

## **БУБЕНЧИКИ ИЗ ГРОБНИЦЫ 19/2020 НА ПЛАТО ЭСКИ-КЕРМЕН: СОСТАВ МАТЕРИАЛА И РЕКОНСТРУКЦИЯ ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ**

**Анастасия Юрьевна Лобода**

*НИИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия; Институт археологии Крыма РАН,  
Симферополь, Россия*

*lobodaau@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4926-1140>*

**Анна Витальевна Антипенко**

*Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского; Институт археологии Крыма  
РАН, Симферополь, Россия*

*an.antipenko@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8699-3132>*

**Аннотация.** Представленная работа посвящена исследованию двух бубенчиков, найденных в гробнице 19/2020 притвора однонефного храма в квартале II на плато Эски-Кермен. Бубенчики имеют слегка сплющенное тулово с прорезью и небольшой шарик-биту внутри, украшены рифлеными поперечными полосами. Один из бубенчиков сохранился полностью, другой фрагментирован. Целью работы было определение состава металла изделий и технологии их изготовления. Исследование элементного состава металла бубенчиков на лабораторном спектрометре показало, что сами изделия и шарик-бита, сохранившийся внутри одного бубенчика, изготовлены из оловянно-свинцовой бронзы. Описаны все, известные на данный момент, реконструкции технологии изготовления подобных изделий, наиболее точным представляется вариант производства восковой модели бубенчиков из двух половинок с последующим литьем по выплавляемой восковой модели с утратой глиняной формы.

**Ключевые слова:** Эски-Кермен, бубенчики, РФЛА, рентгенофлуоресцентный анализ, трасологический анализ, реконструкция технологии производства

**Благодарности:** Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда в рамках проекта № 20-18-00076 «Эволюция городов на Внутренней гряде Крымских гор в Средние века и Новое время».

## **BELLS FROM THE TOMB 19/2020 ON THE ESKI-KERMEN PLATEAU: COMPOSITION OF THE MATERIAL AND RECONSTRUCTION OF THE MANUFACTURING PROCESS**

**Anastasia Yu. Loboda**

*National Research Center “Kurchatov Institute”, Moscow, Russia; Institute of Archaeology of the  
Crimea of Russian Academy of Science, Simferopol, Russia*

*lobodaau@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4926-1140>*

## Anna V. Antipenko

*V.I. Vernadsky Crimean Federal University; Institute of Archaeology of the Crimea of Russian Academy of Science, Simferopol, Russia*

*an.antipenko@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8699-3132>*

**Abstract.** The given article studies two small bells found in the tomb 19/2020 in the narthex of the single-nave church in block II at Eski-Kermen plateau. These bells have slightly flattened body with a slit and a small ball inside; they are decorated with corrugated transverse stripes. One of the bells is completely preserved, the other is fragmented. The aim of the work was to determine the composition of the metal and the manufacturing technology of the bells. The X-ray fluorescence analysis of the elemental composition of the metal of the bells showed that the items themselves and the ball inside one bell were made of tin-lead bronze. All currently known reconstructions of the manufacturing technology of such products are described, with the most possible one as the making of wax model of bells comprising of two halves and, later, lost wax casting; clay form was also lost.

**Keywords:** Eski-Kermen, bells, X-ray fluorescence analysis, trace analysis, reconstruction of production technology

**Acknowledgments:** This study was funded by the Russian Science Foundation, project no. 20-18-00076 “The Evolution of the Towns on the Inner Ridge of the Crimean Mountains in the Middle Ages and Modern Period.”

Подвески-бубенчики относятся к чрезвычайно широко распространенной категории вещевого инвентаря. Они встречаются в средневековых памятниках на территории от Северо-Восточной и Северо-Западной Руси [6, с. 31–32; 10, с. 133; 17, с. 156; 19] до Крыма [1, с. 69, рис. 34,23,24; 2, с. 425; 12, с. 70; 13, с. 116–124]. Подвески-бубенчики были характерны для женского и детского убора. Их носили в составе ожерелий из бус, украшений головного убора. Бубенчики могли служить для застегивания ворота одежды, а также в качестве привесок у пояса и на груди [10, с. 133, 138–139].

В силу того, что бубенчики относятся к часто встречаемым и широко распространенным элементам убора, исследователями неоднократно предпринимались попытки выделить типы изделий в зависимости от морфологических особенностей и времени бытования.

