



Минералого-геохимический анализ металлических украшений погребения № 59 Кокпомьягского могильника вымской культуры перми вычегодской* XI–XIV вв.

В. И. Силаев¹, Э. А. Савельева², В. Н. Филиппов¹, А. Ф. Хазов¹

¹Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар; silaev@geo.komisc.ru, akhazov@geo.komisc.ru

²Институт языка, литературы и истории ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар; eleonorasav@yandex.ru

Статья посвящена археолого-минералогическому анализу металлических изделий погребения № 59 Кокпомьягского могильника вымской культуры перми вычегодской, датируемого серединой XII – первой половиной XIII в. Определены хронологические рамки погребения, дано описание погребального инвентаря, выделены импортные серебряные украшения из Пермского Прикамья и Волжской Болгарии. С использованием аналитической сканирующей электронной микроскопии детально исследованы 13 изделий медного, бронзового, латунного и серебряного состава, фазовый и химический состав предметов. Итоги проведенных исследований свидетельствуют о владении литейщиками перми вычегодской не только технологией бронзолитейного производства, но и ювелирного серебрения.

Ключевые слова: археоминералогия, Кокпомьягский могильник, пермь вычегодская, бронзовые и серебряные украшения

Mineralogical and geochemical analysis of metal jewelry from burial 59 of Kokpomuyag burial ground of Vym culture in Vychehda Perm of the 11th–14th centuries

V. I. Silaev¹, E. A. Savelyeva², V. N. Filippov¹, A. F. Khazov¹

¹Institute of Geology FRC Komi SC UB RAS, Syktyvkar

²Institute of Language, Literature and History FRC Komi SC UB RAS, Syktyvkar

The article is devoted to the archaeological and mineralogical analysis of metal products from burial No. 59 from the Kokpomuyag burial ground of the Vym culture in Vychehda Permian, dating from the mid-12th to the first half of the 13th century. The chronological framework of the burial is determined, a description of the grave goods is given, and imported silver jewelry from the Perm Kama region and Volga Bulgaria is found. Using analytical SEM, 13 artifacts of copper, bronze, brass and silver composition, the phase and chemical composition of the objects have been studied in detail. The results of the research indicate that Perm foundry workers from Vychehda possessed not only the technology of bronze foundry production, but also silver jewelry making.

Keywords: archaeomineralogy, Kokpomuyag burial ground, Vychehda Perm, bronze and silver jewelry

Светлой памяти академика Н. П. Юшкина — первооткрывателя археолого-минералогического научного направления — посвящается.

Введение

В настоящее время активизировались и успешно проводятся мультидисциплинарные археолого-минералогические исследования продуктов бронзолитейного производства вычегодских пермян, предков коми-зырян, благодаря которым получены принципиально новые и важные данные. Особый интерес представляет впервые выявленная среди древностей перми вычегодской обособленная группа женских погребений на нижневыхогодском Чижтыягском могильнике, датируемая XIII в. (Астахова, Савельева, 2022). На основе проведенных исследований было установлено, что в это время у вычегодских пермян

бронзолитейное производство было сосредоточено в руках женщин-литейщиц (Савельева, 2023). Изделия из цветных металлов (меди, бронзы и латуни) отливались из лома украшений как привозного, так и местного происхождения. Основу сплавов составляла медь, примесями к которой выступали олово, свинец, цинк. Большинство проанализированных нами изделий состоит из разной степени оловянистой бронзы, для получения которой в качестве одного из источников использовались, вероятно, фрагменты медных котелков, ввозимых из Прикамья или Волжской Болгарии. Олово также было привозным в виде украшений или слитков.

*В данном случае используется этноним — название народности непосредственных предков коми-зырян, обоснованное в научных работах Э. А. Савельевой.

Для цитирования: Силаев В. И., Савельева Э. А., Филиппов В. Н., Хазов А. Ф. Минералого-геохимический анализ металлических украшений погребения № 59 Кокпомьягского могильника вымской культуры перми вычегодской XI–XIV вв. // Вестник геонаук. 2024. 4(352). С. 3–20. DOI: 10.19110/geov.2024.4.1

For citation: Silaev V. I., Savelyeva E. A., Filippov V. N., Khazov A. F. Mineralogical and geochemical analysis of metal jewelry from burial 59 of Kokpomuyag burial ground of Vym culture in Vychehda Perm of the 11th–14th centuries. Vestnik of Geosciences, 2024, 4(352), pp. 3–20, doi: 10.19110/geov.2023.12.1

На Чезтыгском и Кокпомъгском могильниках были обнаружены также украшения из оловянисто-серебряного сплава. Серебро и олово в них были привозными. На Кокпомъгском могильнике в 33 погребениях, а также в межмогильном пространстве найдены серебряные бусы, височные кольца, круглые серебряные бляшки, привески, выполненные в филигранно-зерновой технике. На некоторых серебряных украшениях, использовавшихся в течение длительного времени, с обратной стороны были припаяны тонкие серебряные пластинки, чаще всего прямоугольной или трапециевидной формы, с загнутым петлеобразным окончанием, определяемые как держатели подвесок (пог. № 2, 11, 15, 61, 69, 115). У серебряной подвески из погребения № 115 Кокпомъгского могильника лицевая первичная сторона и обратная с припаянной позже пластинкой имеют принципиально разный химический состав. С лицевой стороны подвеска состоит из серебра высокой пробы, с обратной — из припойного сплава олова и серебра (Савельева и др., 2024). Серебро могло поступить из Волжской Болгарии (Талицкий, 1951) или Прикамья, где, как показали новейшие исследования, существовали многочисленные ремесленные центры, в которых мастера-ювелиры в совершенстве владели среброделием (Белавин, 2000). Изделия из сплава олова и серебра, найденные на Чезтыгском и Кокпомъгском могильниках, были, вероятно, изготовлены местными мастерами из привозных слитков или сломанных серебряных украшений, свидетельством чего являются слитки, сплески, капли серебра в погребениях № 61, 86, 217, а также в межмогильном пространстве.

Тем не менее до настоящего времени проблема развития бронзолитейного производства и среброделия остается в числе недостаточно разработанных для средневековой археологии Европейского Северо-Востока. Причина этого состоит в крайне недостаточном использовании археологами естественно-научных, в частности минералого-геохимических методов.

В рамках обозначенной проблемы значительный интерес представляет собой погребение № 59 Кокпомъгского могильника, насыщенное изделиями из цветных и благородных металлов, как привозными, так и изготовленными местными мастерами. Погребение размерами 245 × 125 × 67 см было совершено способом ингумации. Судя по набору украшений, отсутствию предметов вооружения, предметов, связанных с производственной деятельностью мужчин, погребение женское. В засыпи погребения были найдены многочисленные фрагменты лепного тонкостенного сосуда, украшенного по венчику насечкой, залегавшие в разных частях могильной ямы. Остальные предметы погребального инвентаря расположены на дне ямы, на уровне сохранившихся костей погребенного. К ним относятся (рис. 1): бронзовая шаровидная пуговица (1); бронзовый шаровидный бубенчик с линейной прорезью (2); бронзовый колокольчик с обломанным ушком (3); латунный грушевидный бубенчик с крестовидной прорезью (4); бронзовая конусовидная пронизка, украшенная тремя сдвоенными гладкими рельефными полосками в верхней ее части и в основании (5); бронзовые спиралевидные пронизки (6); зонные стеклянные и бронзовые кольцевидные бусины (7); серебряная желудевидная зернофилигранная бусина (8); серебряная зернофилигранная бочонковидная бусина от височного кольца, состоящая из двух полусфер, соединение которых осуществлено гладкой серебряной пластинкой; края бусины обрамлены филигранными рядами, на кольце бусина закреплена провололочкой (9); серебряное тонкопроволочное кольцо с филигранью (10); серебряная бляшка, использовавшаяся в качестве подвески, украшенная в центре пятью шариками зерни крупного размера на филигранных подложках, расположенных крестовидно и обрамленных рядами филигрании, на обратной стороне в центре с остатками припоя (11); фрагмент медного пластинчатого кольцевидного предмета, предположительно браслета (12); брон-

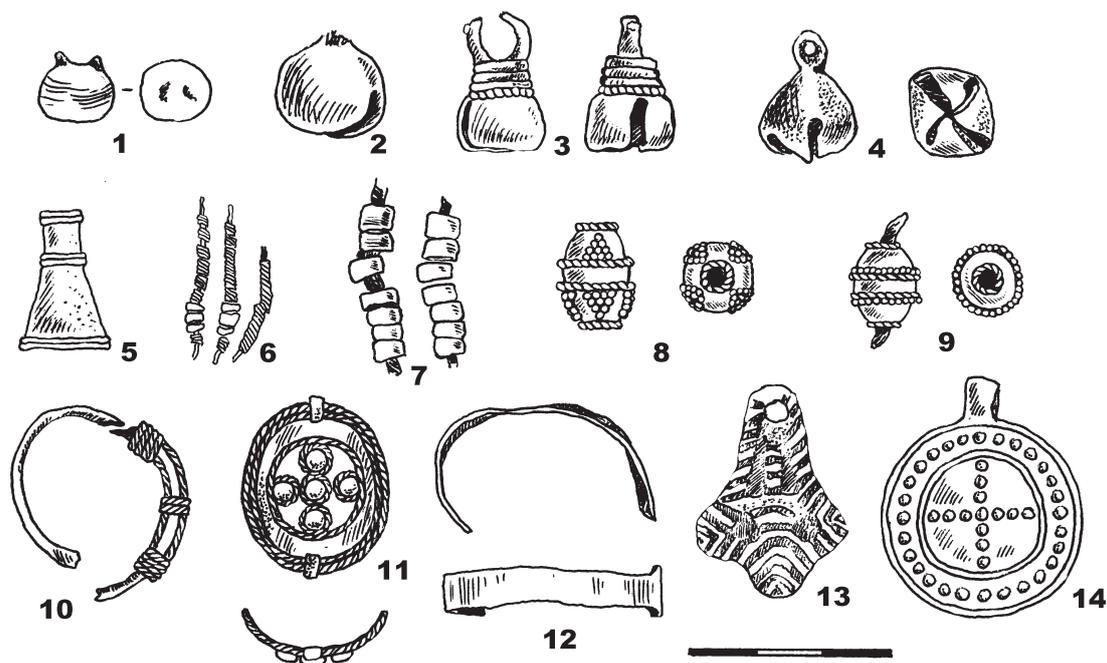


Рис. 1. Украшения из погребения № 59. Рисунки Д. В. Осиповой

Fig. 1. Jewelry from burial № 59. Drawings by D. V. Osipova



зовая лапчатая подвеска (13); бронзовая монетовидная штампованная подвеска с ушком для крепления, орнаментированная крестовидным узором в центре и ложной зернью по краю (14).

Объекты и методы исследований

В качестве объектов исследований выступили 13 археологических образцов, состоящих из цветных металлов и серебра: фрагменты браслета, лапчатая подвеска, кольцевые бусины, шаровидная пуговица, спиралевидные и конусовидные пронизки, колокольчик с ушком, грушевидный бубенчик, зернофилигранная бляшка-подвеска, два фрагмента тонкопроволочного височного кольца с филигранью, бочонковидная бусина от височного кольца и желудевидная бусина с филигранью. Исследование проводилось в Центре коллективного пользования «Геонаука» Института геологии Коми НЦ УрО РАН с использованием аналитического сканирующего электронного микроскопа JSM-6400 Jeol, оборудованного энергодисперсионным и волновым спектрометрами. Погрешности измерений не превышали 0.3 мас. %. Перед анализом поверхность предметов тщательно зачищалась от пленок окисления и за-

грязнений. В некоторых случаях фазовый состав определялся методом рентгеновской дифрактометрии (DX2700BH, Китай).

Результаты исследований

1. Фрагмент браслета размером 64 × 5 × 1.5 мм (рис. 2, а), по составу почти нацело медный — $Cu_{0.98-1}Sn_{0-0.02}$ (рис. 3, табл. 1). Под СЭМ характеризуется тонкопластинчатым строением (рис. 2, б, с), что является, вероятно, следствиемковки. Однородность нарушается множеством фазовых микровключений размером от 5—10 до 20—25 мкм, подразделяющихся по составу на свинцово-медно-мышьяково-сурьмяные $Pb_{0.38-0.57}Cu_{0.15-0.25}Sn_{0-0.02}As_{0-0.19}Sb_{0.08-0.44}S_{0-0.03}$ и свинцово-медно-никелево-сульфоантимонидные — $(Pb_{1.16-1.35}Cu_{0.74-1}Ni_{0-0.06})_{2.15-2.22}(Sb_{0.74-0.87}S_{0.13-0.16})$.

2. Лапчатая подвеска размером 35 × 23 × 5 мм (рис. 4, а). По микростроению и составу довольно однородная (рис. 4, б, с; рис. 5), будучи отлитой из высокооловянистой разновидности бронзы (табл. 2) — $Cu_{0.56-0.73}Sn_{0.24-0.3}Pb_{0.01-0.02}Ni_{0-0.01}Fe_{0-0.01}Si_{0-0.02}Al_{0-0.05}P_{0-0.07}$. На поверхности обнаружена микропленка окисления $PbO-CuO-SnO_2$ -состава (табл. 3).

