РОССИЙСКАЯ АРХЕОЛОГИЯ, 2022, № 3, с. 90–106

ЗОЛОТАЯ ПОДВЕСКА С ЭМАЛЬЮ ИЗ НОВГОРОДА: КОМПЛЕКСНОЕ АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

© 2022 г. П. Г. Гайдуков[1, *], О. М. Олейников[1, **], И. Е. Зайцева[1, *], Е. С. Коваленко[2, ****], М. М. Мурашев[2, *****], К. М. Подурец[2, ******], А. В. Мандрыкина[3, *******], Е. С. Ващенкова[3, ********], А. Г. Куликов[4, *********], В. М. Ретивов[3, **********], Е. Ю. Терещенко[5, **********], Е. Б. Яцишина[3, **********]**

[1] *Институт археологии РАН, Москва, Россия*
[2] *Национальный исследовательский центр "Курчатовский институт", Москва, Россия*
[3] *НИЦ "Курчатовский институт" и НИЦ "Курчатовский институт" – ИРЕА, Москва, Россия*
[4] *Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова, ФНИЦ "Кристаллография и фотоника" РАН, Москва, Россия*
[5] *ФНИЦ "Кристаллография и фотоника" РАН, НИЦ "Курчатовский институт", НИЦ "Курчатовский институт" – ИРЕА, Москва, Россия*

**E-mail: russianchange@yandex.ru*
***E-mail: olejnikov1960@yandex.ru*
****E-mail: izaitseva@yandex.ru*
*****E-mail: kovalenko_es@mail.ru*
******E-mail: mihail.mmm@inbox.ru*
*******E-mail: podurets@yandex.ru*
********E-mail: mandrykina_av@mail.ru*
*********E-mail: e_katerina2708@mail.ru*
**********E-mail: ontonic@gmail.com*
***********E-mail: vasilii_retivov@mail.ru*
***********E-mail: elenatereschenko@yandex.ru*
************E-mail: yacekaterina@yandex.ru*

Поступила в редакцию 18.02.2022 г.
После доработки 18.02.2022 г.
Принята к публикации 22.03.2022 г.

В статье представлены результаты комплексного аналитического исследования золотой подвески с эмалевой вставкой, обнаруженной в 2018 г. при археологических раскопках на Торговой стороне Великого Новгорода в напластованиях начала XIII в. Методом нейтронной томографии проведена визуализация внутреннего строения подвески: определены все конструктивные элементы и установлены способы их крепления. В центральной части внутренней полости подвески под эмалевой вставкой обнаружено небольшое скопление рыхлого вещества. Методами РЭМ/ЭРМ и МС-ИСП-ЛА определен состав металла различных частей подвески, припоя и перегородок на эмалевой вставке. Установлено, что это золото высокой пробы. Уникальная золотая подвеска из Новгорода является подлинным произведением художественного ремесла. Вероятно, она была изготовлена на Руси или греческими мастерами, или русскими ювелирами с использованием эмалевой вставки византийского производства.

Ключевые слова: Великий Новгород, золотая подвеска, нейтронная томография, состав металла.

DOI: 10.31857/S0869606322030060

В 2018 г. Новгородская экспедиция Института археологии РАН провела исследования в Великом Новгороде на месте строительства жилого дома по улице Знаменская, 15. Площадь раскопа составила 144 м^2 при мощности культурного слоя до 5.3 м. Изучение культурных напластований дало богатый материал о времени первоначального освоения и заселения этой части Торговой стороны средневекового Новгорода; здесь получены новые данные о планировке усадеб и особенностях материальной культуры жителей XI–XV вв. Вещевая коллекция насчитывает около 6000 ин-

Рис. 1. Великий Новгород-2018. Раскоп Знаменский, 15. План раскопа с местом обнаружения подвески. Х 1 – золотая подвеска, Х 2–5 – печати.

Fig. 1. Veliky Novgorod-2018. Znamensky excavation site, 15. Plan of the excavation with the location where the pendant was found. X1 – gold pendant, X 2–5 – seals

дивидуальных находок из различных металлов, кости, янтаря, стекла, камня и глины (Гайдуков и др., 2019. С. 160–163).

В южной части исследуемого участка прослежена мостовая древней улицы Павлова, которая шла от реки Волхов к юго-востоку, до Павлова монастыря у вала Окольного города. На раскопе прослежены части двух усадеб (Рис. 1), разделенных частоколом, вдоль которого располагались жилые и хозяйственные постройки. Восточная усадьба (Б) ограничивалась с юга Павловой улицей, а с востока – улицей Блудова, трасса которой прослежена С.Н. Орловым в 16 м от исследуемого места.

На усадьбе Б в северной части сооружения 2 обнаружена украшенная эмалью золотая подвеска[1]. Постройка, сложенная из толстых сосновых бревен, вероятно, была жилой. Внутри сохранились остатки дощатого пола, уложенного на переводины. Сруб вошел в раскоп не целиком, но можно предполагать, что это было квадратное в

[1] Паспорт и музейный номер находки: Великий Новгород–2018, Знаменский–15, № 2503, кв. Е-3, гл. -314 см; Новгородский государственный музей (НГМ) ВХ ЭФЗК–4662/4.

плане сооружение размером около 4 × 4 м. Дом построен в начале 1210-х годов, поскольку для бревна его южного венца установлена дата последнего кольца – 1210 г (?)[2]. Сруб относится к последнему горизонту сооружений на усадьбах А и Б перед длительным запустением этого участка города, продолжавшимся до середины 1260-х годов, когда застройка здесь возобновилась. Значительное сокращение городской территории было связано, вероятно, с катастрофическими эпидемиями и голодными годами, происходившими в Новгороде в первой трети XIII в. Демографическую ситуацию в городе усугубил также общий упадок экономической жизни, наступивший после завоевания монголами в конце 1230-х годов центральных и южных регионов средневековой Руси (Олейников, 2008. С. 43, 44; Петров, Тарабардина, 2011. С. 146; Гайдуков, Олейников, 2018. С. 28, 29). Подвеска была утеряна в 10–20-х годах XIII в., в период существования последнего перед запустением участка яруса застройки.

Обнаружение такого высокохудожественного и дорогого предмета свидетельствует о высоком статусе обитателей усадьбы Б в конце XII – начале XIII в. Из других находок, собранных на усадьбе на уровне залегания подвески, в первую очередь необходимо указать на четыре вислые свинцовые печати (рис. 1). Три из них, с изображением святых Агафоника и Иоанна Богослова, оттиснуты одной парой матриц[3]. В.Л. Янин атрибутировал такие печати князю Святославу Мстиславичу (сыну Мстислава Ростиславича, внуку Юрия Долгорукого), который княжил в Новгороде в 1175 г. (Янин, 1970. С. 202. № 178). У четвертой печати, с изображением святого Пантелеймона и архангела, персональная атрибуция не установлена[4]. Она принадлежит неизвестному князю второй половины XII – начала XIII в. (Янин, 1970. С. 214. № 260; Янин, Гайдуков, 1998. С. 148. № 263в). Также на усадьбах А и Б найдены товарные свинцовые пломбы, предметы личного благочестия, украшения, детали оружия, предметы быта (рис. 2).

Рассматриваемая нами подвеска имеет форму квадрифолия (лат. *quadrifolium* — четырехлистник) с петельчатым ушком (рис. 3). Ее размеры составляют: 31.5 (35.8 с ушком) × 30.8 мм. Вес равен 5.79 г. В статье представлены результаты комплексного аналитического исследования этого уникального предмета сложной конструкции.

В Центре коллективного пользования (ЦКП) Института археологии РАН поверхность предмета была обследована при различных увеличениях методом оптической микроскопии на стереомикроскопе STEMI-2000 (Zeiss). После находка была передана в Национальный исследовательский центр (НИЦ) “Курчатовский институт”, где проведено ее дальнейшее изучение.

Визуализация внутреннего строения подвески и определение ее конструктивных особенностей осуществлены методом нейтронной томографии на тепловых нейтронах (исследовательский реактор ИР-8). Использовался нейтронный томограф на горизонтальном канале 7б с белым пучком нейтронов, плотность потока нейтронов составляла 1×10^6 н/см^2/с, время экспозиции для одного кадра равно 170 с. Получены проекции в диапазоне вращения образца 180° с шагом 0.5°. Пространственное разрешение томографической съемки составило около 170 мкм при размере пикселя 65 × 65 мкм.

Состав металла всех частей подвески определен методом растровой электронной микроскопии с энергодисперсионным рентгеновским микроанализом (РЭМ/ЭРМ) (Васильев и др., 2016; Лобода и др., 2018) и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой с пробоотбором методом лазерной абляции (МС-ИСП-ЛА). РЭМ/ЭРМ-исследования выполнялись с помощью растрового двухлучевого электронно-ионного микроскопа Versa 3D (Thermo Fisher Scientific), оборудованном системой ЭРМ (EDAX), при ускоряющем напряжении 30 кВ в режиме высокого вакуума (10^{-4} Па). Обработка спектров ЭРМ осуществлялась с помощью программного обеспечения TEAM (EDAX). Суммарное содержание обнаруженных элементов приводилось к 100%, вследствие чего полученные результаты рассматриваются как полуколичественные. Чувствительность метода составляет 0.1–0.5 мас. %.