Н. В. Рындина в 1963 г. разделила все, известные на тот момент, бубенчики на четыре типа, в соответствии с их технологическими особенностями. Три типа бубенчиков были отнесены к изделиям, отлитым по восковой модели с сохранением двусторонних форм, а последний – бубенчики, спаянные из двух тисненых половинок [16, с. 244].

М. В. Седова, проанализировав бубенчики из Новгорода, предложила классификацию изделий по форме, объединив в одной из групп литые и тисненые бубенчики [17, с. 156].

Позже, включив в выборку новые бубенчики, В. И. Поветкин разделил изделия на три группы по технологическим особенностям, с внутренним разделением на типы и варианты, согласно их форме. Помимо отлитых в двусторонних формах

и тисненых, В. И. Поветкиным были также обнаружены бубенчики, отлитые по восковой модели с потерей формы [15].

Литые бубенчики изготавливались из различного металла. Большая часть опубликованных изделий изготовлена из медных сплавов, однако также известны бубенчики из драгоценных металлов [6, с. 125]. Е. И. Зайцевой и Т. Г. Сарачевой были опубликованы составы металла более 50 бубенчиков в рамках исследования металлических изделий «Земли вятичей». Литые шаровидные линейнопрорезные бубенчики были отнесены авторами к «общедревнерусскому» типу украшений. Было отмечено, что большая их часть изготовлена из широко распространенного в древнерусском ювелирном деле медного сплава с добавлением олова (1–10%) и свинца (0,5–2%) [6, с. 131]. В числе прочих изделий, найденных на поселениях в Белозерье, И. Е. Зайцевой был также опубликован состав металла четырех бубенчиков из оловянно-свинцовой бронзы и многокомпонентной латуни, аналогичных по типу сплава другим предметам поселений [8]. Несколько бубенчиков из Гнездова также изготовлены из сплавов на медной основе [5]. Среди исследованных изделий Плотниковского могильника проанализирован бубенчик из многокомпонентной латуни, выделяющийся на фоне составов металла других изделий [4]. К. С. Чугунова, проанализировав 71 бубенчик из могильников Северо-Западной Руси, разделила их на группы по типу медного сплава (бронзы, цинкосодержащие бронзы и латуни). Все исследованные ей изделия, по своему происхождению, разбивались на две группы – «гдовская» и «ижорская» серии, и их составы также разделились сообразно территориальной принадлежности. Обнаруженную разницу автор объясняет разными источниками сырья и вторичным использованием металла [19]. Считается, что именно оловянно-свинцовую бронзу, являющуюся качественным литейным сплавом, ярославские мастера-ювелиры на протяжении длительного времени использовали преимущественно для изготовления литых украшений, в том числе и шаровидных бубенчиков [7, с. 198]. Анализируя все вышеупомянутое, можно отметить, что чаще всего бубенчики изготавливались из того же металла, что и большая часть мелких литых изделий, имеющих хождение на исследуемой территории.

Представленная работа посвящена исследованию двух бубенчиков, найденных экспедицией Института археологии Крыма РАН и Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского под руководством А. И. Айбабина и Э. А. Хайрединовой в гробнице 19/2020 из притвора однефного храма в квартале II на плато Эски-Кермен. Литые бубенчики имеют слегка сплющенное тулово с прорезью и с небольшим шариком-битой внутри, украшены рифлеными поперечными полосами. Аналогичные изделия были обнаружены в костнице у квартальной часовни жилого квартала I, расположенного на Главной улице напротив пещерного каземата V [2, с. 425], в склепе 6 могильника у с. Лучистое с вещами XI–XII вв. [1, с. 69, рис. 34,23,24], в Белой Веже в слое второй половины XI – начала XII в. [14, с. 234, рис. 82,21]. Небольшие бубенчики-пуговицы найдены в погребении 7А некрополя Горзувиты, широко датирующемся VIII–XI вв. [12, с. 70], в могильнике Дзукалаи на Керченском

полуострове в погребениях, датированных XIII–XIV вв. [13, с. 116–124].

