	4469	252/3	1.12	30.27	67.43	0.46	0.52	0.11
463	4470	252/3	1.12	30.27	67.43	0.46	0.52	0.11
464	4471	252/3	0.367	14.374	84.329	0.433	0.433	0.063
465	4472	252/3	0.264	13.756	84.952	0.568	0.398	0.062
466	4473	252/3	1.448	58.418	38.902	0.13	0.992	0.11
467	4474	253/4	0.26	16.07	82.14	0.8	0.5	0.08
468	4475	253/4	0.49	52.00	46.2	0.06	1.15	0.09
469	4476	253/4	0.19	11.89	86.46	1.02	0.41	0.04

Литература

- Абрамзон, М.Г. 2020. Еще раз о статерах Тейрана с датой ГЭФ: данные Фанагорийского клада 2011 г. В сб.: *Боспорский феномен. Боспорское царство М.И. Ростовцева. Взгляд из XXI века. Материалы международной научной конференции*. Ч. 2. СПб., 37–41.
- Абрамзон, М.Г., Безуглов, С.И., Гунчина, О.Л., Сапрыкина, И.А., Смекалова, Т.Н., Устаева, Э.Р. 2020. *Последнее золото Боспора: клады статеров III в. н.э. из поселения Волна 1*. М. (Археометрия Причерноморья. Вып. 1).
- Абрамзон, М.Г., Безуглов, С.И., Гунчина, О.Л., Устаева, Э.Р. 2020а. Клад золотых боспорских статеров II–III вв. н.э. из поселения Волна 1 на Таманском полуострове. *ВДИ* 2, 52–71.
- Абрамзон, М.Г., Безуглов, С.И., Гунчина, О.Л., Устаева, Э.Р. 2020б. Клад статеров Котиса III и Савромата III из поселения «Волна 1» на Таманском полуострове. *РА* 4, 98–114.
- Абрамзон, М.Г., Гунчина, О.Л. 2016а. 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. 2016б. Исследование монетного сплава боспорских статеров III–IV вв. н.э. методом рентгеновской флуоресцентной спектроскопии (XRF) (по материалам крупнейшего клада из раскопок Фанагории). *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., Сапрыкина, И.А. 2017. Содержание серебра в статерах Тейрана и реконструкция техники серебрения. *ПИФК* 4, 152–169.
- Абрамзон, М.Г., Ефимова, Ю.Ю., Копцева, Н.В., Барышников, М.П., Сапрыкина, И.А., Смекалова, Т.Н. 2020. Рентгеноспектральный микроанализ поверхности статеров Фофорса 286/287 г. н.э.: новые данные о технологии серебрения боспорских монет. *Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования* 5, 107–112.
- Абрамзон, М.Г., Ефимова, Ю.Ю., Копцева, Н.В., Сапрыкина, И.Ю. 2021. Рентгенофлуоресцентный анализ и рентгеноспектральный микроанализ позднебоспорских статеров из Фанагорийского и Гай-Кодзорских кладов: монетная техника и возможные источники медного сырья. *КСИА* 262, 401–412.
- Абрамзон, М.Г., Завойкин, А.А., Кузнецов, В.Д., Сапрыкина, И.А. 2019. Монеты позднеархаического и раннеклассического времени из Фанагории. В.Д. Кузнецов, А.А. Завойкин (ред.), *Нурапис* 1. М., 5–27.
- Абрамзон, М.Г., Иванина, О.А. 2010. *Античные монеты. Из собрания Керченского историко-культурного заповедника*. (Нумизматическая коллекция. Т. II). Киев.
- Абрамзон, М.Г., Кузнецов, В.Д. 2017. *Клад позднебоспорских статеров из Фанагории* (Фанагория. Результаты археологических исследований. Т. 5). М.
- Абрамзон, М.Г., Новичихин, А.М., Сапрыкина, И.А., Смекалова, Т.Н. 2019. *Третий Гай-Кодзорский клад позднебоспорских статеров*. М.
- Абрамзон, М.Г., Сапрыкина, И.А. 2019. От серебряных денег к медным: вторжения варваров, чеканка и инфляция на Боспоре в конце III в. – начале 340-х гг. н.э. (результаты исследования химического состава металла монет из кладов). *Stratum plus* 4, 359–406.
- Абрамзон, М.Г., Сапрыкина, И.А., Кичанов, С.Е., Козленко, Д.П., Назаров, К.М. 2018. Исследование химического состава сплава боспорских биллонных статеров III в. н.э. методами РФА-спектроскопии, нейтронной томографии и дифракции. *Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования* 2, 24–28.