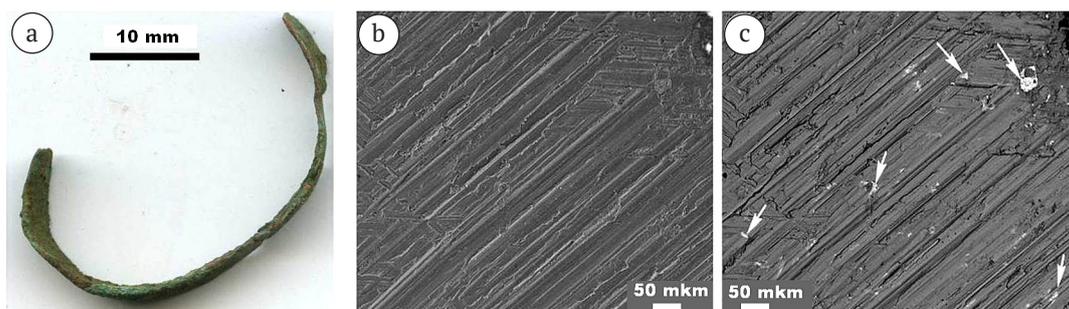


Рис. 2. Внешний вид (а) и СЭМ-изображения внутреннего строения (б, с) медного браслета в режимах вторичных (б) и упругоотраженных (с) электронов. Стрелками показаны Pb-Cu-As-включения

Fig. 2. External view (а) and SEM images of the internal structure (б, с) of a copper bracelet in the modes of secondary (б) and elastically reflected (с) electrons. Arrows indicate Pb-Cu-As inclusions

Таблица 1. Химический состав (мас. %) и эмпирические формулы основной массы (1—7), Pb-Cu-Sn-As-Sb (8—13) и Pb-Cu-Ni-сульфоантимонидных (14, 15) микровключений в браслете

Table 1. Chemical composition (wt. %) and empirical formulas of the bulk (1—7), Pb-Cu-Sn-As-Sb (8—13) and Pb-Cu-Ni-sulfoantimonide (14, 15) microinclusions in the bracelet

| № п/п | Cu | Sn | Pb | Ni | S | As | Sb | Формулы / Formulas |
|-------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---|
| 1 | 100 | не обн. | Cu |
| 2 | 100 | » | » | » | » | » | » | Cu |
| 3 | 100 | » | » | » | » | » | » | Cu |
| 4 | 98.92 | 1.08 | » | » | » | » | » | Cu |
| 5 | 100 | не обн. | » | » | » | » | » | Cu |
| 6 | 98.82 | 1.18 | » | » | » | » | » | Cu |
| 7 | 97.35 | 2.65 | » | » | » | » | » | $Cu_{0.98}Sn_{0.02}$ |
| 8 | 8.29 | не обн. | 77.67 | » | » | 7.35 | 6.69 | $Pb_{0.57}Cu_{0.2}As_{0.15}Sb_{0.08}$ |
| 9 | 11.66 | » | 70.1 | » | » | 10.22 | 8.02 | $Pb_{0.47}Cu_{0.25}As_{0.19}Sb_{0.09}$ |
| 10 | 8.05 | » | 54.65 | » | » | не обн. | 37.3 | $Pb_{0.38}Cu_{0.18}Sb_{0.44}$ |
| 11 | 6.71 | 1.81 | 70.12 | » | 0.72 | 5.99 | 14.69 | $Pb_{0.5}Cu_{0.15}Sn_{0.02}S_{0.03}As_{0.12}Sb_{0.18}$ |
| 12 | 6.92 | 5.09 | 63.28 | » | не обн. | не обн. | 24.71 | $Pb_{0.38}Cu_{0.16}Sn_{0.06}Sb_{0.31}$ |
| 13 | 9.87 | не обн. | 55.9 | » | » | » | 34.23 | $Pb_{0.38}Cu_{0.22}Sb_{0.4}$ |
| 14 | 15.02 | » | 57.36 | 0.91 | 0.92 | » | 25.79 | $(Pb_{1.16}CuNi_{0.06})_{2.22}(Sb_{0.87}S_{0.13})$ |
| 15 | 10.66 | » | 63.75 | 0.75 | 0.74 | 3.87 | 20.23 | $(Pb_{1.35}Cu_{0.74}Ni_{0.06})_{2.15}(Sb_{0.74}S_{0.16})$ |

Note: не обн. — not detected.

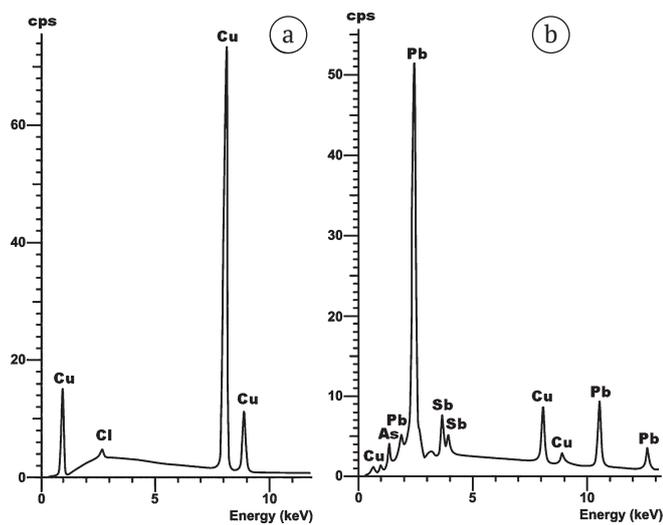


Рис. 3. ЭД-спектры, полученные от основной массы (а) и Pb-Cu-As-включений (b) в медном браслете

Fig. 3. ED spectra obtained from the main mass (a) and Pb-Cu-As inclusions (b) in a copper bracelet

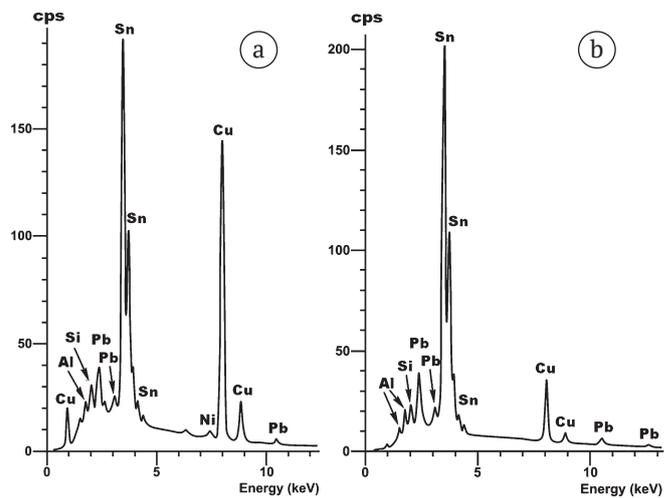


Рис. 5. ЭД-спектры, полученные от основной массы (а) и с окисленной поверхностью (b) лапчатой подвески

Fig. 5. ED spectra obtained from the main mass (a) and from the oxidized surface (b) of the claw pendant

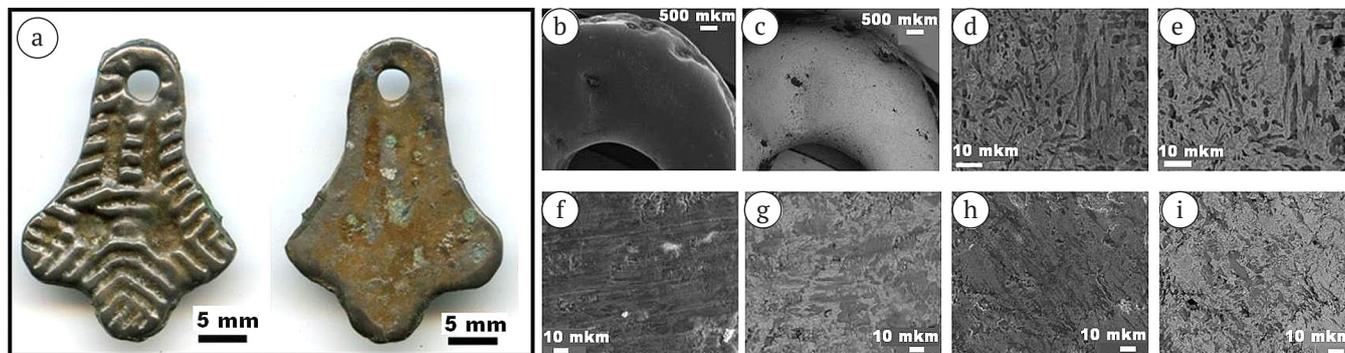


Рис. 4. Внешний вид лапчатой подвески (а) и СЭМ-изображения ее скульптурированной лицевой поверхности (b, c) и внутреннего строения (d–i) в режимах вторичных (b, d, f, h) и упругоотраженных (c, e, g, i) электронов

Fig. 4. The appearance of the claw suspension (a) and SEM images of its sculpted front surface (b, c) and internal structure (d–i) in the modes of secondary (b, d, f, h) and elastically reflected (c, e, g, i) electrons

Таблица 2. Химический состав (мас. %) и эмпирические формулы лапчатой подвески

Table 2. Chemical composition (wt. %) and empirical formulas of the claw pendant

| Cu | Sn | Pb | Ni | Fe | Si | Al | P | Формулы / Formulas |
|-------|-------|------|---------|---------|---------|---------|------|--|
| 45.66 | 44.9 | 5.64 | 0.64 | не обн. | 0.72 | не обн. | 2.44 | $Cu_{0.58}Sn_{0.3}Pb_{0.02}Ni_{0.01}Si_{0.02}P_{0.07}$ |
| 59.57 | 37.14 | 2.69 | не обн. | » | не обн. | » | 0.6 | $Cu_{0.73}Sn_{0.24}Pb_{0.01}P_{0.02}$ |
| 46.84 | 43.37 | 4.63 | 1.1 | » | 0.46 | 1.73 | 1.87 | $Cu_{0.57}Sn_{0.28}Pb_{0.02}Ni_{0.01}Si_{0.01}Al_{0.05}P_{0.06}$ |
| 56.19 | 39.02 | 1.95 | не обн. | 0.42 | 0.52 | 1.25 | 0.65 | $Cu_{0.67}Sn_{0.25}Pb_{0.01}Fe_{0.01}Si_{0.01}Al_{0.03}P_{0.02}$ |
| 44.97 | 45.74 | 4.68 | » | 0.86 | 0.72 | 1.7 | 1.32 | $Cu_{0.56}Sn_{0.3}Pb_{0.02}Fe_{0.01}Si_{0.02}Al_{0.05}P_{0.04}$ |

Note: не обн. — not detected.

Таблица 3. Химический состав поверхностной пленки окисления на лапчатой подвеске, мас. %

Table 3. Chemical composition of the oxidation surface film on the claw pendant, wt. %

| Компоненты / Component | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Среднее / Average | СКО / RMSD |
|--------------------------------|---------|-------|-------|---------|-------|-------------------|------------|
| CuO | 14.77 | 14.62 | 13.86 | 15.55 | 14.63 | 14.69 | 0.6 |
| SnO ₂ | 68.96 | 67.45 | 58.27 | 68.55 | 68.4 | 66.33 | 4.54 |
| PbO | 9.22 | 9.24 | 10.6 | 8.56 | 8.19 | 9.16 | 0.92 |
| Fe ₂ O ₃ | не обн. | 0.44 | 1.4 | не обн. | 0.28 | 0.42 | 0.58 |
| SiO ₂ | 2.94 | 3.0 | 2.87 | 3.61 | 4.52 | 3.39 | 0.7 |
| Al ₂ O ₃ | 1.97 | 2.04 | 7.0 | 1.45 | 1.94 | 2.88 | 2.31 |
| P ₂ O ₅ | 2.14 | 3.21 | 6.0 | 2.28 | 2.04 | 3.13 | 1.69 |

Примечание. СКО — среднее квадратичное отклонение.

Note: RMSD — root mean square deviation; не обн. — not detected.



3. Кольцевидные бусины. Фрагменты окисленных с поверхности бронзовых украшений длиной 6.5–12 мм, диаметром от 4 до 5.5 мм (рис. 6, а). В основной массе (рис. 6, б–е) выявлены две разновидности бронз (табл. 4): преобладающая низкооловянистая состава $Cu_{0.95-0.98}Sn_{0.01-0.05}Pb_{0-0.01}$ и умеренно оловянистая $Cu_{0.91-0.92}Sn_{0.07}Pb_{0-0.01}$. В бронзах встречаются единичные микровключения состава $Pb_{0.56-0.88}Cu_{0.12-0.37}Sn_{0-0.07}$ (рис. 7). Поверхность бусин подверглась окислению, что, очевидно, и придало бусинам зеленый цвет.

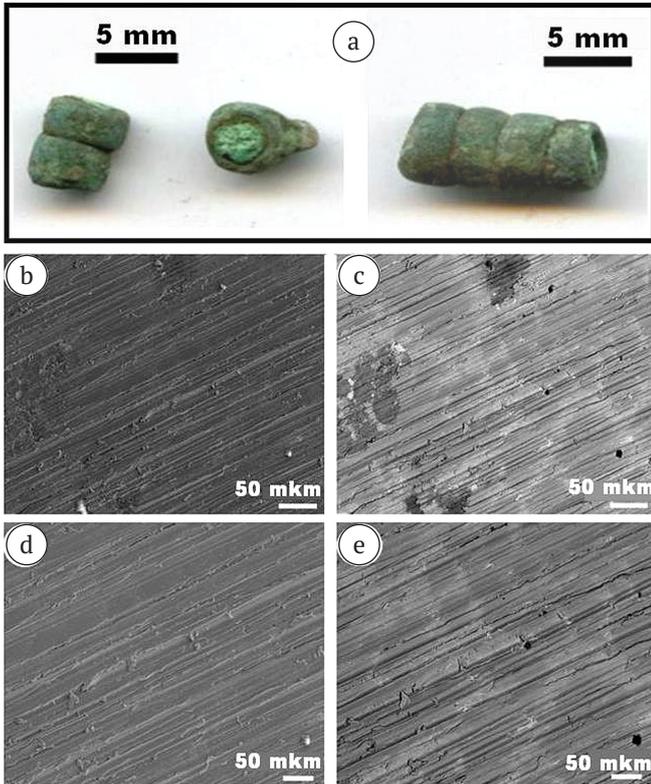


Рис. 6. Внешний вид кольцевидных бусин (а) и СЭМ-изображения их внутреннего строения (б–е) в режимах вторичных (b, d) и упругоотраженных (c, e) электронов

Fig. 6. External view of ring-shaped beads (a) and SEM images of their internal structure (b–e) in the modes of secondary (b, d) and elastically reflected (c, e) electrons

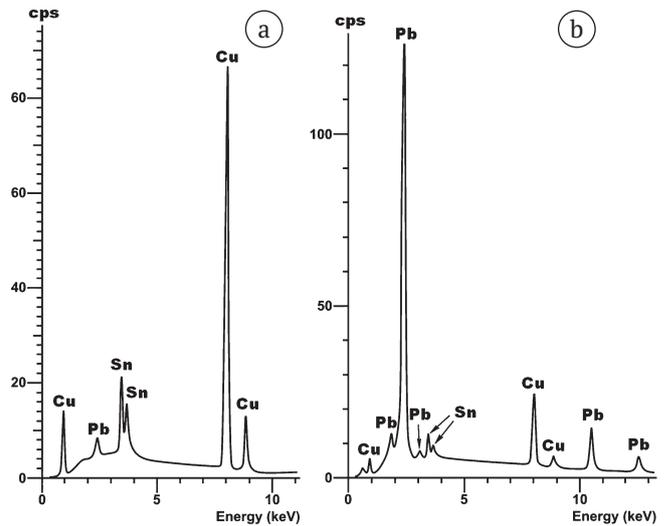


Рис. 7. ЭД-спектры, полученные от основной массы (а) и свинцово-медных микровключений (б) в кольцевидных бусинах

Fig. 7. ED spectra obtained from the bulk (a) and lead-copper microinclusions (b) in ring-shaped beads

4. Шаровидный бубенчик с линейной прорезью. Изделие размером 18 × 13 мм (рис. 8) сложено двумя разновидностями бронз — резко преобладающей низкооловянистой состава $Cu_{0.95-0.97}Sn_{0.03-0.04}$ и умеренно оловянистой $Cu_{0.91}Sn_{0.08}Pb_{0.01}$ (табл. 5). На поверхности обнаружена микрокорка окисления гидросульфатхлоридного состава — $(Pb_{0.69-0.86}Cu_{0.14-0.42}Sn_{0-0.06}Cl_{0.06-1.36}[SO_4]_{0-0.57}(OH)_{0.54-0.96}$, вероятно и придающая изделию зеленый цвет.