Исследования состава металла методом МС-ИСП-ЛА выполняли на квадрупольном масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой ELAN DRC-e (Perkin Elmer) с приставкой лазерного пробоотбора NWR 213 (New Wave Research). Результаты усреднялись по двум повторным анализам. В качестве градуировочного контрольного образца использовали чистые аргон и гелий, проходящие через измерительную ячейку приставки ЛА.

Анализ комптоновского рассеяния рентгеновского излучения использовался для выявления особенностей рельефа поверхности и поглощения в приповерхностном слое образца толщиной в несколько десятков мкм. Исследование проводилось методом рентгенофлуоресцентного анализа (РФлА) на установке ORBIS micro-XRF (рентгеновская трубка с родиевым анодом) в ЦКП “Структурная диагностика материалов” ФНИЦ “Кристаллография и фотоника” РАН. Двумерное картирование проводилось в плоско-

[2] Дендроанализ произведен А.А. Карпухиным в Лаборатории естественнонаучных методов в археологии ИА РАН.

[3] Номера по Своду древнерусских печатей – № 178–7, 178–8, 178–9.

[4] Номер по Своду древнерусских печатей – № 260–7.

Рис. 2. Великий Новгород-2018. Раскоп Знаменский, 15. Отдельные находки из слоя начала XIII в.
Fig. 2. Veliky Novgorod-2018. Znamensky excavation site, 15. Individual finds from the layer of the early 13th century

Рис. 3. Подвеска. *1* – фото, *2* – рисунок (выполнен А.В. Васильевой).
Fig. 3. Pendant. *1* – photo, *2* – drawing (by A.V. Vasilyeva)

сти поверхности образца с использованием фокусированного рентгеновского пучка диаметром 30 мкм при ускоряющем напряжении 40 кВ и токе накала катода 600 мкА. Для картирования была задана область размером 13.5 × 10.5 мм^2. Разрешение сетки картирования составляло 256 × 200 точек. Шаг между точками составлял 53 мкм по обеим осям (x, y). Время накопления спектров в каждой точке составляло 3000 мс в режиме “живого” времени. Изображение, соответствующее комптоновскому рассеянию, формировалось для каждой точки интегрированием интенсивности в диапазоне энергий 18–20 кэВ.

Тулово подвески состоит из двух пластин, лицевой и оборотной, соединенных пайкой. Пластины имеют в среднем одинаковую толщину 200–320 мкм. Местами, преимущественно с правой стороны (по округлому завершению), пайка отсутствует: на некоторых участках наблюдается зазор между пластинами шириной до 250 мкм (рис. 4, *1–3*). С помощью нейтронной томографии выявление пайки затруднительно и возможно лишь по косвенным признакам, так как золотой припой не отличается от массива металла по коэффициенту ослабления, и с учетом возможной толщины слоя припоя, малой по сравнению с величиной пространственного разрешения, практически неразличим.

Лицевая пластина украшена выпуклым декором из соединенных стеблем трех- и пятилепестковых цветков с отогнутыми вниз боковыми лепестками (крины; рис. 4, *4*). Более крупные пятилепестковые пальметты располагаются в полукруглых полях квадрифолия, они обращены в стороны. Более мелкие трехлепестковые крины “смотрят” в центр. В центре пластины прорезано круглое отверстие диаметром 10 мм. Внешний край пластины и область вокруг отверстия обрамлены двумя рядами частых мелких вдавлений, создающих впечатление поясков из филигранной “бусинной” проволоки (рис. 4, *4, 6*). Оборотная пластина гладкая без украшений.

Ушко вырезано из золотой пластины толщиной 350–700 мкм с трехчастной разделкой, свернуто в кольцо и припаяно к оборотной створке тулова подвески (рис. 4, *5*). Оно имеет внутрен-

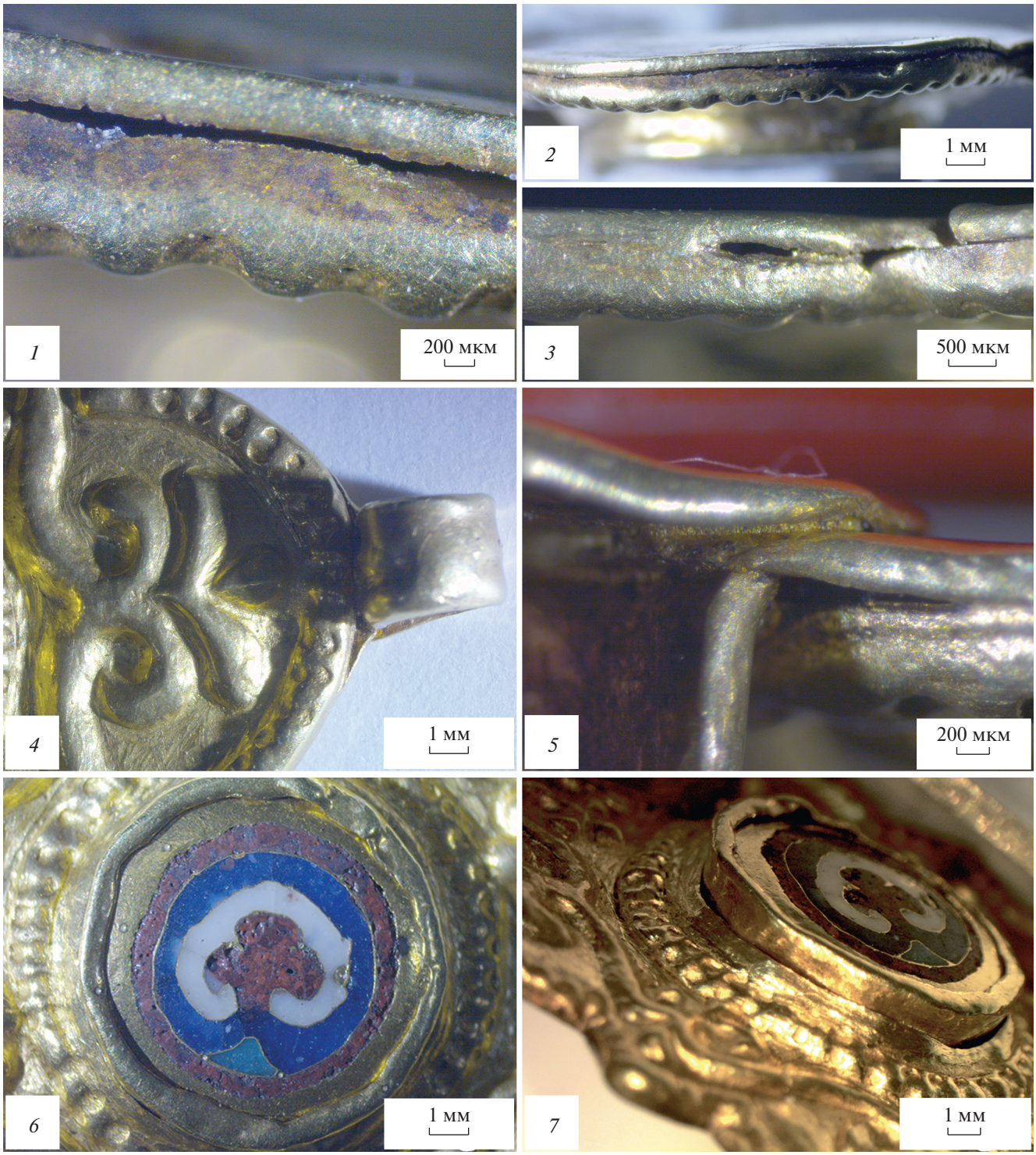

Рис. 4. Детали подвески. *1*, *2* – зазор между пластинами, *3* – погрешности пайки, *4* – тисненая пластина (лицевая створка), *5* – ушко, *6*, *7* – центральная вставка.

Fig. 4. Pendant parts. *1, 2* – gap between the plates, *3* – soldering defects, *4* – stamped plate (front leaf), *5* – eyelet, *6, 7* – central inset

ний диаметр до 2.9 мм в горизонтальной плоскости и до 2.8 мм – в вертикальной, внешний его диаметр равен до 4.1 мм в горизонтальной плоскости и до 3.9 мм – в вертикальной.

В центральное отверстие лицевой пластины помещена цилиндрическая вставка (рис. 4, *6, 7*). Она выполнена из листа металла толщиной около 200 мкм. Лист согнут в цилиндр диаметром

около 10 мм, высотой 5.5 мм, перекрытие краев листа составляет около 1.7 мм. С одной стороны в торец цилиндра вмонтирована круглая пластинка с эмалевым изображением трилистника (рис. 5, *а*). Край листа с этой стороны деформирован для удержания пластинки и для фиксации цилиндра в полости тулова подвески. В настоящее время его положение шаткое, так что в верхней части между лицевой створкой и вставкой виден зазор шириной до 150 мкм.