- Абрамзон, М.Г., Сапрыкина, И.А., Смекалова, Т.Н. 2018. Содержание серебра в статерах Савромата IV. *ПИФК* 3, 107–124.
- Абрамзон, М.Г., Сапрыкина, И.А., Смекалова, Т.Н. 2020. Новые данные о технике изготовления статеров Рескупорида V и Фарсанза. В сб.: В.Н. Зинько, Е.А. Зинько (ред.), *XXI Боспорские чтения. Боспор Киммерийский и варварский мир в период античности и средневековья. Объекты искусства в археологическом контексте*. Симферополь–Керчь, 29–32.
- Абрамзон, М.Г., Фролова, Н.А. 2007–2008. *Корпус боспорских кладов античных монет*. Т. I (1834–2005 гг.). (БИ. Suppl. 2). Симферополь–Керчь.
- Алексеева, Е.М. 1997. *Античный город Горгиппия*. Москва.
- Анисимов, А.И. 1989. О продвижении племен готского союза в Северо-Восточное Причерноморье в середине III в. н.э. (по нумизматическим данным). В сб.: М.Ю. Вахтина, Ю.А. Виноградов, В.Ю. Зуев, Б.А. Раев (ред.), *Скифия и Боспор. Археологические материалы к конференции памяти академика М.И. Ростовцева (Ленинград, 14–17 марта 1989 г.)*. Новочеркасск, 128–130.
- Анохин, В.А. 1986. *Монетное дело Боспора*. Киев.
- Анохин, В.А. 2011. *Античные монеты Северного Причерноморья. Каталог*. Киев.
- Ашрафиан, А.А. 1982. О некоторых нумизматических датах Боспора в III в. н.э. В сб.: *Нумизматика античного Причерноморья*. Киев, 64–71.
- Гайдукевич, В.Ф. 1949. *Боспорское царство*. М.–Л.
- Голенко, К.В., 1970. Монеты, найденные при раскопках в Керчи в 1964 г. *ВДИ* 2, 87–99.
- Голенко, К.В. 1972. Таманский клад монет 1972 г. *Klio* 54, 239–249.
- Данилевский, В.В., Тихонов, Н.П., Фармаковский, М.В. (ред.). 1935. *Очерки по методике технологического исследования, реставрации и консервации древних металлических изделий*. (Известия Государственной академии истории материальной культуры имени Н.Я. Мара. Вып. 130). М.–Л.
- Дюков, Ю.Л., Смекалова, Т.Н. 1996. Состав металла статеров 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.
- Зограф, А.Н. 1940. Тиритакский клад. *КСИИМК* 6, 58–61.
- Зограф, А.Н. 1951. *Античные монеты*. (МИА 16). М.–Л.