5. Спиралевидные пронизки. Бронзовые украшения длиной 18–26 мм, диаметром 2–4 мм (рис. 9). Характеризуются однородным микростроением (рис. 10) и контрастным составом основной массы, будучи сложенными низко- и высокооловянистой разновидностями цинксодержающей бронзы состава соответственно $Cu_{0.87-0.9}Sn_{0.03-0.05}Zn_{0.02-0.07}Si_{0.01}Cl_{0.01}$ и $Cu_{0.63}Sn_{0.25}Zn_{0.01}Pb_{0.07}Si_{0.03}Cl_{0.01}$ (рис. 11, табл. 6). На поверхности пронизок выявлены микрокорки окисления двух типов — оксимедно-окисвинцовых и стекловидных окисвинцово-опаловых (табл. 7). Как известно, цинкистые бронзы такого состава были в сред-

Таблица 4. Химический состав (мас. %) и эмпирические формулы основной массы (1–9) и свинцово-медных включений (10–12) в кольцевидных бусинах

Table 4. Chemical composition (wt. %) and empirical formulas of the bulk (1–9) and lead-copper inclusions (10–12)

| № п/п | Cu | Sn | Pb | Формулы / Formulas |
|-------|-------|---------|---------|-------------------------------|
| 1 | 93.7 | 5.46 | 0.83 | $Cu_{0.97}Sn_{0.03}$ |
| 2 | 96.06 | 2.89 | 1.05 | $Cu_{0.98}Sn_{0.01}Pb_{0.01}$ |
| 3 | 89.6 | 8.49 | 1.91 | $Cu_{0.95}Sn_{0.05}$ |
| 4 | 92.33 | 7.67 | не обн. | $Cu_{0.96}Sn_{0.04}$ |
| 5 | 95.92 | 4.08 | не обн. | $Cu_{0.98}Sn_{0.02}$ |
| 6 | 83.45 | 12.94 | 3.61 | $Cu_{0.91}Sn_{0.07}Pb_{0.01}$ |
| 7 | 86.27 | 12.82 | 0.91 | $Cu_{0.92}Sn_{0.07}Pb_{0.01}$ |
| 8 | 85.48 | 11.55 | 2.97 | $Cu_{0.92}Sn_{0.07}Pb_{0.01}$ |
| 9 | 84.76 | 11.36 | 3.88 | $Cu_{0.92}Sn_{0.07}Pb_{0.01}$ |
| 10 | 5.28 | не обн. | 94.72 | $Pb_{0.85}Cu_{0.15}$ |
| 11 | 15.97 | 4.96 | 79.07 | $Pb_{0.56}Cu_{0.37}Sn_{0.07}$ |
| 12 | 4.03 | не обн. | 95.97 | $Pb_{0.88}Cu_{0.12}$ |

Note: не обн. — not detected.



Рис. 8. Внешний вид шаровидного бубенчика

Fig. 8. Appearance of a spherical bell

Таблица 5. Химический состав (мас. %) и эмпирические формулы основной массы (1–6) и выделений гидроксисульфатхлоридной фазы на поверхности (7–14) шаровидного бубенчика

Table 5. Chemical composition (wt.%) and empirical formulas of the main mass (1–6) and precipitation of the hydroxysulfate chloride phase on the surface (7–14) of a spherical bell

| № п/п | Cu | Sn | Pb | S | Cl | Формулы / Formulas |
|-------|-------|---------|---------|---------|---------|--|
| 1 | 91.83 | 5.79 | 2.38 | не обн. | не обн. | $Cu_{0.96}Sn_{0.03}Pb_{0.01}$ |
| 2 | 94.3 | 5.7 | не обн. | » | » | $Cu_{0.97}Sn_{0.03}$ |
| 3 | 94.77 | 5.23 | » | » | » | $Cu_{0.97}Sn_{0.03}$ |
| 4 | 92.04 | 7.27 | 0.69 | » | » | $Cu_{0.95}Sn_{0.04}Pb_{0.01}$ |
| 5 | 92.1 | 7.87 | не обн. | » | » | $Cu_{0.96}Sn_{0.04}$ |
| 6 | 84.02 | 13.13 | 2.85 | » | » | $Cu_{0.91}Sn_{0.08}Pb_{0.01}$ |
| 7 | 3.02 | не обн. | 77.08 | не обн. | 19.9 | $(Pb_{0.88}Cu_{0.12})Cl_{1.32}(OH)_{0.68}$ |
| 8 | 3.61 | » | 75.66 | 0.48 | 20.25 | $(Pb_{0.86}Cu_{0.14})Cl_{1.36}[SO_4]_{0.02}(OH)_{0.6}$ |
| 9 | 15.38 | 0.73 | 68.52 | 0.92 | 14.45 | $(Pb_{0.56}Cu_{0.42}Sn_{0.02})Cl_{1.0}[SO_4]_{0.05}(OH)_{0.9}$ |
| 10 | 3.76 | не обн. | 75.07 | 0.84 | 20.33 | $(Pb_{0.85}Cu_{0.14}Sn_{0.03})Cl_{1.32}[SO_4]_{0.07}(OH)_{0.54}$ |
| 11 | 5.58 | » | 77.52 | не обн. | 16.9 | $(Pb_{0.81}Cu_{0.19})Cl_{1.04}(OH)_{0.96}$ |
| 12 | 5.52 | » | 74.57 | 0.61 | 19.3 | $(Pb_{0.78}Cu_{0.2}Sn_{0.02})Cl_{1.2}[SO_4]_{0.04}(OH)_{0.72}$ |
| 13 | 3.48 | » | 76.67 | 0.66 | 19.19 | $(Pb_{0.84}Cu_{0.14}Sn_{0.02})Cl_{1.25}[SO_4]_{0.05}(OH)_{0.65}$ |
| 14 | 8.45 | 3.82 | 76.46 | 30.84 | 1.21 | $(Pb_{0.69}Cu_{0.25}Sn_{0.06})Cl_{0.06}[SO_4]_{0.57}(OH)_{0.8}$ |

Note: не обн. — not detected.



Рис. 9. Внешний вид спиралевидных пронизок

Fig. 9. The appearance of spiral penetrations

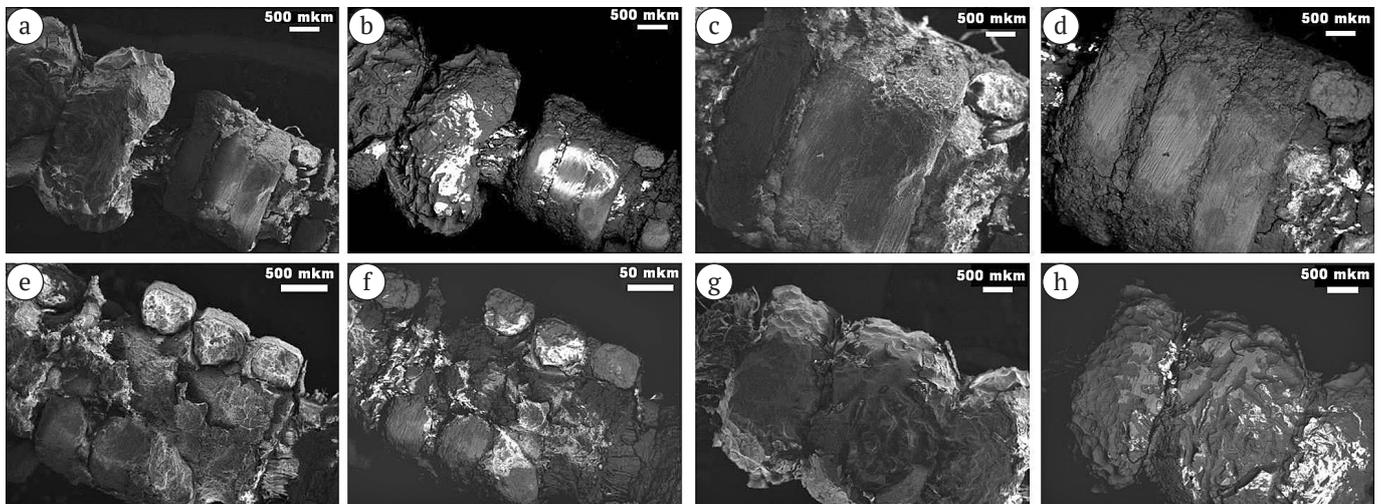


Рис 10. СЭМ-изображения спиралевидных пронизок в режимах вторичных (а, с, е, г) и упругоотраженных (b, d, f, h) электронов

Fig. 10. SEM images of spiral penetrations in the modes of secondary (a, c, e, g) and elastically reflected (b, d, f, h) electrons

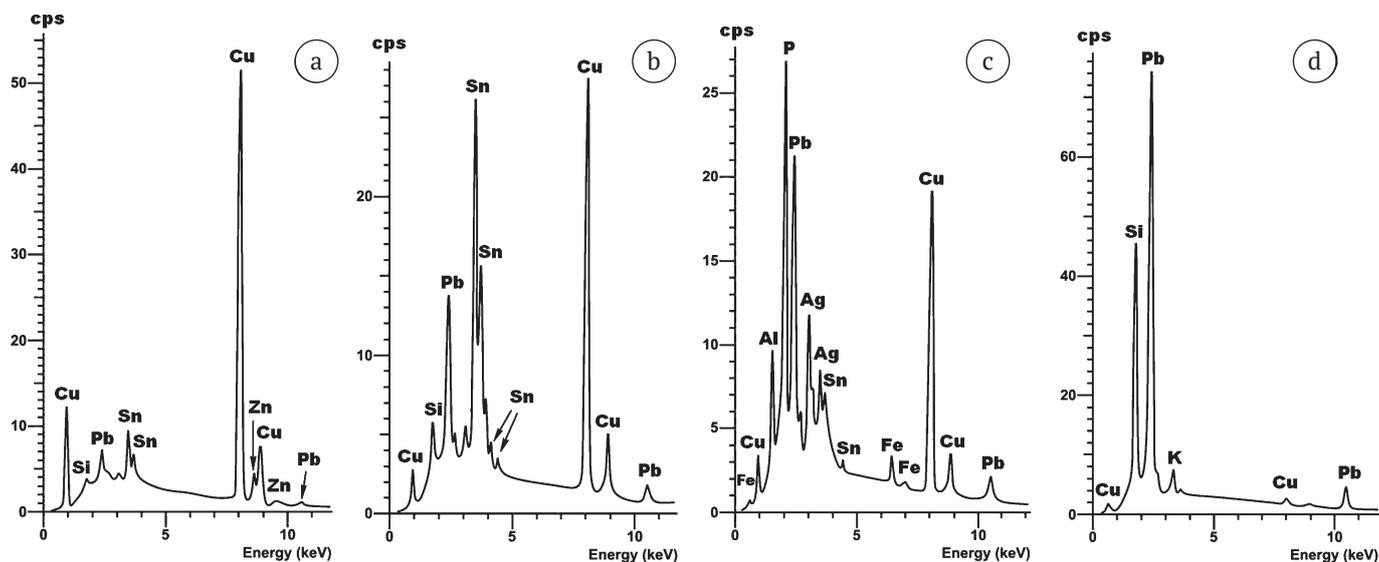


Рис. 11. ЭД-спектры, полученные от основной массы в спиралевидных пронизках (а, б) и микрокорок медно-свинцового и свинцово-опалового состава на их поверхности (с, д)

Fig. 11. ED spectra obtained from the bulk in spiral piercings (a, b) and microcrusts of copper-lead and lead-opal composition on their surface (c, d)

Таблица 6. Химический состав (мас. %) и эмпирические формулы основной массы в спиралевидных пронизках

Table 6. Chemical composition (wt. %) and empirical formulas of the bulk of spiral penetrations

| Cu | Sn | Zn | Pb | Si | Cl | Формула / Formula |
|-------|-------|------|-------|------|------|--|
| 85.52 | 8.62 | 1.82 | 3.17 | 0.54 | 0.33 | $Cu_{0.9}Sn_{0.05}Zn_{0.02}Pb_{0.01}Si_{0.01}Cl_{0.01}$ |
| 84.18 | 5.13 | 7.04 | 2.08 | 0.85 | 0.72 | $Cu_{0.87}Sn_{0.03}Zn_{0.07}Pb_{0.01}Si_{0.01}Cl_{0.01}$ |
| 45.76 | 33.85 | 0.99 | 16.86 | 1.97 | 0.57 | $Cu_{0.63}Sn_{0.25}Zn_{0.01}Pb_{0.07}Si_{0.03}Cl_{0.01}$ |

Таблица 7. Химический состав (мас. %) и эмпирические формулы микрокорок окисления оксимедно-окисвинцового (1–3) и окисвинцово-опалового (4–12) состава на поверхности спиралевидных пронизок