Подложка эмалевого изображения сделана из листа металла толщиной менее 200 мкм. Она закреплена (вероятно, припаяна) на металлическое кольцо с внешним диаметром 9.5 мм, ширина кольца составляет 1.2–1.4 мм, толщина – около 400 мкм. В полученное таким образом углубление помещено эмалевое изображение диаметром 7 мм, выполненное в технике перегородчатой эмали. Толщина эмалевого слоя уменьшается от 850 мкм у центра изображения до 600 мкм к краям. Нейтронная томография не позволила определить количество эмалевых слоев, поэтому этот вопрос остается открытым.

Эмали различных цветов на всю высоту разделены поставленными на ребро полосками металла толщиной 150–200 мкм, из которых выгнуты перегородки (рис. 5, *б, в, 4*). Одна полоска образует кольцо, другая, спаянная из трех частей (рис. 5, *в, 2–4*), формирует трилистник, обрамленный незамкнутой окружностью, а третья – угол треугольника внизу изображения. Место стыка первой полоски не обнаружено, по-видимому, оно находится в одной из точек, где смыкается кольцо с треугольной фигурой. Место стыка второй полоски находится на внешней окружности вблизи одного из лепестков: края пластины расходятся на 0.3 мм. Места соединения кольца с треугольной фигурой и уголки на фигуре трилистника пропаяны. Перегородки касаются основания эмалевой вставки и, по-видимому, закреплены на ней пайкой или клеем. Они не выступают над поверхностью эмали. Видимые при больших увеличениях неровности их торцевой поверхности образовались, вероятно, в результате шлифовки изделия. По результатам томографического исследования были построены трехмерные модели металлических деталей подвески (рис. 5, *г*).

На нейтроно-томографических проекциях подвески в центральной части ее внутренней полости под эмалевой вставкой было обнаружено небольшое скопление рыхлого вещества, незначительно ослабляющего нейтроны (рис. 5, *а*). Вещество неоднородно: в нем имеются крупинки вещества со значительным ослаблением. По внешним признакам (коэффициенту ослабления, структуре, неоднородности) вещество соответствует грунту аналогично тому, как это было зафиксировано в крестах-энколпионах, предварительно изученных с помощью нейтронной томографии, а впоследствии вскрытых (Макаров и др., 2020). Некоторое количество рыхлого вещества наблюдается в пространстве между двумя пластинами, что также подтверждает предположение о том, что это, возможно, почва.

Было решено не нарушать целостность предмета и не открывать его для изучения субстанции. Опыт исследования вложений в древнерусские кресты-энколпионы показывает, что в заполнении их створок вместе с грунтом фиксируются фрагменты тканей и нити, воскомастичная смесь и др., которые были помещены туда в качестве священных реликвий (Макаров и др., 2020). Отсутствие твердого геометрически очерченного заполнения внутри подвески свидетельствует в пользу того, что это не кость.

Обе пластины тулова подвески получены в результате холодной деформации (ковка, тиснение) золотых листовых заготовок. Они выполнены в форме квадрифолия (лат. *quadrifolium* — четырехлистник). Мотив декоративного обрамления в виде комбинации квадрата и цветка с четырьмя симметричными полукруглыми лепестками имел широкую популярность в различных областях средневекового европейского искусства – архитектуре, книжной миниатюре, прикладном искусстве. Использовался он и в древнерусском ювелирном деле. Например, вид квадрифолиев имеют золотые звенья рясен из клада из Сахновки 1900 г. (Новаковская-Бухман, 2015. С. 38, 39), подвески к диадеме из клада 1889 г. из Киева (Там же. С. 34, 35) и др. Из бронзы с золочением изготавливались медальоны квадрифолийной формы с ушками для подвешивания (Макаров, Зайцева, 2019). Подавляющее большинство квадрифолиев было украшено эмалевым декором, хотя известны и изделия без эмалей (см., например, рясно из клада из Старой Рязани 1868 г. (Новаковская-Бухман, 2015. С. 65)).

Декор на лицевой пластине целиком оттиснут на матрице. В этом состоит уникальность предмета: тиснение почти не использовалось для получения изображений на древнерусских золотых украшениях – подвесках, колтах, ряснах. Оно преимущественно применялось только для создания лотков для эмали[5]. Так, периферийные участки подвесок и колтов из клада 1822 г. в Старой Рязани, клада 1900 г. в Сахновке, клада 1880 г. в Киеве оформлены филигранным орнаментом и камнями (Макарова, 1975. С. 54–61), но чаще в изделиях с эмалями золотые поля оставались гладкими. Тиснение на матрицах широко приме-

[5] Тиснением сделаны золотые привески биконической формы на сионце из киевского клада 1887 г., изготовленном греческим мастером (Новаковская-Бухман, 2015. С. 8).

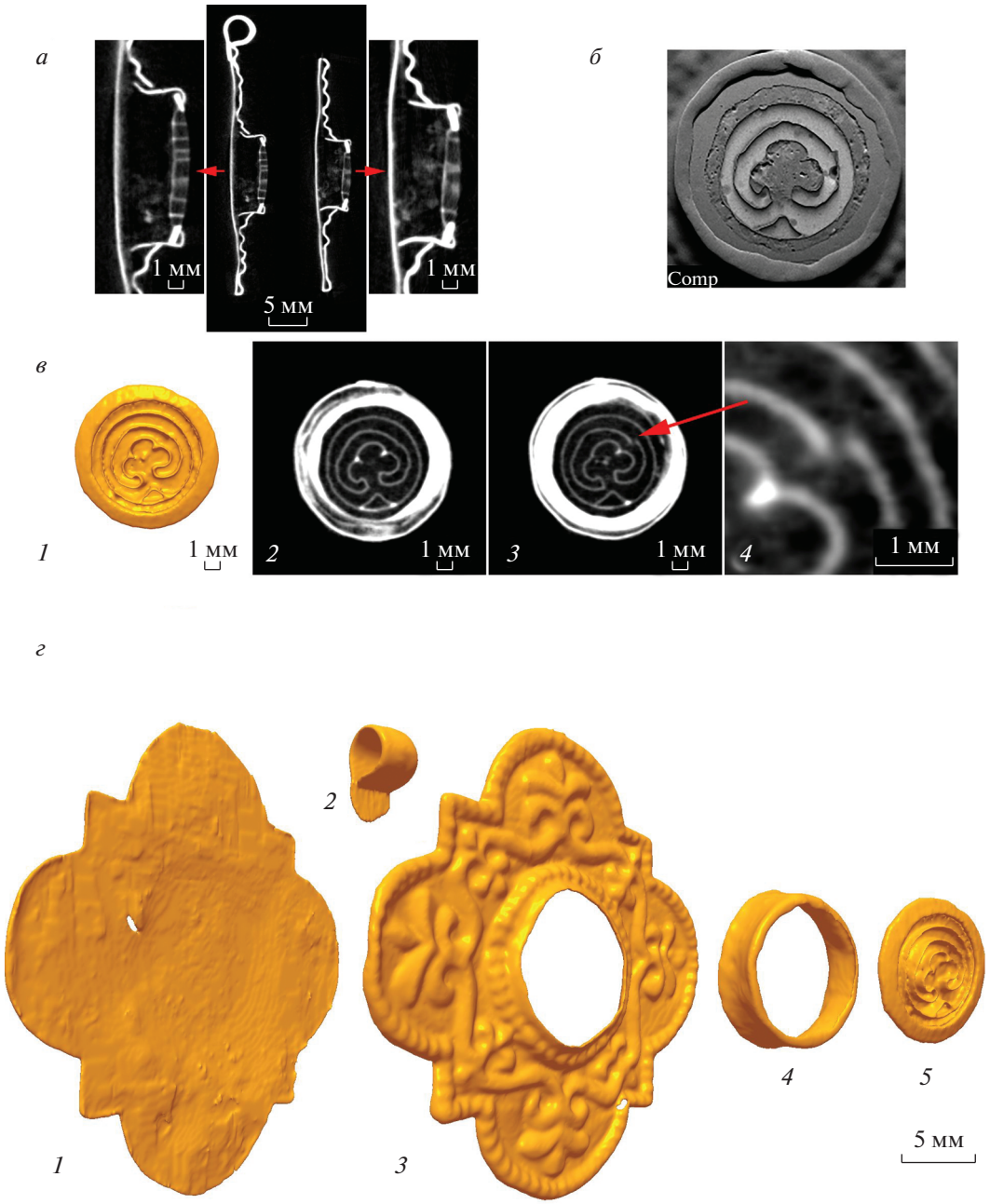

Рис. 5. Подвеска. *а* – нейтроннные томографические срезы; *б* – двумерная карта распределения величины комптоновского рассеяния; *в* – трехмерная модель (*1*) и томографические срезы эмалевой вставки вблизи внешней поверхности (*2*) и вблизи подложки (*3*). На (*4*) показан участок среза (*3*), на котором наблюдается стык двух концов перегородки; *г* – трехмерные модели металлических деталей подвески: *1* – оборотная пластина, *2* – ушко, 3 – лицевая пластина, *4* – цилиндр, *5* – вставка (показаны перегородки между эмалями).