- Зубарь, В.М., Зинько, В.Н. 2006. *Боспор Киммерийский в античную эпоху. Очерки социально-экономической истории* (БИ XII). Симферополь–Керчь.
- Кичанов, С.Е., Назаров, К.М., Козленко, Д.П., Сапрыкина, И.А., Лукин, Е.В., Савенко, Б.Н. 2017. Исследование внутренней структуры древних медных монет методом нейтронной томографии. *Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования* 6, 11–15.
- Кругликова, И.Т. 1966. *Боспор в позднеантичное время (Очерки экономической истории)*. М.
- Люценко, Е.Е. 1880. Керчь и Тамань. Некоторые сведения о денежных кладах, найденных в последнее время на Керченском и Таманском полуостровах, а также на Юге России. В кн.: Абрамзон, М.Г., Фролова, Н.А. 2007–2008. *Корпус боспорских кладов античных монет*. Т. I (1834–2005 гг.). (БИ. Suppl. 2). Симферополь–Керчь, 580–596.
- Макарова, Т.И. 1997. Археологические раскопки в Керчи около церкви Иоанна Предтечи. *МАИЭТ* VI, 344–392.
- Моммзен, Т. 1995. *История Рима*. Т. V. СПб.
- Равич, И.Г., Сапрыкина, И.А. 2019. Особенности состава и техники изготовления боспорских монет, происходящих из клада, найденного в Фанагории. В сб.: *Исследования в консервации культурного наследия. Материалы Международной научно-методической конференции, Москва, 24–26 октября 2017 г.* Вып. 5. М., 213–222.
- Ременников, А.М. 1954. *Борьба племен Северного Причерноморья с Римом в III в. н.э.* М.
- Сапрыкина, И.А., Гунчина, О.Л. 2017. Химический состав металла боспорских статеров Фанагорийского клада 2011 г. В кн.: Абрамзон, М.Г., Кузнецов, В.Д. *Клад позднебоспорских статеров из Фанагории* (Фанагория. Результаты археологических исследований. Т. 5). М., 272–483.
- 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 статеров из Фанагорийского клада 2011 г. В кн.: Абрамзон, М.Г., Кузнецов, В.Д. *Клад позднебоспорских статеров из Фанагории* (Фанагория. Результаты археологических исследований. Т. 5). М., 484–493.
- Сапрыкина, И.А., Чугаев, А.В., Абрамзон, М.Г., Новичихин, А.М., Смекалова, Т.Н. 2020. Исследование серебряных античных монет методами рентгенофлуоресцентного анализа и изотопного состава свинца (фонды Анапского археоло-