Table 7. Chemical composition (wt. %) and empirical formulas of microcells oxidation of oxymedon-oxy-lead (1–3) and oxy-lead-opal (4–12) composition on the surface of spiral penetrations

| № п/п | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | K ₂ O | CuO | SnO ₂ | PbO | ZnO | Cl |
|-----------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------|------------------|---------|------------------|-------|---------|---------|
| 1 | 2.81 | 3.03 | 0.69 | 1.06 | не обн. | 35.03 | не обн. | 41.22 | 1.64 | 0.46 |
| 2 | 1.39 | не обн. | 5.66 | не обн. | » | 30.29 | 39.21 | 21.52 | 1.37 | 0.56 |
| 3 | 3.63 | 3.98 | 1.44 | » | » | 29.35 | 10.16 | 37.31 | 1.63 | 0.49 |
| Среднее Average | 2.61 | 2.34 | 2.6 | 0.35 | не опр. | 31.56 | 16.46 | 33.35 | 1.55 | 0.5 |
| СКО RMSD | 1.13 | 2.08 | 2.68 | 0.61 | | 3.04 | 20.35 | 10.43 | 0.15 | 0.05 |
| 4 | 27.47 | 0.81 | не обн. | не обн. | 1.45 | 0.55 | не обн. | 69.72 | не обн. | не обн. |
| 5 | 39.35 | 6.52 | » | » | не обн. | 2.98 | » | 51.15 | » | » |
| 6 | 39.8 | 6.84 | » | » | 0.28 | 2.61 | 0.89 | 49.58 | » | » |
| 7 | 25.22 | не обн. | » | » | 1.58 | 1.05 | не обн. | 72.15 | » | » |
| 8 | 25.53 | » | » | » | 1.54 | 0.97 | » | 71.96 | » | » |
| 9 | 21.51 | 3.99 | » | » | 0.47 | 8.17 | » | 34.14 | » | » |
| 10 | 27.68 | 0.84 | » | » | 1.22 | 0.75 | » | 69.51 | » | » |
| 11 | 25.33 | не обн. | » | » | 1.4 | не обн. | » | 73.27 | » | » |
| 12 | 25.99 | » | » | » | не обн. | 0.97 | » | 73.04 | » | » |
| Среднее Average | 28.65 | 2.11 | не опр. | не опр. | 0.88 | 2.01 | 0.1 | 62.72 | не опр. | не опр. |
| СКО RMSD | 0.44 | 2.88 | | | 0.68 | 2.5 | 0.3 | 14.19 | | |

Note: не обн. — not detected; не опр. — not determined.

невековые характерными для Прибалтийской металлургической провинции.

6. Колокольчик с обломанным ушком. Бронзовое изделие длиной 20 мм, диаметром 16 мм (рис. 12, а).

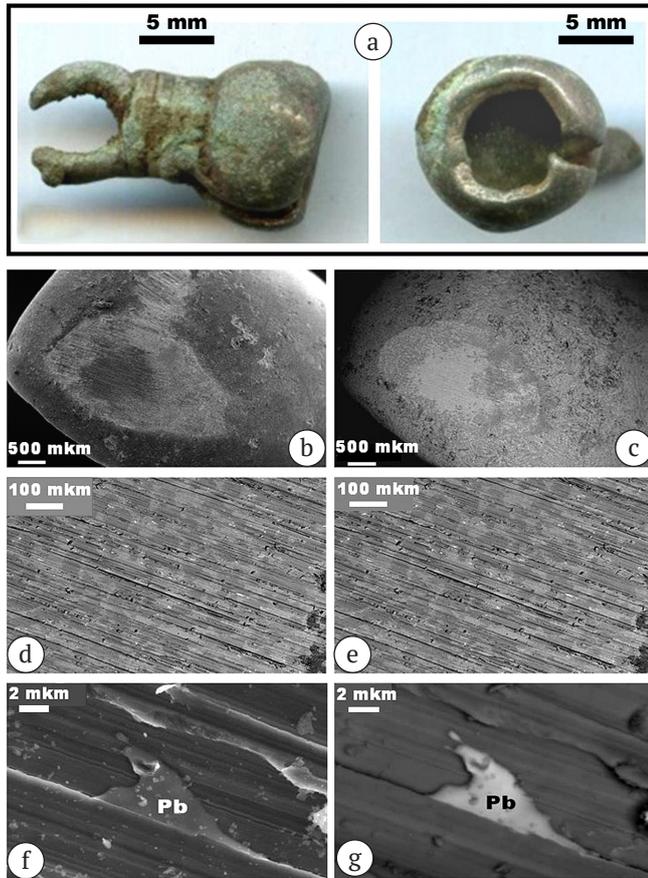


Рис. 12. Внешний вид (а) и СЭМ-изображения поверхности (b, c) и внутреннего строения (d–g) колокольчика в режимах вторичных (b, d, f) и упругоотраженных (c, e, g) электронов. Pb — микровключения в бронзе

Fig. 12. Appearance (a) and SEM images of the surface (b, c) and internal structure (d–g) of the bell in the modes of secondary (b, d, f) and elastically reflected (c, e, g) electrons. Pb — microinclusions in bronze

Внутреннее строение микропластинчатое-однородное (рис. 12, b–g). Основная масса в фазовом отношении представлена практически равномерным сочетанием умеренно оловянистой — $\text{Cu}_{0.89-0.91}\text{Sn}_{0.09-0.1}\text{Pb}_{0-0.01}$ и высокооловянистой — $\text{Cu}_{0.78-0.86}\text{Sn}_{0.14-0.22}\text{Pb}_{0-0.01}$ разновидностями бронзы (рис. 13, табл. 8). Спорадически в бронзе встречаются микровключения размером до 15×15 мкм, разделяющиеся по составу на золотосеребряные — $\text{Ag}_{0.9}\text{Au}_{0.01}\text{Cu}_{0.06}\text{Pb}_{0.02}\text{S}_{0.01}$ и свинцово-медные — $\text{Pb}_{0.63-0.72}\text{Cu}_{0.17-0.26}\text{Sn}_{0-0.02}\text{S}_{0-0.18}$.

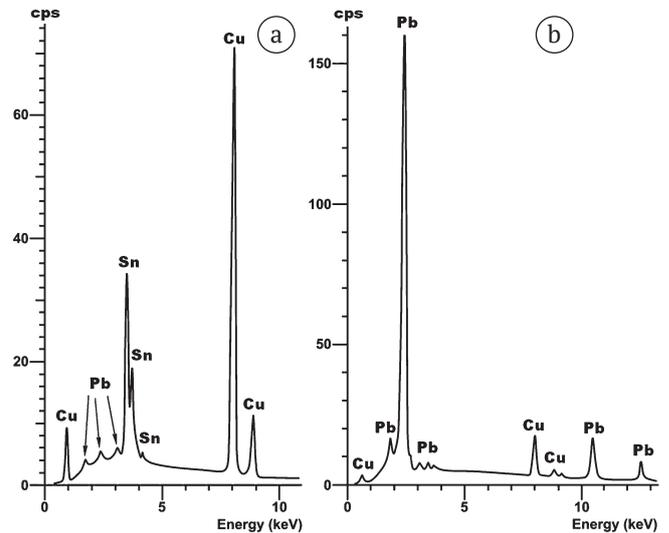


Рис. 13. ЭД-спектры, полученные от основной массы (а) и медно-свинцовых микровключений (b) в колокольчике

Fig. 13. ED spectra obtained from the bulk (a) and copper-lead micro-inclusions (b) in the bell

7. Конусовидная пронизка длиной 22 мм и диаметром основания 13 мм (рис. 14, а). По внутреннему микростроению и фазовому составу довольно неоднородная (рис. 14, b–e). Основная масса в основном сложена высокооловянистой бронзой состава

Таблица 8. Химический состав (мас. %) и эмпирические формулы вещества основной массы (1–10) и микровключений (11–13) в колокольчике

Table 8. Chemical composition (wt. %) and empirical formulas of the bulk substance (1–10) and microinclusions (11–13) in the bell

| № п/п | Cu | Sn | Ag | Au | Pb | S | Формула / Formula |
|-------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|--|
| 1 | 81.67 | 17.88 | не обн. | не обн. | 0.55 | не обн. | $\text{Cu}_{0.89}\text{Sn}_{0.1}\text{Pb}_{0.01}$ |
| 2 | 83.87 | 16.13 | » | » | не обн. | » | $\text{Cu}_{0.91}\text{Sn}_{0.09}$ |
| 3 | 84.13 | 15.87 | » | » | » | » | $\text{Cu}_{0.91}\text{Sn}_{0.09}$ |
| 4 | 89.76 | 15.31 | » | » | 3.93 | » | $\text{Cu}_{0.9}\text{Sn}_{0.09}\text{Pb}_{0.01}$ |
| 5 | 83.43 | 16.57 | » | » | не обн. | » | $\text{Cu}_{0.9}\text{Sn}_{0.1}$ |
| 6 | 74.75 | 24.05 | » | » | 1.2 | » | $\text{Cu}_{0.85}\text{Sn}_{0.14}\text{Pb}_{0.01}$ |
| 7 | 68.92 | 31.08 | » | » | не обн. | » | $\text{Cu}_{0.81}\text{Sn}_{0.19}$ |
| 8 | 70.68 | 28.61 | » | » | 0.71 | » | $\text{Cu}_{0.81}\text{Sn}_{0.18}\text{Pb}_{0.01}$ |
| 9 | 65.49 | 34.51 | » | » | не обн. | » | $\text{Cu}_{0.78}\text{Sn}_{0.22}$ |
| 10 | 71.81 | 21.19 | » | » | » | » | $\text{Cu}_{0.86}\text{Sn}_{0.14}$ |
| 11 | 3.48 | не обн. | 91.4 | 1.75 | 3.01 | 0.36 | $\text{Ag}_{0.9}\text{Au}_{0.01}\text{Cu}_{0.06}\text{Pb}_{0.02}\text{S}_{0.01}$ |
| 12 | 9.92 | 1.52 | не обн. | не обн. | 88.56 | не обн. | $\text{Pb}_{0.72}\text{Cu}_{0.26}\text{Sn}_{0.02}$ |
| 13 | 7.34 | 1.74 | » | » | 90.41 | 0.51 | $\text{Pb}_{0.63}\text{Cu}_{0.17}\text{Sn}_{0.02}\text{S}_{0.18}$ |

Note: не обн. — not detected.



$Cu_{0.77-0.87}Sn_{0.13-0.23}Pb_{0-0.0}$ с незначительной примесью умеренно оловянистой бронзы состава $Cu_{0.89}Sn_{0.1}Pb_{0.01}$ (рис. 15, табл. 9). Отмечаются медно-свинцовые микровключения размером от 0.5×1 до 5×10 мкм.

Таблица 9. Химический состав (мас. %) и эмпирические формулы вещества конусовидной пронизки

Table 9. Chemical composition (wt.%) and empirical formulas cone-shaped substances

| Cu | Sn | Pb | S | Формулы / Formulas |
|-------|---------|---------|---------|-------------------------------|
| 81.0 | 17.5 | 1.5 | не обн. | $Cu_{0.89}Sn_{0.1}Pb_{0.01}$ |
| 69.25 | 29.91 | 0.84 | » | $Cu_{0.81}Sn_{0.18}Pb_{0.01}$ |
| 78.79 | 21.21 | не обн. | » | $Cu_{0.87}Sn_{0.13}$ |
| 66.43 | 31.9 | 1.67 | » | $Cu_{0.77}Sn_{0.2}Pb_{0.03}$ |
| 73.56 | 25.31 | 1.13 | » | $Cu_{0.84}Sn_{0.15}Pb_{0.01}$ |
| 64.59 | 35.41 | не обн. | » | $Cu_{0.77}Sn_{0.23}$ |
| 72.37 | 27.63 | » | » | $Cu_{0.83}Sn_{0.17}$ |
| 3.71 | не обн. | 96.29 | » | $Pb_{0.89}Cu_{0.11}$ |
| 3.94 | » | 93.46 | 2.6 | $Pb_{0.76}Cu_{0.01}S_{0.14}$ |

Note: не обн. — not detected.

8. Грушевидный бубенчик с крестообразной прорезью. Украшение длиной 12.5 мм и диаметром основания 14 мм (рис. 16, а), массивное (рис. 16, б–е), из оловосодержащей латуни (рис. 17, табл. 10) — $Cu_{0.89-0.94}Zn_{0.05-0.08}Sn_{0.01-0.02}Pb_{0-0.01}$. В латунной массе спорадически встречаются угловатые микровключения размером от 1×0.5 до 5×2 мкм, подразделяющиеся по составу на медные — $Cu_{0.98-0.99}Pb_{0-0.01}Sn_{0-0.01}$ и свинцово-медные — $Cu_{0.73}Pb_{0.27}$.