Fig. 5. Pendant. *а* – neutron tomographic cross-sections; *б* – 2D map of the Compton scattering distribution; *в* – 3D model (*1*) and tomographic cross-sections of the enamel inset near the outside surface (*2*) and near the substrate (*3*). (*4*) shows an area of the cross-section (*3*) where the junction of the partition ends is observed; *г* – 3D models of the metal parts of the pendant: *1* – reverse plate, *2* – eyelet, *3* – front plate, *4* – bushing, *5* – inset (partitions between enamels are shown)

нялось для изготовления серебряных украшений: нашивных бляшек, бусин, подвесок, колодочек рясен, которые потом золотились. До нас дошли как сами изделия, так и бронзовые матрицы (Жилина, 2010; Новаковская-Бухман, 2015. С. 64; Чернецов, Стрикалов, 2021. С. 85). В византийском искусстве известны золотые украшения *hollow-box construction* с тиснеными лицевыми пластинами – кресты, подвески и др. (см., например, Entwhistle, 2010. P. 28). В технике тиснения дела-

Таблица 1. Состав металла разных частей подвески по данным РЕМ/ЭРМ (мас. %).
Table 1. The composition of the metal of different parts of the pendant according to SEM/EDX data in wt. %

Часть предмета	Количество точек проб	Au	Ag	Cu	Pb	Fe	C*
Лицевая пластина	3	83.7–86.8 (85.5)	6.5–10.1 (7.8)	0.5–1.3 (0.9)	0.7–1.5 (1.0)	0.5–1.0 (0.7)	0.0–1.8 (1.0)
Оборотная пластина	5	85.1–89.8 (87.9)	5.1–9.7 (6.7)	1–2.5 (1.6)	0.8–1.0 (0.9)	0.5–0.8 (0.7)	
Ушко	5	87.1–92.1 (89.9)	2.9–7.6 (4.6)	0.7–2.0 (1.6)	0.8–1.0 (0.9)	0.5–0.9 (0.7)	
Цилиндрическая вставка	5	80.1–88.0 (84.0)	8.6–12.8 (11.3)	1.0–1.2 (1.09)	0.6–1.2 (0.9)	0.5–1.0 (0.8)	
Кольцо эмалевой вставки	6	87.0–93.1 (90.5)	3.6–7.7 (5.7)	0.7–0.8 (0.7)	0.4–1.2 (0.9)	0.5–1.1 (0.7)	
Перегородка	12	81.0–90.4 (87.2)	5.2–10.6 (7.7)	0.7–1.3 (1.0)	0.4–2.1 (0.9)	0.5–1.1 (0.8)	
Припой у ушка	7	55.4–82.8 (66.8)	3.8–12.7 (7.0)	0.9–1.8 (1.3)	0–1.3 (0.6)	0.7–2.6 (1.6)	7.0–23.0 (15.0)
Края пластин (припой?)	3	86.7–92.5 (89.9)	3.6–6.9 (5.1)	0.9–1.5 (1.1)	0.7–0.8 (0.8)	0.6–1.1 (0.8)	0–0.6 (0.2)
Стык перегородок (припой?)	16	72.6–90.1 (81.8)	2.7–12.8 (8.6)	3.3–8.4 (5.8)	0.5–1.3 (0.9)	0.2–0.5 (0.6)	0–2.4 (0.8)

* Высокое содержание углерода может быть обусловлено остатками органических загрязнений

лись заготовки золотых изделий в придворных мастерских Скандинавии в IX–XI вв. (Ениосова, 2007. С. 312).

Излюбленный в Византийском искусстве мотив бесконечно вьющегося стебля с отгибающимися в стороны трилистниками и пальметтами (Evans, Wixom, 1997. P. 37), был воспринят древнерусскими мастерами. В Византии он широко представлен на изделиях из камня, кости и металла, в рукописях и тканях (Evans, Wixom, 1997). В.П. Даркевич назвал его “принцип декора без лакун” (1975. С. 130, 215–219). В древнерусской металлопластике широкую популярность этот мотив получил в отделке предметов из серебра: створчатых браслетов, медальонов и др. (Макарова, 1986. С. 14, 66, 70; Жилина, 2010. С. 69). Окантовка предмета “бусинной” проволокой, имитация которой расположена вокруг центрального отверстия и в краевой зоне лицевой пластины, также была часто используемым приемом в декоре драгоценных предметов в византийском и древнерусском искусстве (Evans, Wixom, 1997. P. 162; Макарова, 1975. С. 54–60; Oddy, La Niece, 1986. P. 27).

Все металлические детали подвески изготовлены из золота достаточно высокой пробы: пластины и ушко – 837–921 (средняя 855–899), детали вставки – 810–931 (средняя 872–905), (табл. 1, 2, рис. 6). В составе металла присутствуют серебро (средняя концентрация 7.7–12.4 мас. %), медь (средняя 0.7–2.3 мас. %), свинец (средняя 0.8–0.9 мас. %), железо (средняя 0.7–1.2 мас. %), являющие основными примесями в самородном золоте (Миляев и др., 2020. С. 22; Guerra M.F., Rehren T., 2009. P. 156; Constantinescu et all., 2012. P. 23–25; Spiridonov, Yanakieva, 2009; Magnavita, Mertz-Kraus, 2019. P. 420; Chapman et all., 2021; https://natural-museum.ru/mineral/золото). В МС-ИСП-ЛА-пробах, полученных с вставки (табл. 2) – цилиндр, кольцо и перегородки, зафиксированы элементы платиновой группы в небольшой концентрации Pd (10–20 ppm, в одном случае 240 ppm) и Pt (41–78 ppm), по мнению ряда исследователей, являющихся маркерами аллювиального происхождения золота (Guerra, 2021).

Пробы, полученные из припоя у ушка подвески, показывают более низкую концентрацию золота за счет присутствия углерода. Его наличие можно объяснить или добавлением органического флюса при пайке, или загрязненностью неровных участков поверхности (табл. 1). Невысокий процент меди (менее 2%) свидетельствует о том, что этот металл, вероятно, не входил в состав припоя, хотя пресвитер бенедектинского монастыря Теофил в известном трактате начала XII в. предписывал добавлять медную составляющую при паянии золота (Теофил, кн. 3, гл. 51, 52, 1963. С. 140–143). Наоборот, повышенное содержание меди (среднее 5.8%) зафиксировано на стыках перегородок, где по нейтронной томографии видны

Таблица 2. Состав микропримесей в металле деталей вставки по данным МС-ИСП-ЛА (мас. %).
Table 2. The trace elements composition in the metal of the inset parts according to MS-ICP-LA data (wt. %)

Металл	Основа				Припой		
Li	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Be	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	0,0001	0,0001	<ПО
B	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Na	0.0007	0.0088	0.0015	0.0015	0.0110	0.0100	0.0057
Mg	0.0002	0.0006	0.0004	0.0002	0.0051	0.0022	0.0007
Al	0.0007	0.0008	0.0009	0.0014	0.0050	0.0055	0.0021
Sc	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	0.0001
Ti	0.0001	<ПО	<ПО	0.0001	0.0004	0.0005	0.0002
V	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Cr	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Mn	0.0003	<ПО	<ПО	<ПО	0.0006	0.0004	<ПО
Fe	0.0087	0.0180	0.0130	0.0240	0.0095	0.0042	0.0050
Co	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Ni	0.0100	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0005	0.0011
Cu	0.690	0.630	0.820	0.840	3.95	3.76	3.70
Zn	0.140	0.140	0.0069	0.0041	0.016	0.021	0.046
Ga	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	<ПО	<ПО	<ПО
Ge	0.0000	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
As	0.0004	0.0005	<ПО	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Rb	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Sr	<ПО	<ПО	<ПО	0.0001	0.0001	0.0001	<ПО
Y	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Zr	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Nb	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Mo	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Rh	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	0.0001	0.0001	0.0001
Pd	0.0240	0.0020	0.0017	0.0018	0.0012	0.0012	0.0010
Cd	0.0110	<ПО	<ПО	<ПО	0.0001	<ПО	0.0001
In	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Sn	0.0230	0.0230	0.0048	0.0047	0.0046	0.0057	0.0200
Sb	0.0010	0.0010	0.0040	0.0040	0.0024	0.0013	0.0110
Te	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Cs	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Ba	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	0.0001	0.0001	<ПО
La	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Ce	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Pr	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Nd	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Sm	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Eu	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Gd	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Tb	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Dy	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Ho	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО

Таблица 2. Окончание

Металл	Основа				Припой		
Er	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Tm	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Yb	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Lu	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Hf	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Ta	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
W	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Re	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Pt	0.0078	0.0075	0.0047	0.0052	0.0050	0.0040	0.0041
Tl	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Pb	0.052	0.054	0.019	0.022	0.068	0.067	0.068
Bi	0.0004	0.0004	0.0026	0.0030	0.0008	0.0007	0.0008
Th	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
U	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО

ПО – предел обнаружения.