Один бубенчик из гробницы 19/2020 Эски-Кермена сохранился полностью, вместе с внутренним шариком (рис. 1,1), второй разломан на две части (рис. 1,2). Согласно классификации В. И. Поветкина, бубенчики из гробницы 19/2020 на плато Эски-Кермен относятся к типу 1Б – двухчастнолитые округлые продольнопрорезные бубенчики с тройной опояской. Подобные изделия, как правило, датируются серединой XII – второй половиной XIII в. [15; 18]. Целью работы было определение состава металла изделий и технологии их изготовления.

Элементный состав металла бубенчиков был определен неразрушающим методом рентгенофлуоресцентного анализа на спектрометре M1 MISTRAL (Bruker). Технологические особенности изделий определялись на оптическом микроскопе Olympus BX51 с камерой Leica DFC420C с увеличением X50 и X100.

#### Элементный состав

Исследуемые бубенчики изготовлены из медного сплава, содержащего ок. 80% меди, 4–8% свинца, 6–11% олова и незначительную примесь серебра. В одном из бубенчиков повышено содержание железа, однако это может быть связано с коррозией исследуемой поверхности (табл. 1,Б1). Металлический шарик, сохранившийся внутри бубенчика 1, изготовлен из аналогичного металла, однако содержание в нем свинца несколько ниже, а олова выше (2,8% и 17,2% соответственно) (табл. 1,Б1/2).

**Таблица 1.** Элементный состав бубенчиков по данным РФЛА

|      | <i>Cu</i> | <i>Pb</i> | <i>Sn</i> | <i>Fe</i> | <i>Ag</i> |
|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Б1   | 81,3      | 4,26      | 6,33      | 8,06      | 0,05      |
| Б1/2 | 78,8      | 2,8       | 17,2      | 0,2       |           |
| Б2   | 80,06     | 8,71      | 11,03     | 0,14      | 0,06      |

#### Технология изготовления

Бубенчик 1 имеет высоту с петель – 21,7 мм, без петли – 14,7 мм, ширину – 14,6 мм (рис. 1,1).

Бубенчик 2 фрагментирован, имеет высоту с петель – 21,2 мм, без петли – 13,6 мм, ширину – 13,5 мм (16,6 мм в области разрыва) (рис. 1,2).

Толщина металла в верхней части, у петли, составляет 0,3–0,4 мм, у прорези – 0,6 мм.

На внешней поверхности бубенчиков зафиксированы следы литья: наросты, поры, непроливы (рис. 1,3–5). Шов на внешней поверхности изделий расположен параллельно плоскости петли и прорези и проходит как по тулову, так и по петле бубенчиков (рис. 1,3–5). На шве и на торцевой поверхности прорези бубенчика 1 зафиксированы следы абразивной обработки (рис. 1,3,6).

Внутренняя поверхность была изучена у фрагментированного изделия (Б2). На ней были зафиксированы наросты и поры. Следов шва не обнаружено (рис. 1,7).

### Обсуждение

Исследование бубенчиков методом РФЛА показало, что изделия изготовлены из оловянно-свинцовой бронзы без примеси цинка. Из трехкомпонентных бронз данной рецептуры выполнено около трети выборки изделий из раскопок на плато Эски-Кермен [3, с. 39]. Проведенные нами в этом году исследования показали, что бубенчики, найденные в соседней гробнице 14/2022 из храма в квартале II, изготовлены из такого же сплава (данные не опубликованы).

На данный момент известны четыре предположительных реконструкции технологии изготовления округлых продольнопрорезных бубенчиков. Во всех вариантах предполагается, что звенящий шарик помещался внутрь бубенчика еще до отливки самого изделия.

Большая часть исследователей, описывая технологию производства двухчастнолитых бубенчиков, ссылается на процесс изготовления, описанный Н. В. Рындиной в 1963 г. [16; 9; 14]. Отливку двухчастнолитых бубенчиков с сохранением двусторонних форм Н. В. Рындина описывает следующим образом. Металлический шарик заформовывался в «стержень» из песка и глины, который затем покрывался воском требуемой толщины. К восковой модели прикреплялась петля, а затем, «обычным образом» изготавливалась двусторонняя глиняная форма. Глиняный «стержень» закреплялся внутри двусторонней формы при помощи проволоки, которой протыкали восковую модель. После литья проволока удалялась, отверстия от нее на готовом изделии зачеканивались [16, с. 247].