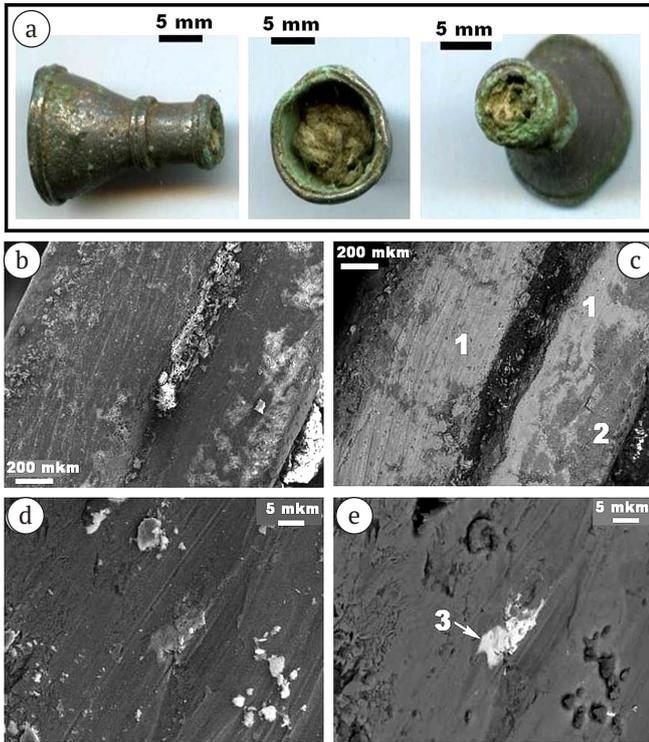


Рис. 14. Внешний вид (а) и СЭМ-изображения внутреннего строения (б–е) в режимах вторичных (б, д) и упругоотраженных (с, е) электронов конусовидной пронизки. 1, 2 — бронзы соответственно высоко- и умеренно оловянистые; 3 — медно-свинцовые микровключения

Fig. 14. Appearance (a) and SEM images of the internal structure (b–e) in the modes of secondary (b, d) and elastically reflected (c, e) cone-shaped electrons. 1, 2 — bronzes, respectively, high- and moderate-grained; 3 — copper-lead microinclusions

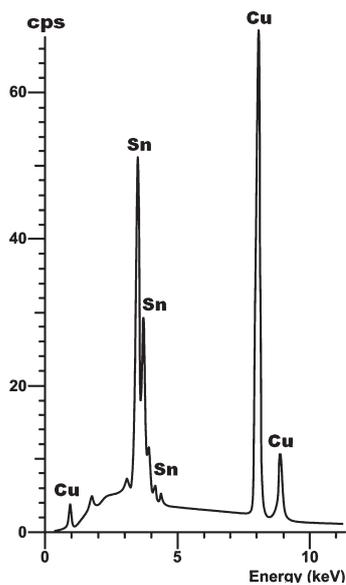


Рис. 15. ЭД-спектр, полученный от высокооловянистой бронзы в конусовидной пронизке

Fig. 15. ED spectrum obtained from high-tin bronze in a cone-shaped pierce

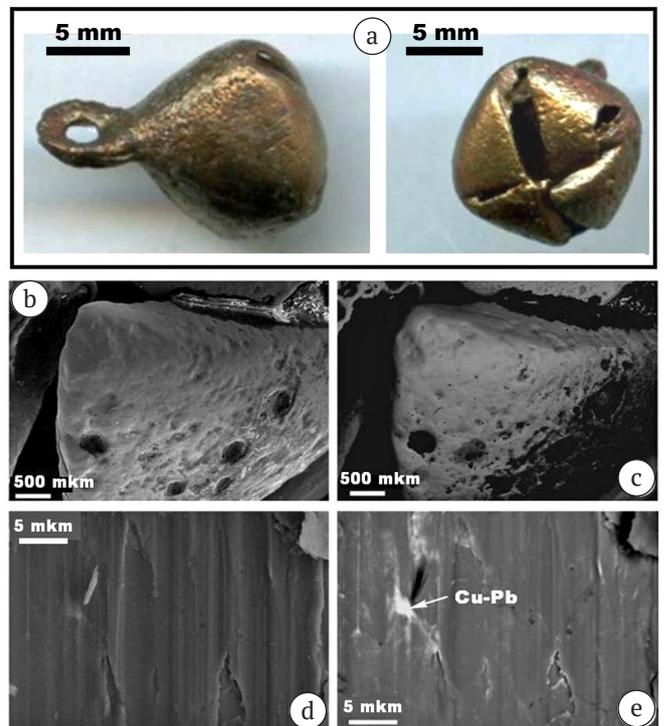


Рис. 16. Внешний вид (а) и СЭМ-изображения поверхности (б, с) и внутреннего строения (д, е) в режимах вторичных (б, д) и упругоотраженных (с, е) элементов грушевидного бубенчика

Fig. 16. Appearance (a) and SEM images of the surface (b, c) and internal structure (d, e) in the modes of secondary (b, d) and elastically reflected (c, e) elements of a pear-shaped bell

Таблица 10. Химический состав (мас. %) и эмпирические формулы основной массы (1–6) и микровключений (7–10) в грушевидном бубенчике

Table 10. Chemical composition (wt. %) and empirical formulas of the bulk (1–6) and microinclusions (7–10) in a pear-shaped tambourine

| № п/п | Cu | Sn | Zn | Pb | Формулы / Formulas |
|-------|-------|------|---------|-------|--|
| 1 | 85.7 | 3.35 | 7.92 | 3.03 | $Cu_{0.89}Sn_{0.02}Zn_{0.08}Pb_{0.01}$ |
| 2 | 86.14 | 2.78 | 9.35 | 1.73 | $Cu_{0.89}Sn_{0.02}Zn_{0.08}Pb_{0.01}$ |
| 3 | 93.08 | 0.75 | 5.03 | 1.14 | $Cu_{0.94}(Sn,Pb)_{0.01}Zn_{0.05}$ |
| 4 | 89.16 | 1.37 | 7.78 | 1.69 | $Cu_{0.9}Sn_{0.01}Zn_{0.08}Pb_{0.01}$ |
| 5 | 91.96 | 0.78 | 6.03 | 1.23 | $Cu_{0.95}(Sn,Pb)_{0.01}Zn_{0.06}$ |
| 6 | 93.4 | 0.92 | 4.62 | 1.06 | $Cu_{0.94}(Sn,Pb)_{0.01}Zn_{0.05}$ |
| 7 | 95.08 | 1.2 | 0.68 | 3.04 | $Cu_{0.98}Pb_{0.01}(Sn,Zn)_{0.01}$ |
| 8 | 98.06 | 0.73 | не обн. | 1.21 | $Cu_{0.99}(Sn,Pb)_{0.01}$ |
| 9 | 96.13 | 0.74 | » | 3.13 | $Cu_{0.98}Pb_{0.01}(Sn,Pb)_{0.01}$ |
| 10 | 45.72 | н.о. | » | 54.28 | $Cu_{0.73}Pb_{0.27}$ |

Note: не обн. — not detected.

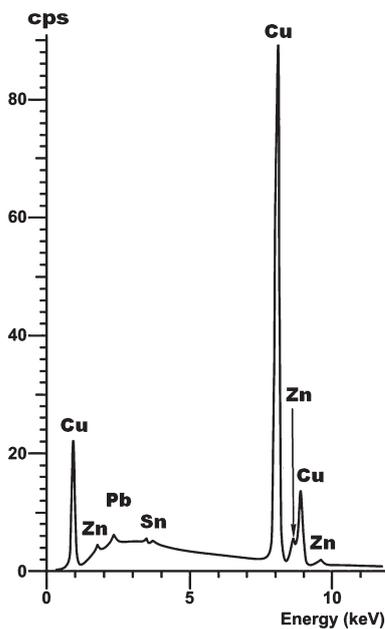


Рис. 17. ЭД-спектр, полученный от латуни в грушевидном бубенчике

Fig. 17. The ED spectrum obtained from brass in a pear-shaped bell

9. Зернофилигранная бляшка-подвеска размером 27 × 23 мм, зернь диаметром 3.5–4 мм (рис. 18, 19). Основную массу подвески составляет серебро с пробой 934–1000 (985 ± 2) ‰, в качестве примесей



Рис. 18. Внешний вид бляшки-подвески с шариками зерни, обрамленными пояском скани и двумя рядами по краю бляшки

Fig. 18. Appearance of a pendant plaque with beads of grain framed filigree belt and two rows along the edge of the plaque

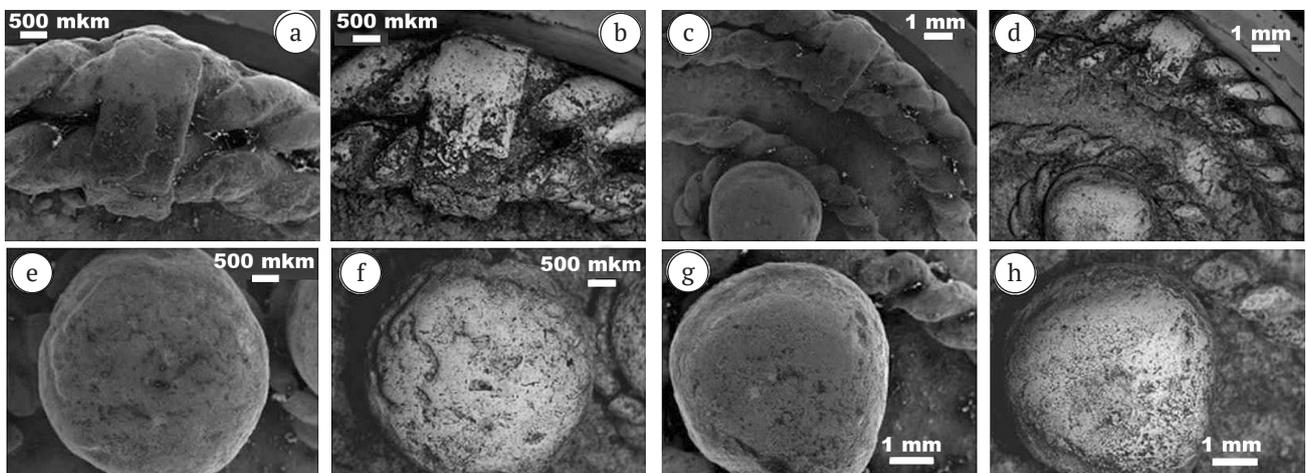


Рис. 19. СЭМ-изображения сканозерновой бляшки-подвески в режимах вторичных (а, с, е, г) и упругоотраженных (b, d, f, h) электронов

Fig. 19. SEM images of a scanned-grain plaque-suspension in secondary modes (a, c, e, g) and elastically reflected (b, d, f, h) electrons



выступают магний, сера и хлор — $Ag_{0.82-1}Mg_{0-0.04}S_{0-0.14}Cl_{0-0.04}$ (рис. 20, табл. 11). В зерни серебро практически той же пробы — 960–997 (980 ± 17) ‰, но отличается незначительной примесью золота — $Ag_{0.88-0.99}Au_{0-0.01}S_{0-0.08}Cl_{0-0.06}$. На поверхности бляшки-подвески обнаружены хлориды.

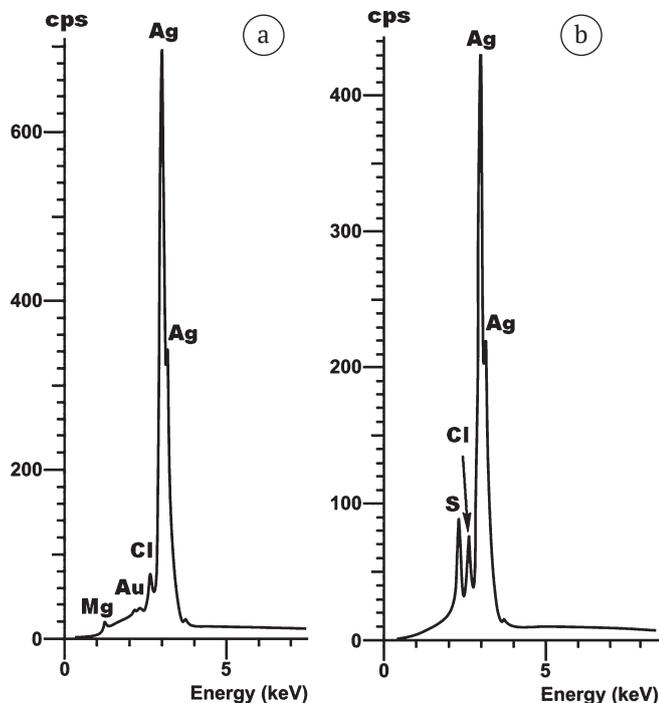


Рис. 20. ЭД-спектры, полученные от зерни (а) и основной массы (б) в бляшке-подвеске
 Fig. 20. ED spectra obtained from grains (a) and main mass (b) in a plaque-pendant

10. Фрагмент тонкопроволочного височного кольца с филигранью. Часть серебряного украшения длиной 35 мм, диаметром 2–4 мм. Для него характерны насаженные на проволоку кольцевые дополнения большего, чем сама проволока, диаметра (рис. 21). В качестве примазок на поверхности кольца установлены следы серебро-олово-медного припоя (рис. 22). Проба серебра в основной массе — 897–964 (947 ± 25) ‰, в качестве примесей присутствуют золото и медь — $Ag_{0.92-0.95}Au_{0-0.01}Cu_{0.04-0.08}$ (рис. 23, табл. 12). Припой имеет состав $Cu_{0.3-0.33}Sn_{0.22-0.32}Ag_{0.21-0.29}Au_{0-0.01}Pb_{0-0.02}P_{0.13-0.16}$, обнаруживая незначительную примесь золота. Это указывает на заимствование припоем серебра непосредственно из височного кольца. Судя по составу припоя, температура его плавления могла составлять в среднем около 650 °С, что на 310–350 °С ниже, чем у серебра с пробой 950–1000 °С. Для сравнения можно привести аналогичные данные по припою в серебряных изделиях из погребения № 115 Кокпомягского могильника (Савельева и др., 2024). В этом случае припой имел состав $Ag_{0.28-0.48}Sn_{0.16-0.51}Cu_{0.02-0.06}S_{0.09-0.13}Cl_{0.04-0.2}$, что при пересчете на температуру плавления тоже дает около 650 °С.



Рис. 21. Внешний вид первого фрагмента височного кольца, стрелками показаны участки со следами припоя
 Fig. 21. Appearance of the first fragment of the temporal ring, arrows areas with traces of solder are shown

Таблица 11. Химический состав (мас. %) и эмпирические формулы вещества в основной массе (1–8), зерни (9–12) и на поверхности (13–15) бляшки-подвески

Table 11. Chemical composition (wt.%) and empirical formulas of the substance in the ground mass (1–8), grains (9–12) and on the surface (13–15) of pendant plaques

| № п/п | Ag | Au | Mg | Na | Cl | S | Формулы / Formulas |
|-------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------------------------------------|
| 1 | 100 | не обн. | Ag |
| 2 | 99.38 | » | 0.62 | » | » | » | $Ag_{0.97}Mg_{0.03}$ |
| 3 | 98.74 | 0.48 | 0.6 | » | 0.18 | » | $Ag_{0.96}Cl_{0.01}Mg_{0.03}$ |
| 4 | 99.08 | 0.4 | 0.52 | » | не обн. | » | $Ag_{0.97}Mg_{0.03}$ |
| 5 | 99.73 | не обн. | не обн. | » | » | 0.27 | $Ag_{0.99}S_{0.01}$ |
| 6 | 99.6 | » | » | » | » | 0.4 | $Ag_{0.99}S_{0.01}$ |
| 7 | 93.36 | 0.66 | » | » | 1.29 | 4.69 | $Ag_{0.82}S_{0.14}Mg_{0.04}$ |
| 8 | 97.9 | 0.63 | 0.72 | » | 0.75 | не обн. | $Ag_{0.94}Mg_{0.03}Cl_{0.03}$ |
| 9 | 96.04 | не обн. | не обн. | не обн. | 1.44 | 2.52 | $Ag_{0.88}S_{0.08}Cl_{0.04}$ |
| 10 | 99.21 | 0.79 | » | » | не обн. | не обн. | $Ag_{0.99}Au_{0.01}$ |
| 11 | 99.68 | не обн. | » | » | 0.32 | » | $Ag_{0.99}Cl_{0.01}$ |
| 12 | 97.18 | » | » | » | 2.08 | 0.74 | $Ag_{0.92}S_{0.02}Cl_{0.06}$ |
| 13 | 73.1 | не обн. | не обн. | 18.72 | 8.18 | не обн. | $0.29Ag + 0.71NaCl_{0.29}(OH)_{0.71}$ |
| 14 | 91.88 | » | » | не обн. | 5.09 | 3.03 | $Ag_{0.78}Cl_{0.13}S_{0.09}$ |
| 15 | 94.31 | 0.73 | » | » | 3.88 | 1.08 | $Ag_{0.78}Cl_{0.13}S_{0.09}$ |

Note: не обн. — not detected.