- гического музея). *Сибирские исторические исследования* 2, 148–169.
- Сапрыкина, И.А., Чугаев, А.В., Гунчина, О.Л., Пельгунова, Л.А. 2020. Химический состав металла и изотопный состав Pb в серебряных монетах из клада. В кн.: Кузнецов, В.Д., Абрамзон, М.Г. *Клад позднеархаических монет из Фанагории* (Фанагория. Результаты археологических исследований. Т. 6). М., 66–89.
- Седышев, П.В., Симбирцева, Н.В., Ергашов, А.М., Мажен, С.Т., Мареев, Ю.Д., Швецов, В.Н., Абрамзон, М.Г., Сапрыкина, И.А. 2019. Определение элементного состава сплава боспорских статов III–IV вв. н.э. из Фанагорийского клада методом нейтронной спектроскопии на импульсном источнике нейтронов ИРЕН ЛНФ ОИЯИ. *Письма в журнал физика элементарных частиц и атомного ядра* 17.3, 328–344.
- Смекалова, Т.Н. 2001а. *Проблемы эволюции состава сплавов монет античных центров Северного Причерноморья в VI в. до н.э. – IV в. н.э.* Дисс. ... докт. ист. наук. СПб.
- Смекалова, Т.Н. 2001б. Еще раз к вопросу о составе сплава боспорских монет первых веков нашей эры. *ПИФК* XI, 17–53.
- Смекалова, Т.Н., Абрамзон, М.Г., Сапрыкина, И.А., Антипенко, А.В., Лобода, А.Ю., Быковская, Н.В., Гунчина, О.Л. 2019. Новые данные о чеканке Рискупорида V и Фарсанза по материалам исследования состава сплава монет из керченских кладов 1964 и 1988 гг. *МАИЭТ* XXIV, 387–401.
- Смекалова, Т.Н., Абрамзон, М.Г., Сапрыкина, И.А., Гунчина, О.А. 2019. Превращение монеты из полноценной в знак условной стоимости. Порча металла боспорских статов в I–IV вв. В сб.: *7-я Европейская конференция по рассеянию нейтронов: тезисы микросимпозиумов. Санкт-Петербург, 1–4 июля 2019 г. Сборник тезисов конференции.* М., 92.
- Смекалова, Т.Н., Дюков, Ю.Л. 2001. *Монетные сплавы государств Северного Причерноморья: Боспор, Ольвия, Тира.* СПб.
- Фролова, Н.А. 1980. Монеты из раскопок Горгиппии 1973–1977 гг. В сб.: *Горгиппия* (Материалы Анапской археологической экспедиции I). Краснодар, 122–135.
- Фролова, Н.А. 1996. Уникальный клад боспорских монет III в. до н.э. – 238 г. н.э. из древней Горгиппии (Анапа, 1987 г.). *ВДИ* 2, 44–72.
- Фролова, Н.А. 1997а. Монеты из раскопок Горгиппии 1979–1989 гг. *ПИФК* IV/1, 147–149.
- Фролова, Н.А. 1997б. *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.
- Чернышев, И.В., Чугаев, А.В., Шатагин, К.Н. 2007. Высокоточный изотопный анализ Pb методом многоколлекторной ICP-масс-спектрометрии с нормированием по $^{205}\text{Tl}/^{203}\text{Tl}$: оптимизация и калибровка метода для изучения вариаций изотопного состава Pb. *Геохимия* 11, 1155–1168.
- 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.
- Abramzon, M. 2020. A Hoard of Second and Early Third-Century AD Bosporan Gold from the Taman Peninsula. *NC* 180, 431–444.
- Abramzon, M.G., Baryshnikov, M.P., Efimova, Yu.Yu., Koptseva, N.V., Saprykina, I.A., Smekalova, T.N. 2020. X-Ray Microanalysis of Surface of the AD 286/287 Staters of Thothorses: New Data on the Silvering Process of the Bosporan Coins. *Journal of Surface Investigation: X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques* 14/3, 529–533.
- Abramzon, M.G., Kuznetsov, V.D. 2019. A Hoard of 3rd–4th Centuries AD Bosporan Staters from Phanagoria (2011). *ACSS* 25, 308–356.
- Albarède, F., Desaulty, A.-M., Blichert-Toft, J. 2012. A geological perspective on the use of Pb isotopes in archaeometry. *Archaeometry* 54 (5), 853–67.
- 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.
- Aubert, J.-J. 2003. Monetary Policy and Gresham's Law in the Late Third Century. In: E. Lo Cascio (ed.), *Credito e Moneta nel mondo Romano, Atti degli Incontri capresi distoria dell'economia antica (Capri 12–14 ottobre 2000).* Bari, 245–263.
- Baron, S., Tămaş, C.G., Cauuet, B., Munoz, M. 2011. Lead Isotope Analyses of Gold-silver Ores from Roşia Montană (Romania): A First Step of a Metal Provenance Study of Roman Mining Activity in Alburnus Maior (Roman Dacia). *Journal of Archaeological Science* 38 (5), 1090–1100.
- Bazhazhina, N.V., Abramzon, M.G., Ergashov, A.M., Mareev, Yu.D., Mazhen, S.T., Saprykina, I.A., Sedy-