утолщения (места пайки; рис. 5, *в4*; 7). Вероятно, в этом случае мы видим практическую реализацию рецепта Теофила.

Естественно-научное изучение составов металла археологических предметов из золота различными аналитическими методами имеет обширную мировую историографию. Осуществлены масштабные проекты по его исследованию, как, например, “Кельтское золото” (Франция и Германия) (Fűrst et all., 2020). Для нашей темы актуальны работы по анализу серий византийских и арабских монет, а также отдельных хронологиче-

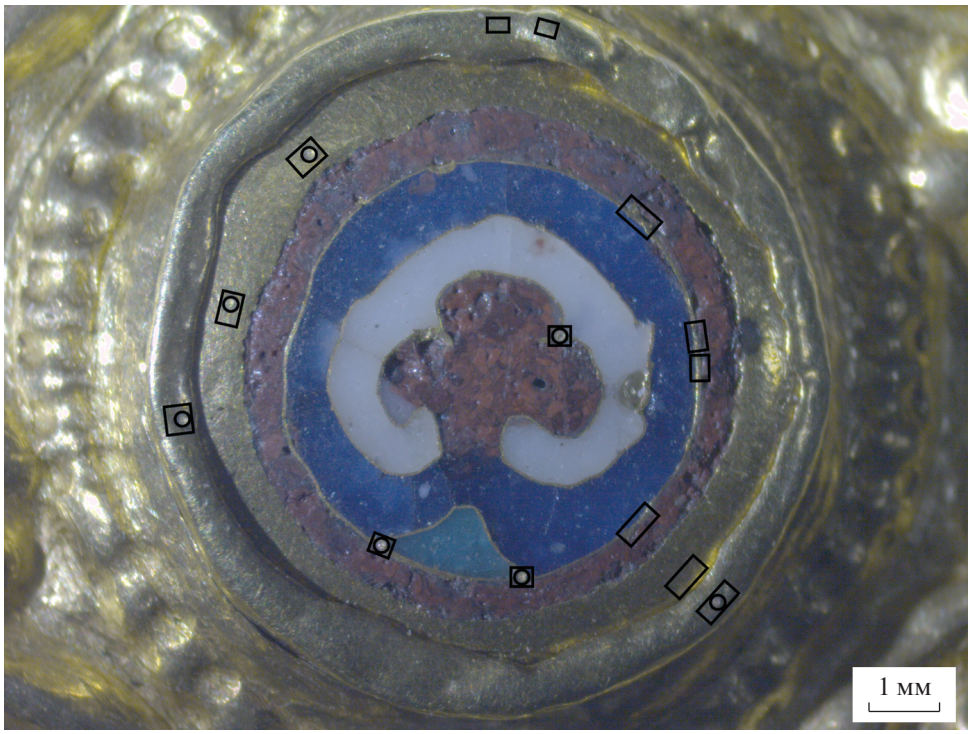

Рис. 6. Центральная часть подвески. Области анализа: прямоугольники – РЕМ/ЭРМ, кружки – МС-ИСП-ЛА.
Fig. 6. The central part of the pendant. Areas of analysis: rectangles – SEM/EDX, circles – LA-MS-ISP

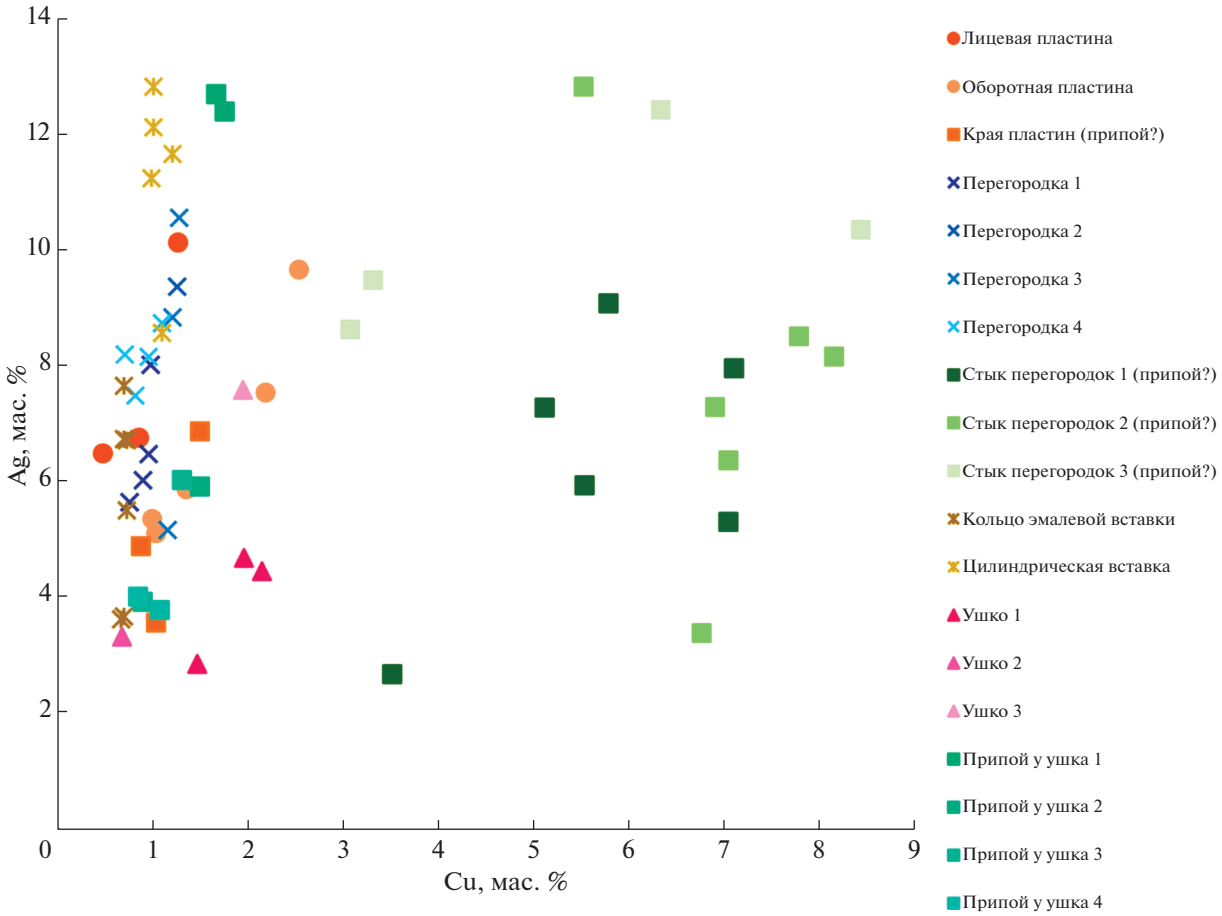

Рис. 7. Соотношение концентрации серебра и меди в разных частях подвески.
Fig. 7. The ratio of the silver and copper concentration in different parts of the pendant

ски близких находок. Опубликованные данные по составу металла большой группы арабских золотых монет (234 экз.), в том числе Альморавидов и Альмохадов (XI–XIII вв.) методом МС-ИСП-ЛА выявляют их существенные различия с нашим предметом по концентрации макро- и микропримесей (Gondonneau, Guerra, 2002. P. 587, 596), что позволяет исключить это направление из возможных источников золота для подвески.

Данные по чистоте золота в византийских монетах, приведенные в статье А. Одди и С. Ла Нис (Oddy, La Niece, 1986. P. 21), показывают, что в эпоху Комнинов и Ангелов содержание золота в иперпирах удерживалось на уровне 20–21 карата (80–85%). Проведенный ими РФА-анализ состава металла семи украшений этого времени позволил авторам сделать вывод о соответствии концентрации золота в украшениях монетам (для предметов более раннего времени было установлено пониженное содержание золота по сравнению с монетами). В числе исследованных предметов был древнерусский колт с эмалями из Британского музея. Он содержал 80.2% золота, 15.5% серебра и 4.3% меди (Oddy, La Niece, 1986. P. 24–26). Металл почти всех этих изделий был, вероятно, легирован медью. Небольшую добавку меди при плавлении золота советует вводить и Теофил (Теофил, кн. 3, гл. 33, 1963. С. 131). Процентное содержание золота в нашей подвеске несколько выше, а меди, наоборот, меньше. Источником золота для изготовления корпуса подвески и металлических частей вставки вряд ли послужили византийские монеты. Более вероятно, что они были сделаны из сырьевого материала: непосредственно самородного (аллювиального) или рафинированного золота.

Исследователи византийской обработки золота указывают на несколько районов его добычи, разрабатываемых в поздневизантийский период: в районе пролива Склетринас на Босфоре и в местечке Астира (Чанаккале), на о. Тасос, в Болгарии (Тырново, Излате и др.; Rhoby, 2019. P. 12). Золото в это время добывалось на территории Сербии и Баната, в Трансильвании, Чехии (рудник Еуле), Силезии, Испании, Грузии, Африки и др. (Максимов, 1988. С. 45, 52). Теофил писал о

получении намывного золота по берегам Рейна (Теофил, кн. 3, гл. 49, 1963. С. 139). Возможно, создание доступного банка данных по микропримесям золота из различных источников позволит в будущем более определенно решать вопросы о его происхождении в археологических предметах.