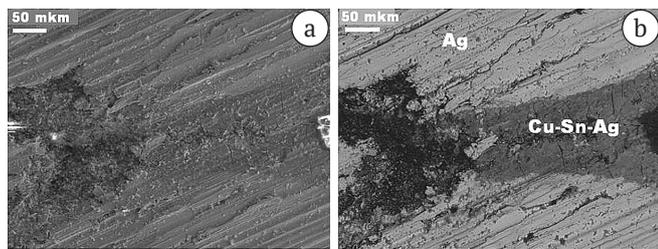


Рис. 22. СЭМ-изображения внутреннего строения первого фрагмента височного кольца в режимах вторичных (а) и упругоотраженных (б) электронов. Ag — основная масса, Cu-Sn-Ag — припой

Fig. 22. SEM images of the internal structure of the first fragment of the temporal ring in the modes secondary (a) and elastically reflected (b) electrons. Ag — bulk, Cu-Sn-Ag — solder

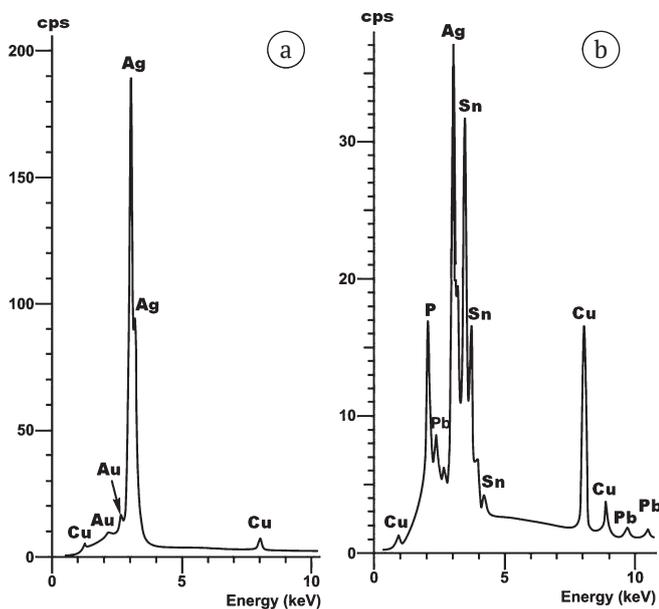


Рис. 23. ЭД-спектры, полученные от основной массы (а) и Cu-Sn-Ag-припоя (б) в первом фрагменте височного кольца

Fig. 23. ED spectra obtained from the bulk (a) and Cu-Sn-Ag solder (b) in the first fragment of the temporal ring

11. Второй фрагмент тонкопроволочного височного кольца с филигранью. Отличается от вышерассмотренного отсутствием насаженных на проволоку кольцевых дополнений (рис. 24). В соответствии с этим отсутствуют и следы припоя (рис. 25). Размеры второго фрагмента: длина 36 мм, диаметр 2.5 мм. Проба серебра в основной массе — 862–945 (915 ± 26) ‰, в качестве примесей установлены золото, медь и свинец — $Ag_{0.79-0.81}Au_{0-0.01}Cu_{0.08-0.21}Pb_{0-0.02}$ (рис. 26, табл. 13).



Рис. 24. Внешний вид второго фрагмента височного кольца
Fig. 24. Appearance of the second fragment of the temporal ring

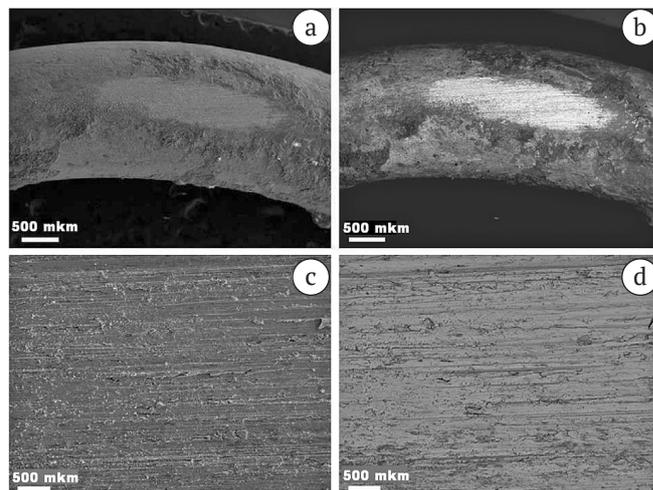


Рис. 25. СЭМ-изображения второго фрагмента височного кольца в режимах вторичных (а, с) и упругоотраженных (б, д) электронов

Fig. 25. SEM images of the second fragment of the temporal ring in the modes secondary (a, c) and elastically reflected (b, d) electrons

Таблица 12. Химический состав (мас. %) и эмпирические формулы вещества в основной массе (1–6) и в припое (7–9) первого фрагмента височного кольца

Table 12. Chemical composition (wt.%) and empirical formulas of the substance in the ground mass (1–6) and in the solder (7–9) of the first fragment of the temporal ring

| № п/п | Ag | Au | Cu | Sn | Pb | P | Формулы / Formulas |
|-------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|--|
| 1 | 95.35 | 1.23 | 3.42 | не обн. | не обн. | не обн. | $Ag_{0.94}Au_{0.01}Cu_{0.05}$ |
| 2 | 96.27 | 1.45 | 2.28 | » | » | » | $Ag_{0.95}Au_{0.01}Cu_{0.04}$ |
| 3 | 94.85 | 1.26 | 3.89 | » | » | » | $Ag_{0.93}Au_{0.01}Cu_{0.06}$ |
| 4 | 95.42 | 4.57 | не обн. | » | » | » | $Ag_{0.92}Cu_{0.08}$ |
| 5 | 89.66 | 10.34 | » | » | » | » | $Ag_{0.92}Cu_{0.08}$ |
| 6 | 96.37 | 3.63 | » | » | » | » | $Ag_{0.94}Cu_{0.06}$ |
| 7 | 25.12 | не обн. | 22.83 | 43.26 | 4.2 | 4.59 | $Cu_{0.32}Sn_{0.32}Ag_{0.21}Pb_{0.02}P_{0.13}$ |
| 8 | 35.69 | 1.96 | 22.3 | 29.79 | 4.25 | 6.01 | $Cu_{0.3}Sn_{0.22}Ag_{0.29}Au_{0.01}Pb_{0.02}P_{0.16}$ |
| 9 | 29.43 | не обн. | 24.51 | 36.35 | 4.1 | 5.61 | $Cu_{0.35}Sn_{0.26}Ag_{0.23}Pb_{0.02}P_{0.16}$ |

Note: не обн. — not detected.



Таблица 13. Химический состав (мас. %) и эмпирические формулы вещества во втором фрагменте височного кольца

Table 13. Chemical composition (wt.%) and empirical formulas substances in the second fragment of the temporal ring

| Ag | Au | Cu | Pb | Формулы / Formulas |
|-------|---------|-------|---------|---------------------------------------|
| 86.24 | не обн. | 13.76 | не обн. | $Ag_{0.79}Cu_{0.21}$ |
| 89.74 | 1.25 | 5.76 | 3.25 | $Ag_{0.88}Au_{0.01}Cu_{0.1}Pb_{0.01}$ |
| 90.43 | 1.05 | 6.15 | 2.37 | $Ag_{0.88}Au_{0.01}Cu_{0.1}Pb_{0.01}$ |
| 91.16 | не обн. | 6.61 | 2.23 | $Ag_{0.88}Cu_{0.11}Pb_{0.01}$ |
| 91.98 | » | 4.97 | 3.05 | $Ag_{0.9}Cu_{0.08}Pb_{0.02}$ |
| 94.49 | » | 5.51 | не обн. | $Ag_{0.91}Cu_{0.09}$ |
| 92.77 | » | 4.62 | 2.61 | $Ag_{0.91}Cu_{0.08}Pb_{0.01}$ |
| 94.15 | » | 5.85 | не обн. | $Ag_{0.9}Cu_{0.1}$ |
| 90.02 | » | 6.36 | 3.62 | $Ag_{0.88}Cu_{0.1}Pb_{0.02}$ |
| 94.04 | » | 5.96 | не обн. | $Ag_{0.9}Cu_{0.1}$ |
| 89.99 | » | 6.81 | 3.2 | $Ag_{0.87}Cu_{0.11}Pb_{0.02}$ |
| 95.06 | » | 4.94 | не обн. | $Ag_{0.92}Cu_{0.08}$ |

Note: не обн. — not detected

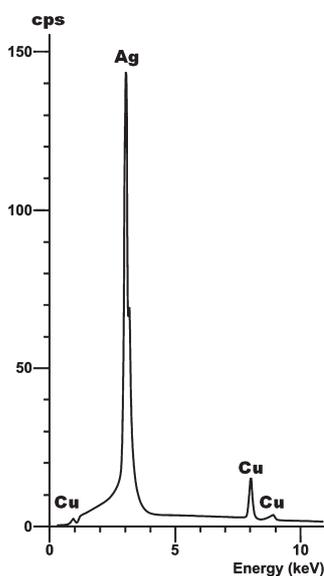


Рис. 26. ЭД-спектр, полученный от вещества второго фрагмента височного кольца

Fig. 26. ED spectrum obtained from the substance of the second fragment of the temporal ring

12. Бочонковидная бусина от височного кольца длиной 21 мм, максимальным диаметром 10 мм (рис. 27), сложного внутреннего строения (рис. 28). В основной массе состоит из серебра с пробой в пределах 907–941 (933 ± 12) ‰ и составом $Ag_{0.91-0.94}Au_{0.01}Cu_{0.02-0.06}Pb_{0.01-0.02}$ (рис. 29, табл. 14). На поверхности изделия проба снижается до 430–650 (570 ± 122) ‰ вследствие резкого возрастания содержания примесей — от $Ag_{0.43-0.65}Cu_{0.06-0.27}Cl_{0-0.27}S_{0-0.03-0.29}$ до $Cu_{0.63}Ag_{0.01}Cl_{0.32}S_{0.03}$. Особенностью проанализированной бусины является присутствие на ней участков позолочения с составом $Au_{0.83-0.89}Ag_{0.07-0.19}Hg_{0.01-0.06}Cu_{0-0.02}$, что указывает на использование не только технологии позолочения, но и амальгамирования. Как известно, позолочение поверхности серебряных украшений используется в целях предотвращения окисления серебра. В настоящее время используется жидкостная технология гальванического покрытия, в средневековье применялось, похоже,

нанесение на поверхность бусины расплава золота, который в силу более высокой температуры подплавлял и серебро. Именно этим и можно объяснить примесь серебра в позолоте.



Рис. 27. Внешний вид бочонковидной бусины. Стрелкой показана сохранившаяся позолота на серебряной пластинке, соединяющей две полусферы

Fig. 27. External view of a barrel-shaped bead, the arrow shows the preserved gilding on the silver plate connecting the two hemispheres

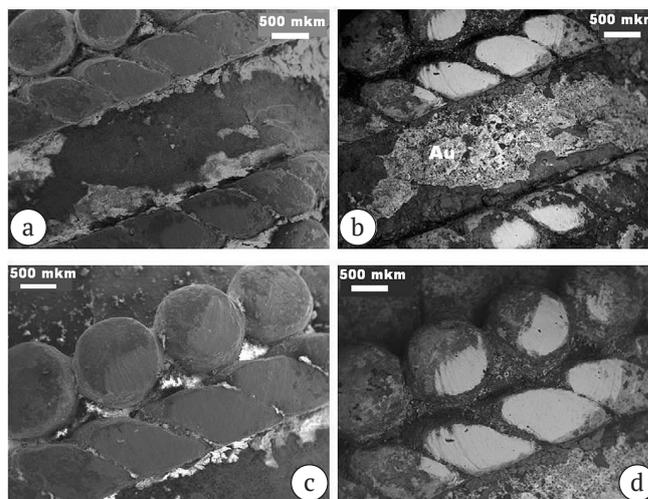


Рис. 28. СЭМ-изображения бочонковидной бусины в режимах вторичных (а, с) и упругоотраженных (b, d) электронов. Au — микроучасток позолочения

Fig. 28. SEM images of a bead in secondary modes (a, c) and elastically reflected (b, d) electrons. Au — micro-section of gilding

Таблица 14. Химический состав (мас. %) и эмпирические формулы вещества основной массы (1–7), на микроучастках золочения (8–13) и на поверхности (14–16) бочонковидной бусины