- shev, P.V., Shvetsov, V.N. 2018. Application of Nondestructive Neutron Resonance Analysis for Investigation of Metal Composition of Reskuporid V Staters (3rd Century AD) from Phanagoria's Treasure. In: *XXV International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei (ISINN-25), May 22-26, 2017. Dubna, Russia, proceedings of the seminar*, 199-204.
- Bazhazhina, N.V., Mareev, Yu.D., Pikelner, L.B., Sedyshev, P.V., Shvetsov, V.N. 2015. Analysis of Element and Isotope Composition of Samples by Neutron Spectroscopy at the IREN Facility. *Physics of Particles and Nuclei Letters* V.12, 578-583.
- Beck, L., Bosonnet, S., Révellion, S., Eliot, D., Pilon, F. 2004. Silver Surface Enrichment of Silver-Copper Alloys: A Limitation for the Analysis of Ancient Silver Coins by Surface Techniques. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B* 226, 153-162.
- Bland, R. 1993. The Development of Gold and Silver Coin Denominations, A.D. 193-253. In: C.E. King, D.G. Wigg (eds.), *Coin Finds and Coin Use in the Roman World. The Thirteenth Oxford Symposium on Coinage and Monetary History. 25-27.3.1993.* (Studien zu Fundmünzen der Antike 10). Berlin, 63-100.
- Blet-Lemarquand, M., Tereygeol, F., Gratuze B., Barrandon, J.-N. 2007. Technical Study of Fire-gilded Aksumite Silver Coins: First Results. In: P. Craddock et al. (eds.), *2nd International Conference Archaeometallurgy in Europe 2007: Selected Papers*. Milano, 464-476.
- Butcher, K., Ponting, M. (eds.) 2015. *The Metallurgy of Roman Silver Coinage*. Cambridge.
- 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.
- Condamin, J., Picon, M. 1972. Changes Suffered by Coins in the Course of Time and the Influence of these on the Results of Different Methods of Analysis. In: E.T. Hall, D.M. Metcalf (eds.), *Methods of Chemical and Metallurgical Investigation of Ancient Coinage*. (Royal Numismatic Society Special Publication 8), London, 49-66.
- 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 Chemi-*
- cal 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.
- Duncan-Jones, R. 2004. Economic change and the transition to Late Antiquity. In: S. Swain, M. Edwards (eds.), *Approaching Late Antiquity: The Transformation from Early to Late Empire*. 20-52.
- Elliott, C.P. 2014. The Acceptance and Value of Roman Silver Coinage in the Second and Third Centuries AD. *NC* 174, 129-152.
- Estiot, S. 1996. Le troisième siècle et la monnaie: crises et mutations. In: J.-L. Fiches (éd.), *Le III^e siècle en Gaule Narbonnaise. Données régionales sur la crise de l'Empire*. Sophia, 33-70.
- Estiot, S. 2012. The Later Third Century. In: W.E. Metcalf (ed.), *The Oxford Handbook of Greek and Roman Coinage*. Oxford.
- 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.
- Gale, N., Stos-Gale, Z. 2016. *OXALID: Oxford Archaeological Lead Isotope Database from the Isotope Laboratory*. UK. URL: <http://oxalid.arch.ox.ac.uk/TheDatabase.htm>.
- Găzdac, C., Suci, V., Alfrödy-Găzdac, Á. 2009. *Porolissum*. Vol. II. *Coins from Roman Sites and Collections of Roman Coins from Romania*. Cluj-Napoca.
- Gitler, H., Ponting, M., 2007. Rome and the East. A Study of the Chemical Composition of Roman Silver Coinage during the Reign of Septimius Severus AD 193-211. In: M. Sartre (ed.), *Productions et échanges dans la Syrie grecque et romaine. Actes du colloque de Tours, juin 2003.* (Topoi suppl. 8). Lyon, 375-397.
- Haklai-Rotenberg, M. 2011. Aurelian's Monetary Reform: Between Debasement and Public Trust. *Chiron* 41, 1-39.
- Hall, E.T., Metcalf, D.M. (eds.). 1972. *Methods of Chemical and Metallurgical Investigations of Ancient Coinage*. (Royal Numismatic Society Special Publication. No. 8). London.
- Harl, K.W. 1996. *Coinage in the Roman Economy 300 B.C. to A.D. 700*. London.