В отечественной литературе наиболее полно изучен металл золотых предметов эпохи викингов, обнаруженных на древнерусской территории. Н.В. Ениосовой собраны данные о составе золота браслетов этого времени и выполнены РФА-исследования восьми предметов из Гнездова, в том числе двух слитков, и колечка из псковского некрополя, а также равноплечей фибулы из окрестностей Брянска (золотое покрытие серебряной основы) (Eniosova, 2009). Все проанализированные находки изготовлены из высокопробного золота без легирования медью. Исследовательница отмечает, что “в отличие от серебра в золото на Руси практически не добавляли других металлов” (Ениосова, 2007. С. 313, 314).

Опубликованы немногочисленные находки из золота с Троицкого раскопа в Великом Новгороде (Ениосова и др., 2017. С. 197, 199). Это обрезки пластин, проволока, фольга, тигли с остатками массы для золочения, свидетельствующие о местной работе с этим драгоценным материалом. Большинство РФА-анализов показало золото в концентрации более 70%. Готовые украшения из золота представлены тремя трехбусинными височными кольцами, зерненой бусиной и перстнем с высоким ажурным щитком (Ениосова и др., 2017. С. 199).

Для Новгорода, где пока не обнаружены клады древнерусских драгоценных украшений, находка золотой подвески с эмалями является настоящей удачей. Ранее в культурных напластованиях города было найдено несколько предметов с перегородчатыми эмалями: из слоя 30–60-х годов XII в. на Неревском раскопе происходит золотая круглая пластинка с рисунком ромба, треугольников и трилистников, выполненных перегородчатой эмалью синего, белого и красного цветов. По мнению М.В. Седовой, пластинка была вставлена в золотой колт (1981. С. 18). В слое 60–80-х годов XII в. на Неревском раскопе найдена створка бронзового креста-энколпиона, украшенная городчатым орнаментом синего, зеленого, желтого и красновато-фиолетового оттенка (Седова, 1981. С. 58, 59); в слое 20-х годов XIV в. на Кировском раскопе обнаружена круглая бронзовая позолоченная накладка с отверстиями по периметру с тремя эмалевыми вставками. В центре пластины помещено погрудное изображение св. Георгия, по бокам две криновидные пальметты. Эмали имеют три цвета – белый, бирюзовый, красновато-кирпичный (Седова, 1981. С. 166).

Рассмотренная нами уникальная золотая подвеска из Новгорода является подлинным произведением художественного ремесла. Высокий профессионализм и великолепный вкус мастеров видны как в изготовлении корпуса из высокопробного золота, так и эмалевой вставки. По мнению И.А. Стерлиговой[6], подобная вещь могла быть подвеской к иконной гривенке. Действительно, по форме она близка известным подвескам к гривенкам из Московского Кремля (Стерлигова, 2000. С. 199–220) и Гочева (Воронин, 2017. С. 58–60). Против этой гипотезы выступает хронологический фактор: самые ранние гривенки с подвесками относятся ко времени второй половины XIV в. Более вероятна ее принадлежность к богатому парадному убору. Для древнерусского времени известны бронзовые позолоченные подвески квадрифолийной формы с эмалевыми рисунками (Макаров, Зайцева, 2019. С. 170, 171).

На изготовление эмалевого изображения и металлического корпуса разными мастерами косвенно могут указывать различные рецепты припоя на эмалевых перегородках и ушке: с медью и без. Маловероятно, чтобы один специалист использовал разные припои при паянии близкого по составу металла. Отличается и стилистика рисунков на металле лицевой пластины и вставке: вставка, возможно, была изготовлена раньше корпуса (см. следующую статью). Скорее всего, подвеска была сделана на Руси в конце XII – начале XIII вв. или греческими мастерами, или русскими ювелирами с использованием эмалевой вставки византийского производства.

Работа выполнена по теме НИОТКР 122011200266-3 Института археологии РАН и Тематического плана НИЦ “Курчатовский институт” в части выполнения естественно-научных исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Васильев А.Л., Ковальчук М.В., Яцишина Е.Б. Исследование объектов культурного наследия методами электронной микроскопии // Кристаллография. 2016. Т. 61, № 6. С. 845–857.

Воронин К.В. Об уборе одной из икон древнерусского времени // Археология русского города: материалы науч.-практ. семинара 2016 года / Ред. И.В. Волков. М.: Столичное археологическое бюро, 2017. С. 43–61.

Гайдуков П.Г., Олейников О.М. О работах Института археологии РАН в Великом Новгороде в последнее десятилетие // Всемирное наследие ЮНЕСКО: пути и перспективы развития ценностного потенциала памятников Северо-Запада России: материалы науч. конф. Великий Новгород: Новгородский музей-заповедник, 2018. С. 27–42.

[6] Благодарим за устную консультацию.

Гайдуков П.Г., Олейников О.М., Богомолов А.В. Новейшие археологические открытия в Великом Новгороде // Новые археологические проекты. Воссоздавая прошлое / Ред. Н.А. Макаров. М.: ИА РАН, 2019. С. 160–163.

Даркевич В.П. Светское искусство Византии. Произведения византийского художественного ремесла в Восточной Европе X–XIII века. М.: Искусство, 1975. 350 с.

Ениосова Н.В. Золото викингов на территории Древней Руси // У истоков Русской государственности: историко-археологический сборник: материалы междунар. науч. конф. / Ред. Е.Н. Носов, А.Е. Мусин. СПб.: Дмитрий Буланин, 2007. С. 307–315.

Ениосова Н.В., Митоян Р.А., Сингх В.К. Новые данные о химическом составе сырья новгородских ювелиров X–XV вв. // Археология и история Пскова и Псковской земли. Семинар им. академика В.В. Седова. Вып. 32. Материалы 62-го заседания (19–21 апреля 2016 г.). М.; Псков: ИА РАН, 2017. С. 187–203.

Жилина Н.В. Тисненый убор по древнерусским кладам // Stratum plus. 2010. № 5. С. 23–144.

Лобода А.Ю., Терещенко Е.Ю., Антипенко А.В., Ретивов В.М., Пресняков М.Ю., Колобылина Н.Н., Кондратьев О.А., Шишлина Н.И., Яцишина Е.Б., Кашкаров П.К. Методы определения элементного состава металла археологических объектов при коррозионных наслоениях и в ограниченных условиях пробоотбора материала // Поволжская археология. 2018. № 4 (26). С. 203–221.

Макаров Н.А., Грешников Э.А., Зайцева И.Е., Подурец К.М., Коваленко Е.С., Мурашев М.М. Невидимые святыни. Вложения в средневековых крестах-энколпионах по данным комплексных аналитических исследований // Краткие сообщения Института археологии. 2020. Вып. 258. С. 25–45. https://doi.org/10.25681/IARAS.0130-2620.258.25-45

Макаров Н.А., Зайцева И.Е. Иконка с изображением Св. Нестора Солунского из Суздальского Ополья // Российская археология. 2019. № 4. С. 167–176.

Макарова Т.И. Перегородчатые эмали Древней Руси. М.: Наука, 1975. 127 с.

Максимов М.М. Очерк о золоте. М.: Недра, 1988. 112 с.

Миляев С.А., Самосоров Г.Г., Яблокова С.В., Шатилова Л.В., Позднякова Н.Н. Геохимические особенности самородного золота как прямые признаки рудно-формационной принадлежности проявлений рудного и россыпного золота // Руды и металлы. 2020. № 3. С. 22–31.

Новаковская-Бухман С.М. Клады Древней Руси в собрании Русского музея. СПб.: Palace Editions, 2015. 96 с.

Олейников О.М. Работы в северо-западной части Людина конца Великого Новгорода в 2008 г. (Десятинный I, III, IV раскопы) // Новгород и Новгородская земля. История и археология: материалы науч. конф. Вып. 23. Великий Новгород, 2008. С. 36–44.

Петров М.И., Тарабардина О.А. Динамика изменения городской территории Новгорода в X–XIV вв. // Археология и история Пскова и Псковской земли. Семинар им. академика В.В. Седова: материалы 57-го заседания. М.; Псков: ИА РАН, 2011. С. 139–146.

Седова М.В. Ювелирные изделия древнего Новгорода (X–XV вв.). М.: Наука, 1981. 195 с.

Стерлигова И.А. Драгоценный убор древнерусских икон XI–XIV веков. М.: Прогресс-Традиция, 2000. 264 с.

Теофил. Записка о разных искусствах / Ред. и примеч. А.В. Виннера // Сообщения / Всесоюзная центральная научно-исследовательская лаборатория по консервации и реставрации музейных художественных ценностей. Вып. 7. М.: Советская Россия, 1963. С. 66–184.

Чернецов А.В., Стрикалов И.Ю. Новое в изучении Старой Рязани (к 200-летию полевых исследований) // Мир Средневековья. Познавая прошлое: к 70-летию отдела средневековой археологии / Ред. В.Ю. Коваль. М.: ИА РАН, 2021. С. 61–92.