Table 14. Chemical composition (wt.%) and empirical formulas of the substance main mass (1–7), in micro-areas of gilding (8–13) and on the surface (14–16) acorn beads

| № п/п | Au | Ag | Hg | Cu | Pb | S | Cl | Формулы / Formulas |
|-------|---------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|--|
| 1 | 1.31 | 94.1 | не обн. | 2.65 | 1.94 | не обн. | не обн. | $Ag_{0.94}Au_{0.01}Cu_{0.04}Pb_{0.01}$ |
| 2 | 1.38 | 93.71 | » | 3.26 | 1.65 | » | » | $Ag_{0.93}Au_{0.01}Cu_{0.05}Pb_{0.01}$ |
| 3 | 1.43 | 93.1 | » | 3.27 | 2.2 | » | » | $Ag_{0.92}Au_{0.01}Cu_{0.06}Pb_{0.01}$ |
| 4 | 1.33 | 94.0 | » | 3.12 | 1.55 | » | » | $Ag_{0.93}Au_{0.01}Cu_{0.05}Pb_{0.01}$ |
| 5 | 1.24 | 93.45 | » | 3.76 | 1.55 | » | » | $Ag_{0.92}Au_{0.01}Cu_{0.02}Pb_{0.01}$ |
| 6 | 1.04 | 90.74 | » | 3.82 | 4.4 | » | » | $Ag_{0.91}Au_{0.01}Cu_{0.06}Pb_{0.02}$ |
| 7 | 1.68 | 93.98 | » | 2.22 | 2.12 | » | » | $Ag_{0.94}Au_{0.01}Cu_{0.04}Pb_{0.01}$ |
| 8 | 91.68 | 4.98 | 2.56 | 0.78 | не обн. | не обн. | не обн. | $Au_{0.87}Ag_{0.09}Hg_{0.02}Cu_{0.02}$ |
| 9 | 87.29 | 6.11 | 6.6 | не обн. | » | » | » | $Au_{0.83}Ag_{0.11}Hg_{0.06}$ |
| 10 | 91.77 | 5.88 | 1.61 | 0.74 | » | » | » | $Au_{0.86}Ag_{0.19}Hg_{0.02}Cu_{0.02}$ |
| 11 | 88.93 | 4.5 | 6.57 | не обн. | » | » | » | $Au_{0.86}Ag_{0.08}Hg_{0.06}$ |
| 12 | 92.58 | 5.54 | 1.88 | » | » | » | » | $Au_{0.89}Ag_{0.1}Hg_{0.01}$ |
| 13 | 92.96 | 4.26 | 2.23 | 0.55 | » | » | » | $Au_{0.89}Ag_{0.07}Hg_{0.02}Cu_{0.02}$ |
| 14 | не обн. | 63.1 | не обн. | 22.9 | не обн. | 1.27 | 12.73 | $Ag_{0.43}Cu_{0.27}Cl_{0.27}S_{0.03}$ |
| 15 | » | 84.61 | » | 4.39 | » | 11.0 | не обн. | $Ag_{0.65}Cu_{0.06}S_{0.29}$ |
| 16 | не обн. | 1.43 | не обн. | 73.54 | 2.35 | 1.98 | 20.7 | $Cu_{0.63}Ag_{0.01}Cl_{0.32}S_{0.03}$ |

Note: не обн. — not detected.

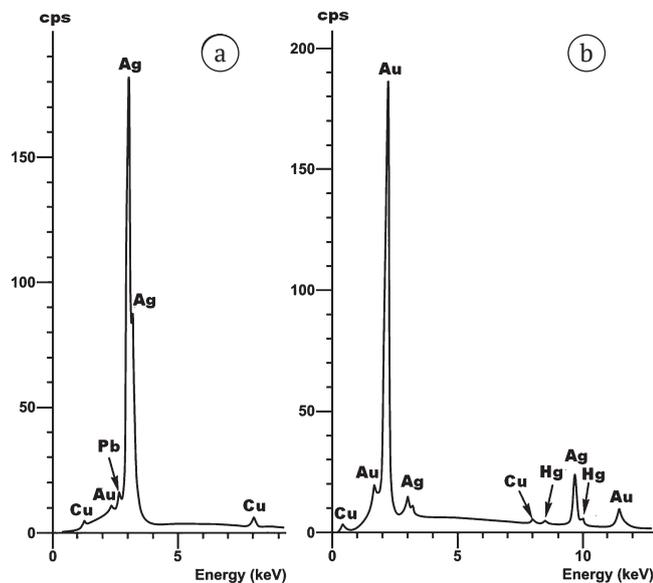

Рис. 29. ЭД-спектры, полученные от основной массы (а) и участков позолочения (б) в бочонковидной бусине

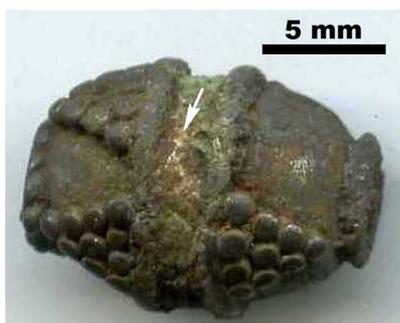
Fig. 29. ED spectra obtained from the main mass (a) and gold-plated areas (b) in barrel bead

Рис. 30. Внешний вид желудевидной бусины, стрелкой показан участок позолочения

Fig. 30. Appearance of an acorn-shaped bead, arrow gold plated area shown

13. Желудевидная бусина с филигранью. Сложно скульптурированное серебряное украшение длиной 15 см и максимальным диаметром 11 см (рис. 30, 31). Проба серебра в основной массе составляет 890–970 (946 ± 23) ‰, состав — $Ag_{0.89-0.96}Au_{0-0.01}Cu_{0.02-0.1}Fe_{0-0.09}$ (рис. 32, табл. 15). Выявлены участки позолочения с составом $Au_{0.68-0.74}Ag_{0.16-0.24}Hg_{0-0.08}Cu_{0-0.08}$. На поверхности исследованной бусины выявлена микро-

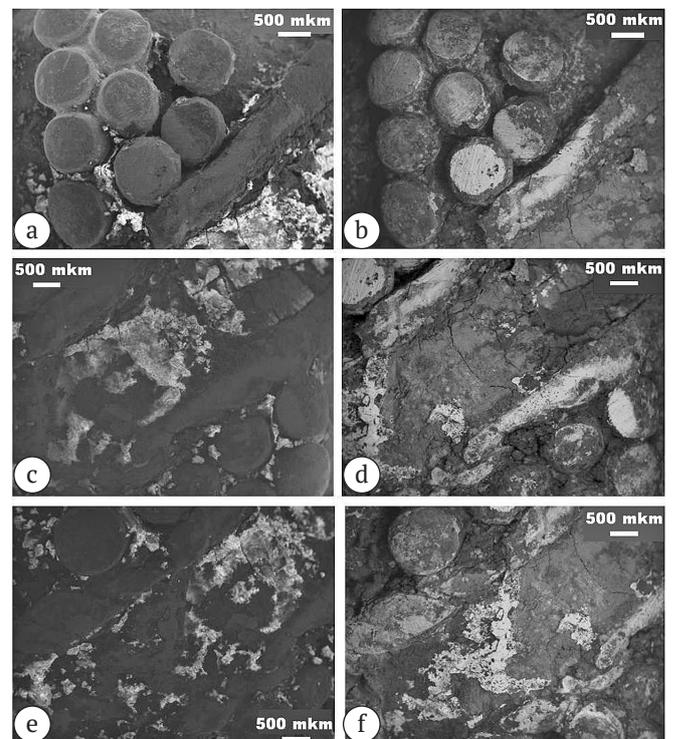

Рис. 31. СЭМ-изображения внутреннего строения желудевидной бусины в режимах вторичных (а, с, е) и упруго-отраженных (b, d, f) электронов

Fig. 31. SEM images of the internal structure of an acorn bead in the modes of secondary (a, c, e) and elastically reflected (b, d, f) electrons

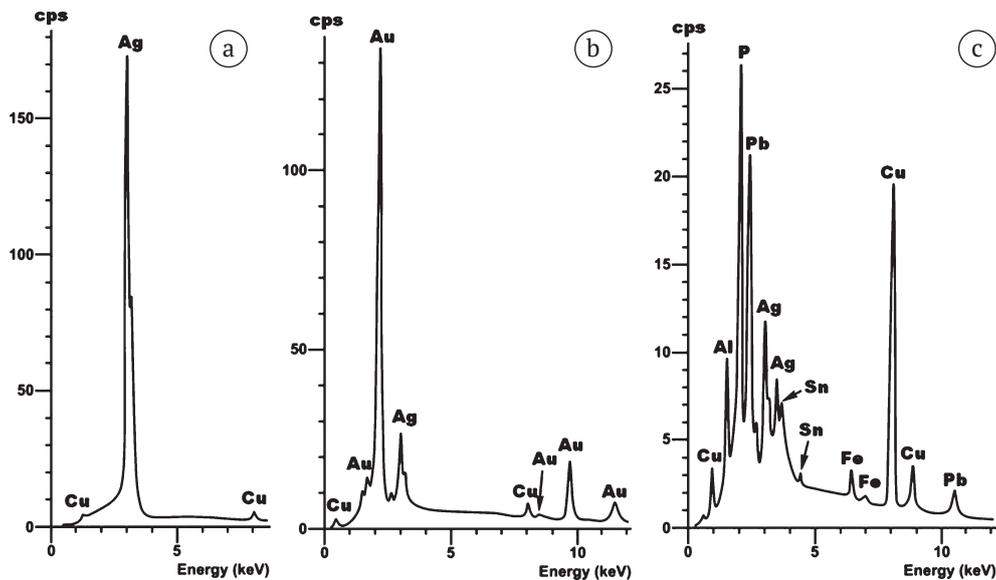


Рис. 32. ЭД-спектры, полученные от основной массы (а), участков позолочения (b) и поверхностной микрокорки (с) в желудевидной бусине

Fig. 32. ED spectra obtained from the main mass (a), gold-plated areas (b) and superficial microcrust (c) in an acorn-shaped bead

Таблица 15. Химический состав (мас. %) и эмпирические формулы вещества основной массы (1–9) и микроучастков золочения (10–23) в желудевидной бусине

Table 15. Chemical composition (wt.%) and empirical formulas substances of the main mass (1–9) and micro areas of gilding (10–23) in an acorn bead

| № п/п | Au | Ag | Hg | Cu | Fe | Формулы / Formulas |
|-------|-------|-------|---------|------|---------|--|
| 1 | 1.28 | 96.04 | не обн. | 2.68 | не обн. | $Ag_{0.89}Au_{0.01}Cu_{0.1}$ |
| 2 | 0.9 | 95.73 | » | 2.32 | 1.05 | $Ag_{0.94}Au_{0.01}Cu_{0.04}Fe_{0.09}$ |
| 3 | 0.71 | 96.33 | » | 2.96 | не обн. | $Ag_{0.95}Au_{0.01}Cu_{0.04}$ |
| 4 | 1.11 | 97.44 | » | 1.45 | » | $Ag_{0.97}Au_{0.01}Cu_{0.02}$ |
| 5 | 0.54 | 96.04 | » | 3.42 | » | $Ag_{0.94}Cu_{0.06}$ |
| 6 | 2.27 | 96.38 | » | 1.35 | » | $Ag_{0.96}Au_{0.01}Cu_{0.03}$ |
| 7 | 0.84 | 97.54 | » | 1.62 | » | $Ag_{0.95}Au_{0.01}Cu_{0.04}$ |
| 8 | 0.52 | 96.74 | » | 2.74 | » | $Ag_{0.95}Cu_{0.05}$ |
| 9 | 1.2 | 96.86 | » | 1.94 | » | $Ag_{0.96}Au_{0.01}Cu_{0.03}$ |
| 10 | 83.97 | 11.89 | 2.21 | 1.93 | не обн. | $Au_{0.74}Ag_{0.19}Cu_{0.05}Hg_{0.02}$ |
| 11 | 80.57 | 9.92 | 6.78 | 2.73 | » | $Au_{0.71}Ag_{0.16}Cu_{0.07}Hg_{0.06}$ |
| 12 | 80.7 | 11.31 | 6.6 | 1.39 | » | $Au_{0.72}Ag_{0.18}Cu_{0.04}Hg_{0.06}$ |
| 13 | 81.35 | 15.8 | не обн. | 2.85 | » | $Au_{0.68}Ag_{0.24}Hg_{0.08}$ |

Note: не обн. — not detected.

пленка окисления состава окисвинцово-оксиоловянно-оксимедно-окисеребряного состава (мас. %): $CuO = 35.62–32.84$; $Ag_2O = 31.02–38.71$; $SnO_2 = 6.27–5.95$; $PbO = 9.19–23.12$; $Al_2O_3 = 1.91–9.45$; $Fe_2O_3 = 0.92–0$; $P_2O_5 = 15.06–19.93$.

Сопоставление данных исследования вышеохарактеризованных бусин приводит к следующему заключению. По форме, пробе серебра во внутренней своей части и факту позолочения поверхности бусины аналогичны. В химическом составе серебра они различаются только примесью железа в бочонковидной бусине, но при этом в обоих случаях серебро является золотосодержащим. Существенное несовпадение бусин обнаруживается в двух качествах. Во-первых, они принципиально различаются по составу своей поверхности — в бочонковидной бусине наблюдается неокисленное серебро с резко пониженной пробой, а в желудевидной бусине на поверхности по серебру разви-

вается микрокорка окисления. Во-вторых, в составе позолоты на поверхности бочонковидной бусины присутствует примесь ртути, а в случае желудевидной бусины амальгамирование позолоты не обнаружено. Не исключено, что бусины имеют разное происхождение.

Обсуждение результатов и выводы

Большинство проанализированных предметов погребального инвентаря входит в хронологическую группу, датируемую в вымских могильниках XII–XIII вв. (Савельева, 1987). Монетовидные подвески с крестовидным узором в центре встречаются в Новгороде в слоях от 1134 до 1299 г. (Седова, 1981; Лесман, 1988). Филигранная серебряная бляшка-подвеска находит прямые аналогии в средневековых памятниках Прикамья (Зыков и др., 1994). На вымских могильниках аналогичные бляшки появляются в середине XII века

(Савельева, 1987). Бусы — зонные, бочонковидные — также входят в хронологическую группу бус, датируемых XII—XIII вв. (Захаров, Кузина, 2008; Захаров, Макаров, 2008). Бронзовая лапчатая подвеска с отверстием находит многочисленные аналогии на средневековых памятниках Нижнего Приобья (Зыков и др., 1994). Из этого хронологического ряда выбивается лишь латунный грушевидный бубенчик с крестовидной прорезью. В Новгороде аналогичные бубенчики с орнаментированной косой насечкой в нижней части датируются X — серединой XII в. (Лесман, 1988).

Таким образом, наиболее вероятной датой погребения № 59 является середина XII — первая половина XIII вв.