- Ingo, G. M., Angelini, E., de Caro, T., Bultrini, G. 2004. Combined Use of Surface and Micro-analytical Techniques for the Study of Ancient Coins. *Applied Physics A* 79, 171–176.
- Kichanov, S., Kozlenko, D., Lukin, E., Rutkauskas, A., Savenko, B. 2016. Neutron Radiography and Tomography Facility on the Reactor IBR-2: Applied Research. In: *Abstract Book of 8th International Topical Meeting on Neutron Radiography*. Peking–Beijing, 43.
- 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. 1999. Detection of Near-surface Silver Enrichment on Roman Imperial Silver Coins by X-ray Spectral Analysis. *Archaeometry* 41.2, 311–320.
- Kozlenko, D.P., Kichanov, S.E., Lukin, E.V., Rutkauskas, A.V., Bokuchava, G.D., Savenko, B.N., Pakhnevich, A.V., Rozanov, A.Yu. 2015. Neutron Radiography Facility at IBR-2 High Flux Pulsed Reactor: First Results. *Physics Procedia* 69, 87–91.
- Kraft, G., Flege, S., Reiff, F., Ortner, H.M., Ensinger, W. 2006. EPMA Investigation of Roman Coin Silvering Techniques. *Microchim Acta* 155, 179–182.
- Langmuir, R. 2018. *A Re-evaluation of the Debasement of the Roman Silver Coinage as Presented in David Richard Walker's Metrology of the Roman Silver Coinage*. Thesis submitted to the University of Ottawa in partial fulfillment of the requirements for the Master's degree in Classical Studies. University of Ottawa.
- La Niece, S. 1990. Silver Plating on Copper, Bronze and Brass. *The Antiquaries Journal* 70.1, 102–114.
- Lozanov, I. 2015. Roman Thrace. In: J. Valeva, E. Nankov, D. Graninger (eds.), *A Companion to Ancient Thrace*. Wiley Blackwell, 75–90.
- Metcalf, W.E. 1998. Aurelian's reform at Alexandria. In: R. Ashton, S. Hurter (eds.), *Studies in Memory of Martin Jessop Price*. London, 269–276.
- Pense, A.W. 1992. The Decline and Fall of the Roman Denarius. *Material Characterization* 29(2), 213–222.
- Rodrigues, M., Cappa, F., Schreiner, M., Ferloni, P., Radtke, M., Reinholz, U., Woytek, B., Alram, M. 2011. Further metallurgical analyses on silver coins of Trajan (AD 98–117). *Journal of Analytical Atomic Spectrometry* 26, 984–991.
- Sear, D. 2001. *Greek Imperial Coins and Their Values. The Local Coinages of the Roman Empire*. London.
- Sedyshev, P.V., Simbirtseva, N.V., Yergashov, A.M., Mazhen, S.T., Mareev, Yu.D., Shvetsov, V.N., Abramzon, M.G., Saprykina, I.A. 2020. Determining the Elemental Composition of Antique Coins of Phanagorian Treasure by Neutron Spectroscopy at the Pulsed Neutron Source IREN in FLNP JINR. *Physics of Particles and Nuclei Letters* 17.3, 389–400.
- Stos-Gale, Z. 1986. X-ray Fluorescence and Lead Isotope Analysis. In: M. Price, E. Besly, D. MacDowall, M. Jones, A. Oddy (eds.), *A Survey of Numismatic Research 1978–1984. Scientific Techniques in Numismatics*. (International Association of Professional Numismatists, Special Publication 9). London, 978–1003.
- Stos-Gale, Z.A. 2017. The Sources and Supply of Silver for Archaic Greek Coinage: A Re-evaluation of the Lead Isotope and Chemical Data. In: P. Eisenach, T. Stöllner, A. Windler (eds.), *The RITak conferences 2013–2014*. Bochum, 203–219.
- Stos-Gale, Z., Gale, N. 2009. Metal Provenancing Using Isotopes and the Oxford Archaeological Lead Isotope Database (OXALID). *Archaeological and Anthropological Sciences* 1, 195–213.
- Sutherland, S.H.V., Harold, M.R. 1961. The Silver Content of Diocletian's Early Post-Reform Copper Coins. *Archaeometry* 4, 56–61.
- Treister, M.Ju. 1988. Spectroanalytical Study of the Kingdom of Bosphorus Bronze Coins. *Bulletin of the Metals Museum* 13, 3–21.
- 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.
- Walker, D.R. 1978. *The Metrology of the Roman Silver Coinage*. Pt. III: *From Pertinax to the Usurpation of Uranius Antoninus*. (BAR Suppl. Ser. 40). Oxford.
- Zwicker, U., Oddy, A., La Niece, S. 1993. Roman techniques of manufacturing silver-plated coins. In: S. La Niece, P. Craddock (eds.), *Metal Plating and Patination. Cultural, Technical and Historical Developments*. Oxford, 20–246.
- Zwicky-Sobczyk, C.N., Stern, W.B. 1997. X-Ray Fluorescence and Density Measurements on Surface-Treated Roman Silver Coins. *Archaeometry* 39.2, 393–405.