Янин В.Л. Актовые печати Древней Руси X–XV вв. Т. I. Печати X – начала XIII в. М.: Наука, 1970. 325 с.

Янин В.Л., Гайдуков П.Г. Актовые печати Древней Руси X–XV вв. Т. III. Печати, зарегистрированные в 1970–1996 гг. М.: Интрада, 1998. 500 с.

Chapman R.J., Banks D.A., Styles M.T., Walshaw R.D., Piazolo S., Morgan D.J., Grimshaw M.R., Spence-Jones C.P., Matthews T.J., Borovinskaya O. Chemical and physical heterogeneity within native gold: implications for the design of gold particle studies // Mineralium Deposita. 2021. 56. P. 1563–1588.

Constantinesku B., Cristea-Stan D., Vasilescu A., Simon R., Ceccato D. Archaeometallurgical Characterization of Ancient Gold Artifacts from Romanian Museums using XRF, Micro-pixe and Micro-SR-XRF Methods // Proceedings of the Romanian Academy. Series A. 2012. Vol. 13, № 1. P. 19–26.

Eniosova N. A unique 10th century AD gold-plated brooch from south-east Russia: technical and stylistic authentication // ArcheoSciences, revue d'archéométrie. 2009. 33. P. 375–380.

Entwhistle C. Notes on Selected Recent Acquisitions of Byzantine Jewellery at the British Museum // 'Intelligible Beauty': Recent Research on Byzantine Jewellery. London: British Museum Press, 2010. P. 20–32.

Evans H.C., Wixom W.D. The Glory of Byzantium. Art and Culture of the Middle Byzantine era, A.D. 843–1261. New York: Metropolitan Museum of Art, 1997. 574 p.

Fűrst S., Armbruster B., Numrich M. Keltisches Gold unter der Lupe – Golduntersuchungen im Saarbrücker Museum für Vor- und Frühgeschchte im Rahmen des Projektes CELTIC GOLD – Goldschmiedekunst in der westlichen Latènekultur // Denkmalpflege im Saarland. Jahresbericht 2019. Saarbrücken, 2020. S. 88–98.

Gondonneau A., Guerra M.F. The Circulation of precious Metals in the Arab Empire: the Case of the Near and the Middle East // Archaeometry. 2002. Vol. 44, iss. 4. P. 573–599.

Guerra M.F. Physicochemical approaches to gold and silver work, an overview: Searching for technologies, tracing routes, attempting to preserve // Chemical Analysis in Cultural Heritage / Eds. L. Sabbatini, I.D. Van der Werf. Berlin; Boston: De Gruyter, 2020. P. 307–330.

Guerra M.F. On gold recycling. A physicochemical point of view // Archaeometry. 2021. https://doi.org/10.1111/arcm.12710

Guerra M.F., Rehren T. In-situ examination and analysis of the gold jewellery from the Phoenician tomb of Kition (Cyprus) // ArcheoSciences, revue d'archéométrie. 2009. 33. P. 151–158.

Magnavita S., Mertz-Kraus R. XRF and LA-ICP-MS studies of gold and silver artefacts from a 12–13th century CE tumulus in Senegal: Implications for the medieval African gold trade // Journal of Archaeological Science: Reports. 2019. 23. P. 416–425.

Oddy A., La Niece S. Byzantine Gold Coins and Jewellery. A Study of Gold Contents // Gold bulletin. 1986. 19, 1. P. 19–27.

Rhoby A. Gold, Goldsmiths and Goldsmithing in Byzantium // New Research on Late Byzantine Goldsmiths' Works (13th–15th Centuries) / Ed. A. Bosselmann-Ruickbie. Mainz: Verlag des Römisch-Germanischen Zentralmuseums, 2019. P. 9–20.

Spiridonov E., Yanakieva D. Modern mineralogy of gold: overview and new data // ArcheoSciences, revue d'archéométrie. 2009. 33. P. 67–73.

GOLD PENDANT WITH ENAMEL FROM NOVGOROD: COMPREHENSIVE ANALYTICAL RESEARCH

Pyotr G. Gaidukov[a,#], Oleg M. Oleynikov[a,##], Irina E. Zaytseva[a,###], Ekaterina S. Kovalenko[b,####], Mikhail M. Murashev[b,#####], Konstantin M. Podurets[b,######], Anastasia V. Mandrykina[c,#######], Ekaterina S. Vaschenkova[c,########], Anton G. Kulikov[d,#########], Vasily M. Retivov[c,##########], Elena Yu. Tereschenko[e,###########], and Ekaterina B. Yatsishina[c,############]

[a] *Institute of Archaeology RAS, Moscow, Russia*

[b] *Kurchatov Institute National Research Centre, Moscow, Russia*

[c] *National Research Centre "Kurchatov Institute" and NRC Kurchatov Institute – IREA, Moscow, Russia*

[d] *Shubnikov Institute of Crystallography at Federal Research Centre of Crystallography and Photonics RAS, Moscow, Russia*

[e] *FSRC "Crystallography and Photonics" of Russian academy of Sciences, National Research Centre "Kurchatov Institute" and NRC Kurchatov Institute – IREA, Moscow, Russia*

[#] *E-mail: russianchange@yandex.ru*

[##] *E-mail: olejnikov1960@yandex.ru*

[###] *E-mail: izaitseva@yandex.ru*

[####] *E-mail: kovalenko_es@mail.ru*

[#####] *E-mail: mihail.mmm@inbox.ru*

[######] *E-mail: podurets@yandex.ru*

[#######] *E-mail: mandrykina_av@mail.ru*

[########] *E-mail: e_katerina2708@mail.ru*

[#########] *E-mail: ontonic@gmail.com*

[##########] *E-mail: vasilii_retivov@mail.ru*

[###########] *E-mail: elenatereschenko@yandex.ru*

[############] *E-mail: yacekaterina@yandex.ru*

The article presents the results of a comprehensive analytical study of a gold pendant with an enamel inset found in 2018 during archaeological excavations in the Commercial side of Veliky Novgorod in the strata of the early 13th century. The method of neutron tomography was used to visualize the internal structure of the pendant: all structural elements were identified and methods of their fastening were established. In the central part of the inner cavity of the pendant, under the enamel inset, a small accumulation of loose matter was found. The SEM/EDX and MS-ICP-LA methods were applied to determine the composition of the metal in various parts of the pendant, soldering, and partitions on the enamel inset. It is established that this is purest gold. This unique gold pendant from Novgorod is a true work of artistic craft. It was probably made in Rus either by Greek craftsmen or by Russian jewellers who used a Byzantine-made enamel inset.

Keywords: Veliky Novgorod, gold pendant, neutron tomography, metal composition.

REFERENCES

Chapman R.J., Banks D.A., Styles M.T., Walshaw R.D., Piazolo S., Morgan D.J., Grimshaw M.R., Spence-Jones C.P., Matthews T.J., Borovinskaya O., 2021. Chemical and physical heterogeneity within native gold: implications for the design of gold particle studies. Mineralium Deposita, 56, pp. 1563–1588.

Chernetsov A.V., Strikalov I.Yu., 2021. New developments in studying Old Ryazan (to the 200th anniversary of field research. Mir Srednevekov'ya. Poznavaya proshloe: k

70-letiyu otdela srednevekovoy arkheologii [The world of the Middle Ages. Learning about the Past: To the 70th anniversary of the Department of Medieval Archaeology]. V.Yu. Koval', ed. Moscow: IA RAN, pp. 61–92. (In Russ.)

Constantinesku B., Cristea-Stan D., Vasilescu A., Simon R., Ceccato D., 2012. Archaeometallurgical Characterization of Ancient Gold Artifacts from Romanian Museums using XRF, Micro-pixe and Micro-SR-XRF Methods. Proceedings of the Romanian Academy. Series A, vol. 13, no. 1, pp. 19–26.

Darkevich V.P., 1975. Svetskoe iskusstvo Vizantii. Proizvedeniya vizantiyskogo khudozhestvennogo remesla v Vostochnoy Evrope X–XIII veka [Secular art of Byzantium. Works of Byzantine artistic crafts in Eastern Europe in the 10th–13th centuries]. Moscow: Iskusstvo. 350 p.

Eniosova N., 2009. A unique 10th century AD gold-plated brooch from south-east Russia: technical and stylistic authentication. ArcheoSciences, revue d'archéométrie, 33, pp. 375–380.

Eniosova N.V., 2007. Viking gold on the territory of Rus. U istokov Russkoy gosudarstvennosti: istoriko-arkheologicheskiy sbornik: materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii [At the origins of Russian state: Historical and archaeological collection of papers: Proceedings of the International scientific conference]. E.N. Nosov, A.E. Musin, eds. St. Petersburg: Dmitriy Bulanin, pp. 307–315. (In Russ.)