Согласно полученным экспериментальным данным, среди цветных металлов в исследованных нами изделиях резко преобладают бронзы, подразделяющиеся по составу на три разновидности — низко-, умеренно- и высокооловянистую с содержанием олова соответственно до 10, 10–20 и более 20 мас. %. Судя по соответствующей фазовой диаграмме системы сплавов Cu–Sn (Савельева и др., 2024), в этом ряду разновидностей бронз происходит снижение ликвидусной температуры в диапазоне 900–1000 °С, т. е. низкооловянистые бронзы являются наиболее высокотемпературными, а высокооловянистые, напротив, наименее высокотемпературными. Частоты встречаемости разновидностей бронзы в предметах из погребения № 59 составляют соответственно 39.1, 23.9 и 37 %. То есть в них резко преобладают (60.9 %) умеренно- и высокооловянистые бронзы — вероятный продукт переделки первичных низкооловянистых бронз. Как считается, получение обогащенных оловом бронз было практически выгодно, поскольку такие бронзы лучше полировались (Кузьминых, 1983).

Для сравнения можно отметить следующее. В наиболее древних предметах из погребений Юванаягского могильника V–VI вв. резко преобладают (76 %) первичные низкооловянистые бронзы (Ашихмина, Филиппов, 2005). В примерно одновозрастном с пог. № 59 погребении № 115 на Кокпомьягском могильнике (Савельева и др., 2024) соотношение первичных низкооловянистых и вторичных умеренно высокооловя-

нистых бронз в изделиях примерно одинаково при тем не менее различающихся вариациях состава всех разновидностей (рис. 33). Из этого факта можно сделать два вывода: во-первых, выявляется хронологическая тенденция перехода от низкооловянистых бронз к высокооловянистым, во-вторых, этот переход, скорее всего, имеет отношение к аборигенным пермвычегодским металлургам, о чем свидетельствует нетождественность изделий по составу в разных пространственно и хронологически близких погребениях.

Важной особенностью внутреннего строения исследованных бронз является постоянное присутствие в них варьирующихся по составу металлических микровключений, которые, очевидно, обусловлены использованными технологиями. В бронзах изделий из пог. № 59 упомянутые микровключения подразделяются по составу на Pb–Cu, Pb–Cu–Sn, Pb–Cu–S, Pb–Cu–Sn–As–Sb–S. В бронзах изделий из погребения № 115 аналогичные микровключения имеют Pb–Cu–Sn–S, Pb–Cu–Sn–Bi–Sb–S, Pb–Cu–Ag–Sn–Bi–S и Cu–Pb–Sn–Zn–Ni–S состав. Из приведенного видно, что микровключения в бронзах из разных близковозрастных погребений перми вычегодской тоже не тождественны. Это усиливает аргументы именно в пользу аборигенного происхождения изученных предметов.

В исследованную группу цветнометаллических изделий и украшений кроме бронз входят два предмета медного и латунного состава. Последний факт особенно удивителен, поскольку в эпоху XI–XIV вв. на рассматриваемой территории латунные изделия вообще были большой редкостью, особенно на фоне раннего средневековья. Так, в курганных погребениях пришлое кочевое население IV–VI вв. в Повеячегодье среднее отношение латунных предметов к бронзовым составляет 1.4 (Ашихмина, Филиппов, 2005), а в гораздо более поздних погребениях перми вычегодской (пог. № 115) оно скачкообразно сократилось до 0.14, т. е. на порядок (Савельева и др., 2024). В рассматриваемом случае пог. № 59 частоту встречаемости латуни можно оценить всего в 0.08–0.1. При этом мы имеем дело с Sn-содержащей латуней, в которой цинк составляет 5–8 ат. %. Температуру ликвидуса для такого сплава можно оценить в 1080–1085 °С.

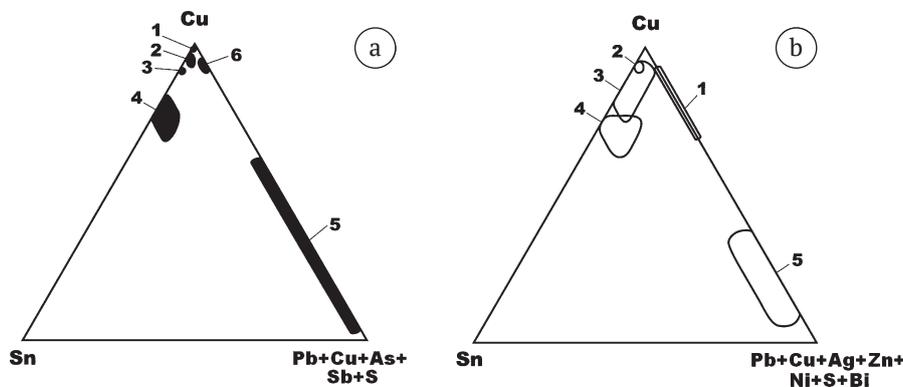


Рис. 33. Треугольные диаграммы химического состава цветнометаллических фаз в исследованных изделиях и украшениях из погребений № 59 (a) и 115 (b) Кокпомьягского могильника: 1 — самородная медь; 2–4 — бронзы соответственно низко-, умеренно-, высокооловянистые; 5 — металлические включения в бронзах; 6 — латунь

Fig. 33. Triangular diagrams of the chemical composition of non-ferrous metal phases in the studied items and decorations from burials No. 59 (a) and No. 115 (b) of the Kokpomnyag burial ground: 1 — native copper; 2–4 — bronzes, respectively, low-, moderate-, high-tin; 5 — metal inclusions in bronzes; 6 — brass



В составе исследованных нами серебряных украшений преобладает высокопробное серебро, в целом варьирующееся по пробе в диапазоне 860–1000 ‰. В качестве примесей в нем выступают Au, Cu, Pb, Mg, P, S, Cl. В некоторых образцах установлены следы припоя Ag-Sn-Cu-состава, температура плавления которого не превышала 650 °С, и позолочения с атомным содержанием золота в пределах 68–89 ‰. Последнее, как известно, использовалось и продолжает использоваться для предотвращения окисления серебра на поверхности соответствующих украшений. Не исключено, что именно позолочение средневековых серебряных предметов и объясняет тот факт, что на них гораздо реже, чем на бронзовых, обнаруживаются микропленки окисления.

Есть основания считать, что большинство исследованных нами изделий из погребения № 59 является продукцией местных литейщиков. Исключение составляют единичные импортные украшения. К ним относятся монетовидная бронзовая подвеска древнерусского происхождения, серебряные скано-зернёные филигранные бляшки, которые, судя по новейшим исследованиям технологии их изготовления, наиболее вероятно, являются продукцией прикамских ювелиров. Такие бляшки находят аналогии на родановских памятниках, которые большинством исследователей ранее считались изделиями болгарских мастеров (Белавин, 2000). Однако в ходе активных раскопок в Прикамье было выявлено несколько независимых ювелирных центров со своими традициями и технологическими приемами, что позволило выделить характерные особенности серебряных ювелирных изделий, изготовленных именно прикамскими местными мастерами. К. А. Руденко (Руденко, 2015) на основе результатов сравнительного анализа технологических особенностей болгарских, прикамских и вымско-вычегодских серебряных изделий сделал вывод о том, что большинство вымско-вычегодских серебряных зернофилигранных украшений по своему типу имеет прикамское, а не болгарское происхождение. Эта точка зрения в настоящее время разделяется и другими исследователями (Подосенова, 2021). Хотя наряду с прикамскими на памятниках вымской культуры перми вычегодской встречаются и серебряные украшения болгарского производства, в частности зернофилигранная желудевидная бусина в погребении № 59.

Основываясь на результатах проведенных нами исследований, а также на находках серебряных сплосков, капель и слитков серебра в вымско-вычегодских могильниках, мы не исключаем значительной роли здесь и местных изделий. Очень вероятно, что мастера перми вычегодской уже владели секретами не только бронзолитейного производства, включая получение разнообразных по составу вторичных бронз, но и ювелирного серебрения с достижением весьма высокой пробы по серебру, с качественным сплавлением серебряных предметов и их эффективным позолочением в целях сбережения от окисления серебра на поверхности изделий.

Авторы благодарят Дину Владимировну Осипову за качественно выполненные рисунки археологических изделий.

Литература / References

- Астахова И. С., Савельева Э. А. Бронзолитейное производство вычегодских пермян (по материалам нижневычегодского Чежтыягского могильника) // Вестник геонаук. 2022. № 4. С. 38–50. DOI: 10.19110/geov.2022.4.2
- Astakhova I. S., Savelyeva E. A. Bronze foundry production of Vychehda Permians (based on materials from the Nizhny Vychehda Chezhtyag burial ground). Vestnik of Geosciences, 2022, No. 4, pp. 38–50. DOI: 10.19110/geov.2022.4.2 (in Russian)
- Ашихмина Л. И., Филиппов В. Н. Рентгеновский микрозондовый (спектральный) анализ металлических изделий курганных могильников в бассейне реки Вычегды // Археоминералогия и ранняя история минералогии: Материалы международного семинара. Сыктывкар: Геопринт, 2005. С. 47–51.
- Ashikhmina L. I., Filippov V. N. X-ray microprobe analysis (spectral) analysis of metal products from burial mounds in the Vychehda River basin. Archaeomineralogy and early history of mineralogy: Proceedings of the International Seminar. Syktyvkar: Geoprint, 2005, pp. 47–51. (in Russian)
- Белавин А. М. Камский торговый путь. Средневековое Предуралье в его экономических и этнокультурных связях. Пермь: Изд-во Пермского гос. пед. ун-та. 2000. 195 с.
- Belavin A. M. Kama trade route. Medieval Cis-Urals in its economic and ethnocultural connections. Perm: Perm State Pedagogical University Publishing House, 2000, 195 p. (in Russian)
- Захаров С. Д., Кузина И. Н. Изделия из стекла и стеклянные бусы // Археология севернорусской деревни X–XIII вв. М.: Наука, 2008. Том 2. С. 142–215.
- Zakharov S. D., Kuzina I. N. Glass products and glass beads. Archeology of the Northern Russian village of the 10th–13th centuries. Moscow: Nauka, 2008, V. 2, pp. 142–215. (in Russian)
- Захаров С. Д., Макаров Н. Д. Мининский археологический комплекс: хронология и динамика развития // Археология севернорусской деревни X–XIII вв. М.: Наука, 2008. Т. 2. С. 290–316.
- Zakharov S. D., Makarov N. D. Minin archaeological complex: chronology and dynamics of development. Archeology of the Northern Russian village of the 10th–13th centuries, V. 2. Moscow: Nauka, 2008, pp. 290–316. (in Russian)
- Зыков А. П., Кокшаров С. Ф., Терехова Л. М., Федорова Н. В. Угорское наследие. Древности Западной Сибири из собраний Уральского университета. Екатеринбург, 1994. 157 с.
- Zykov A. P., Koksharov S. F., Terekhova L. M., Fedorova N. V. Ugric heritage. Antiquities of Western Siberia from the collections of the Ural University. Yekaterinburg, 1994, 157 p. (in Russian)
- Кузьминых С. В. Металлургия Волго-Камья в раннем железном веке. М.: Наука, 1983. 256 с.
- Kuzminykh S. V. Metallurgy of the Volga-Kama region in the early Iron Age. Moscow: Nauka, 1983, 256 p. (in Russian)
- Лесман Ю. М. Хронология ювелирных изделий Новгорода (X–XIV вв.) // Материалы по археологии Новгорода. М.: Наука, 1988. С. 29–98.
- Lesman Yu. M. Chronology of jewelry in Novgorod (10th–14th centuries). Materials on the archeology of Novgorod. Moscow: Nauka, 1988, pp. 29–98. (in Russian)



- Подосенова Ю. А. Височные украшения средневекового населения Пермского Предуралья. Пермь: Изд-во ПГПУ-ПФИЦУ УрО РАН, 2021. 209 с.
- Podosenova Yu. A. Temple decorations of the medieval population of the Perm Cis-Urals. Perm: Publishing house of PSPU-PSC UB RAS, 2021, 209 p. (in Russian)
- Руденко К. А. Булгарское серебро. Казань: Заман, 2015. 528 с.
- Rudenko K. A. Bulgarian silver. Kazan: Zaman, 2015, 528 p. (in Russian)
- Савельева Э. А. Вымские могильники XI—XIV вв. Л.: Изд-во ЛГУ, 1987. 200 с.
- Savelyeva E. A. Vym burial grounds of the 11th—14th centuries. Leningrad: Leningrad State University Publishing House, 1987, 200 p. (in Russian)
- Савельева Э. А. Особенности погребений женщин-литейщиц на нижневычегодском Чезтыягском могильнике // Известия Коми НЦ УрО РАН. Серия «История и филология». 2023. № 1. С. 7—18. DOI: 10.19110/1994-5655-2023-1-7-18
- Savelyeva E. A. Features of the burials of female foundry workers at the Nizhny Vychegda Chezhtyyag burial ground. Proceedings of the Komi SC UB RAS. Series «History and Philology», 2023, No. 1, pp. 7—18. DOI: 10.19110/1994-5655-2023-1-7-18 (in Russian)
- Савельева Э. А., Силаев В.И., Филиппов В.Н., Хазов А.Ф. Цветные и благородные металлы в погребении № 115 Кокпомьягского могильника вымской культуры: археологический и археолого-минералогический аспекты // Известия Коми НЦ УрО РАН. Серия «История и филология». 2024. № 1. С. 22—34. DOI: 10.19110/1994-5655-2024-1-22-34
- Savelyeva E. A., Silaev V. I., Filipov V. N., Khazov A. F. Non-ferrous and precious metals in burial No. 115 of the Kokpomyyag burial ground of the Vym culture: archaeological and archaeological-mineralogical aspects. Proceedings of the Komi SC UB RAS. Series «History and Philology», 2024, No. 1, pp. 22—34. DOI: 10.19110/1994-5655-2024-1-22-34 (in Russian)
- Седова М. В. Ювелирные изделия древнего Новгорода. М.: Наука, 1981. 195 с.
- Sedova M. V. Jewelry of Ancient Novgorod. Moscow: Nauka, 1981, 195 p. (in Russian)
- Талицкий М. В. Верхнее Прикамье в X—XIV вв. // Материалы и исследования по археологии СССР. 1951. № 22. С. 33—96.
- Talitsky M. V. Upper Kama region in the 10th—14th centuries. Materials and research on the archeology of the USSR, 1951, No. 22, pp. 33—96. (in Russian)

Поступила в редакцию / Received 26.03.2024