Список сокращений

- БИ – Боспорские исследования. Симферополь–Керчь
- ВДИ – Вестник древней истории. Москва
- КСИА – Краткие сообщения Института археологии РАН. Москва
- КСИИМК – Краткие сообщения Института истории материальной культуры. Ленинград
- МАИЭТ – Материалы по археологии, истории и этнографии Таврии. Симферополь
- МИА – Материалы и исследования по археологии СССР. Москва–Ленинград
- ПИФК – Проблемы истории, филологии, культуры. Москва–Магнитогорск–Новосибирск
- РА – Российская археология. Москва
- ACSS – Ancient Civilizations from Scythia to Siberia. Leiden
- NC – Numismatic Chronicle. London
- RIC – Sutherland, C.H.V. et al. 1984–1994. *Roman Imperial Coinage* I–X. London
- RPC Cons. Suppl. – Ripollès, P.P., Burnett, A., Amandry, M., Carradice, I., Spoerri Butcher, M. 2015. *Roman Provincial Coinage Consolidated*. Supplement I-III (1992–2015). http://rpc.ashmus.ox.ac.uk/supp/rpc_cons_suppl_1-3.pdf
- RPC Suppl. 3 – Amandry, M., Burnett, A., Carradice, I., Ripollès, P.P., Spoerri Butcher, M. 2014. *Roman Provincial Coinage*. Supplement 3. New York

Научное издание

М.Г. Абрамзон, Ю.Ю. Ефимова, Н.В. Копцева,
И.А. Сапрыкина, Т.Н. Смекалова

Последнее серебро Боспора:
мультианалитический подход к исследованию
боспорской серебряной чеканки III в. н.э.

Верстка и художественное оформление *И.Н. Лицук*
Корректор *С.И. Власова*

Подписано в печать 25.06.2021. Формат 60×90¹/₈.
Бумага мелованная. Печать офсетная. Уч.-изд. л. 7,86. Печ. л. 14,88.
Тираж 300 экз. Заказ №988

Отпечатано в соответствии с предоставленными материалами
Отпечатано ИП Бровко А.А., Республика Крым, г. Саки, ул. Тимирязева, 30

MIKHAIL G. ABRAMZON, YULIYA YU. EFIMOVA, NATALIA V. KOPTSEVA,
IRINA A. SAPRYKINA, TATYANA N. SMEKALOVA

THE LAST SILVER OF THE BOSPORUS: MULTIANALYTIC APPROACH FOR STUDYING THE THIRD-CENTURY AD BOSPORAN SILVER COINAGE

The book presents the results of multi-analytical studying the third-century AD Bosporan silver coinage. For the first time, the metal of Bosporan staters is analyzed using a complex of methods as following: XRF, X-ray spectral microanalysis (EPMA), focused scanning electron microscopy (FIB-FESEM-EDX; SEM-EDX), electron microprobe analysis (EMPA), metallography, neutron resonance capture analysis (NRCA), neutron diffraction, MC-ICP-MS method of analysis of the isotopic composition of Pb in silver, etc. The new data provide a good picture of devaluation of the Bosporan stater, the technology of silver surface enrichment of billon coins, silvering of copper-alloy staters, possible ore sources of silver for the Late Bosphorus, and other aspects of the Bosporan coin production at the time under consideration.