Eniosova N.V., Mitoyan R.A., Singkh V.K., 2017. New data on the chemical composition of the raw materials used by Novgorod jewellers in the 10th–15th centuries. Arkheologiya i istoriya Pskova i Pskovskoy zemli. Seminar imeni akademika V.V. Sedova [Archaeology and history of Pskov and the Pskov land. Academician V.V. Sedov seminar], 32. Materialy 62-go zasedaniya (19–21 aprelya 2016 g.) [Proceedings of the 62nd meeting (April 19–21, 2016)]. Moscow; Pskov: IA RAN, pp. 187–203. (In Russ.)

Entwhistle C., 2010. Notes on Selected Recent Acquisitions of Byzantine Jewellery at the British Museum. 'Intelligible Beauty': Recent Research on Byzantine Jewellery. London: British Museum Press, pp. 20–32.

Evans H.C., Wixom W.D., 1997. The Glory of Byzantium. Art and Culture of the Middle Byzantine era, A.D. 843–1261. New York: Metropolitan Museum of Art. 574 p.

Fűrst S., Armbruster B., Numrich M., 2020. Keltisches Gold unter der Lupe – Golduntersuchungen im Saarbrücker Museum für Vor- und Frühgeschchte im Rahmen des Projektes CELTIC GOLD – Goldschmiedekunst in der Westlichen Latènekultur. Denkmalpflege im Saarland, Jahresbericht 2019. Saarbrücken, pp. 88–98.

Gaydukov P.G., Oleynikov O.M., 2018. On the work of the Institute of Archaeology RAS in Veliky Novgorod in the last decade. Vsemirnoe nasledie YuNESKO: puti i perspektivy razvitiya tsennostnogo potentsiala pamyatnikov Severo-Zapada Rossii: materialy nauchnoy konferentsii [UNESCO World Heritage: Ways and prospects for developing the value potential of sites of the Russian North-West: Proceedings of the Scientific conference]. Velikiy Novgorod: Novgorodskiy muzey-zapovednik, pp. 27–42. (In Russ.)

Gaydukov P.G., Oleynikov O.M., Bogomolov A.V., 2019. The latest archaeological discoveries in Veliky Novgorod. Novye arkheologicheskie proekty. Vossozdavaya proshloe [New archaeological projects. Recreating the past]. N.A. Makarov, ed. Moscow: IA RAN, pp. 160–163. (In Russ.)

Gondonneau A., Guerra M.F., 2002. The Circulation of precious Metals in the Arab Empire: the Case of the Near and the Middle East. Archaeometry, vol. 44, iss. 4, pp. 573–599.

Guerra M.F., 2020. Physicochemical approaches to gold and silver work, an overview: Searching for technologies, tracing routes, attempting to preserve. Chemical Analysis in Cultural Heritage. L. Sabbatini, I.D. Van der Werf, eds. Berlin; Boston: De Gruyter, pp. 307–330.

Guerra M.F., 2021. On gold recycling. A physicochemical point of view. Archaeometry. DOI: 10.1111/arcm.12710.

Guerra M.F., Rehren T., 2009. In-situ examination and analysis of the gold jewellery from the Phoenician tomb of Kition (Cyprus). ArcheoSciences, revue d'archéométrie, 33, pp. 151–158.

Loboda A.Yu., Tereshchenko E.Yu. Antipenko A.V., Retivov V.M., Presnyakov M.Yu., Kolobylina N.N., Kondrat'ev O.A., Shishlina N.I., Yatsishina E.B., Kashkarov P.K., 2018. Methods for metal compositional analysis of archaeological objects with surface corrosion layers and small sample quantitites. Povolzhskaya arkheologiya [The Volga River region archaeology], 4 (26), pp. 203–221. (In Russ.)

Magnavita S., Mertz-Kraus R., 2019. XRF and LA-ICP-MS studies of gold and silver artefacts from a 12–13th century CE tumulus in Senegal: Implications for the medieval African gold trade. Journal of Archaeological Science: Reports, 23, pp. 416–425.

Makarov N.A., Greshnikov E.A., Zaytseva I.E., Podurets K.M., Kovalenko E.S., Murashev M.M., 2020. Invisible holy relics. Relics and materials inserted in medieval reliquary crosses based on the data from comprehensive analytical studies. Kratkie soobshcheniya Instituta arkheologii [Brief Communications of the Institute of Archaeology], 258, pp. 25–45. DOI: 10.25681/IARAS.0130-2620.258.25-45. (In Russ.)

Makarov N.A., Zaytseva I.E., 2019. An icon-pendant with the image of St. Nestor of Thessaloniki from Suzdal Opolye. Rossiyskaya arkheologiya [Russian archaeology], 4, pp. 167–176. (In Russ.)

Makarova T.I., 1975. Peregorodchatye emali Drevney Rusi [Cloisonné enamels of Rus]. Moscow: Nauka. 127 p.

Maksimov M.M., 1988. Ocherk o zolote [Study on gold]. Moscow: Nedra. 112 p.

Milyaev S.A., Samosorov G.G., Yablokova S.V., Shatilova L.V., Pozdnyakova N.N., 2020. Geochemical features of native gold as direct signs of ore formational load and alluvial gold occurrences. Rudy i metally [Ores and metals], 3, pp. 22–31. (In Russ.)

Novakovskaya-Bukhman S.M., 2015. Klady Drevney Rusi v sobranii Russkogo muzeya [Hoards of Rus in the collection of the Russian Museum]. St. Petersburg: Palace Editions. 96 p.

Oddy A., La Niece S., 1986. Byzantine Gold Coins and Jewellery. A Study of Gold Contents. Gold bulletin, 19, 1, pp. 19–27.

Oleynikov O.M., 2008. Works in the northwestern part of Lyudin district of Veliky Novgorod in 2008 (Desyatinny I, III, IV excavation sites). Novgorod i Novgorodskaya zemlya. Istoriya i arkheologiya: materialy nauchnoy konferentsii [Novgorod and the Novgorod land. History and archaeology: Proceedings of the Scientific conference], 23. Velikiy Novgorod, pp. 36–44. (In Russ.)

Petrov M.I., Tarabardina O.A., 2011. Dynamics of changes in the urban area of Novgorod in the 10th–14th centuries. Arkheologiya i istoriya Pskova i Pskovskoy zemli. Seminar imeni akademika V.V. Sedova: materialy 57-go zasedaniya [Archaeology and history of Pskov and the Pskov land. Academician V.V. Sedov seminar: Proceedings of the 57th meeting]. Moscow; Pskov: IA RAN, pp. 139–146. (In Russ.)

Rhoby A., 2019. Gold, Goldsmiths and Goldsmithing in Byzantium. New Research on Late Byzantine Goldsmiths' Works (13th–15th Centuries). A. Bosselmann-Ruickbie, ed. Mainz: Verlag des Römisch-Germanischen Zentralmuseums, pp. 9–20.

Sedova M.V., 1981. Yuvelirnye izdeliya drevnego Novgoroda (X–XV vv.) [Jewellery of old Novgorod (10th–15th centuries)]. Moscow: Nauka. 195 p.

Spiridonov E., Yanakieva D., 2009. Modern mineralogy of gold: overview and new data. ArcheoSciences, revue d'archéométrie, 33, pp. 67–73.

Sterligova I.A., 2000. Dragotsennyy ubor drevnerusskikh ikon XI–XIV vekov [Precious ornamentation of ancient Russian icons of the 11th–14th centuries]. Moscow: Progress-Traditsiya. 264 p.

Teofil, 1963. De diversis artis. A.V. Vinner, ed. Soobshcheniya. Vsesoyuznaya tsentral'naya nauchno-issledovatel'skaya laboratoriya po konservatsii i restavratsii muzeynykh khudozhestvennykh tsennostey [Communications. All-Union Central Research Laboratory for the Conservation and Restoration of Museum Art Treasures], 7. Moscow: Sovetskaya Rossiya, pp. 66–184. (In Russ.)

Vasil'ev A.L., Koval'chuk M.V., Yatsishina E.B., 2016. Electron microscopy methods in studies of cultural heritage sites. Kristallografiya [Crystallography reports], vol. 61, no. 6, pp. 845–857. (In Russ.)

Voronin K.V., 2017. On the decoration of one icon of the Rus period. Arkheologiya russkogo goroda: materialy nauchno-prakticheskogo seminara 2016 goda [Archaeology of the Russian town: Proceedings of the 2016 Scientific and practical seminar]. I.V. Volkov, ed. Moscow: Stolichnoe arkheologicheskoe byuro, pp. 43–61. (In Russ.)

Yanin V.L., 1970. Aktovye pechati Drevney Rusi X–XV vv. [Official record seals of Rus of the 10th–15th centuries], I. Pechati X – nachala XIII v. [Seals of the 10th – early 13th century]. Moscow: Nauka. 325 p.

Yanin V.L., Gaydukov P.G., 1998. Aktovye pechati Drevney Rusi X–XV vv. [Official record seals of Rus of the 10th–15th centuries], III. Pechati, zaregistrirovannye v 1970–1996 gg. [Seals recorded in 1970–1996]. Moscow: Intrada. 500 p.

Zhilina N.V., 2010. Stamped jewel attire reconstructed based on Rus hoards of the 10th–13th centuries. Stratum plus, 5, pp. 23–144. (In Russ.)