В 1974 г. В. Д. Леньков предложил другую технологическую последовательность. По его мнению, восковые модели бубенчиков изготавливались в жестких резных формах и представляли собой две половинки бубенчика, которые затем соединялись. Перед соединением восковых половинок внутрь тулова помещался шарик и глиняная масса. После этого восковая модель заформовывалась в глину и проводилось литье по восковой модели [9, с. 154].

Схема отливки бубенчиков по восковой модели, более подробно описывающая технологические аспекты процесса, опубликована чешскими исследователями Р. Малиновой и Я. Малиной [11, с. 172]. Опираясь на «технологическую инструкцию» XVI в. по производству золотых и серебряных бубенчиков, авторы описали изготовление цельной восковой модели изделия на «стержне» из смеси глины и молотого древесного угля с заформованным внутрь шариком. Процесс создания восковой модели аналогичен схеме, предложенной Н. В. Рындиной. Далее, авторы реконструируют формирование восковой модели с прикрепленным к ней литником и воздуховодами в глиняную массу, последующее литье, разбивание внешней глиняной формы и удаление глины изнутри изделия.

Изучая древнерусское ювелирное дело, Е. И. Зайцева и Т. Г. Сарачева предложили свою реконструкцию процесса производства бубенчиков, во многом опираясь на труды предшественников, в особенности В. Д. Ленькова [6, с. 204]. Авторы предполагают, что восковая модель состояла из двух половинок, каждая из кото-

рых представляла собой половинку тулова и ушка бубенчика. Внутри каждой полушеры заливалась формовочная масса, в которую помещался металлический шарик, после чего половинки соединялись. Прорезь в тулове изделий создавалась после соединения деталей бубенчика. Авторы также допускают, что восковая модель могла не заполняться глиной перед соединением, а, после создания прорези, обмакиваться в глиняную массу, что облегчало процесс удаления формовочной смеси из тулова бубенчика после литья. Затем восковая модель с литником покрывалась формовочной смесью, и проводилось литье по выплавляемой восковой модели с потерей глиняной формы.

Все описанные технологические схемы предполагают изготовление бубенчиков по выплавляемым восковым моделям. Процесс, реконструированный чешскими исследователями [11, с. 172], позволяет получить изделие без внешнего соединительного шва, что не соответствует наблюдаемым на бубенчиках из Эски-Кермена дефектам.

Реконструкция производственного процесса, предложенная Н. В. Рындиной – создание восковой модели на основе «стержня» с заформованным в глиняную смесь шариком, решает проблему создания бесшовной внутренней поверхности бубенчиков. Предположительно, фиксация «стержня»-вкладки внутри глиняной формы может производиться не с помощью проволоки, а через соединительную глиняную перегородку на месте прорези в тулове, что позволит избежать последующей зачеканки отверстий. Однако, неясно применение двухчастных глиняных форм и их дальнейшее сохранение, учитывая невозможность повторного применения, так как они создаются на основе уникальных размеров внутреннего глиняного «стержня».

Нужно отдельно отметить расположение прорези в бубенчиках. Согласно опубликованным экземплярам, в двухчастнолитых округлых продольнопрорезных бубенчиках прорезь всегда проходит параллельно шву на изделии. Е. И. Зайцевой и Т. Г. Сарачевой отмечается, что «отверстие в нижней части восковой модели вырезали после соединения половинок, так как на многих экземплярах контуры отверстия перекрывают и нарушают соединительные швы и декор» [6, с. 205].

В случае создания цельной восковой модели на «стержне» и последующей формовки модели в двухчастную форму, литейный шов, в некоторых случаях, неизбежно будет сдвигаться в ту или другую сторону. Однако, исследованная разными авторами на данный момент широкая выборка бубенчиков достаточно однородна в этом вопросе – прорезь в изделиях данного типа всегда расположена параллельно шву. Прорези в исследуемых бубенчиках из Эски-Кермена также перекрывают декор, важным является и их расположение относительно шва на внешней стороне изделия. Прорезь в обоих случаях располагается на одной половинке бубенчика и проходит вдоль соединительного шва, не заходя на вторую половину. Это приводит нас к тому, что вариант производства восковой модели бубенчиков из двух половинок, предложенный В. Д. Ленковым, а затем более подробно аргументированный Е. И. Зайцевой и Т. Г. Сарачевой представляется наиболее возможным. Таким об-

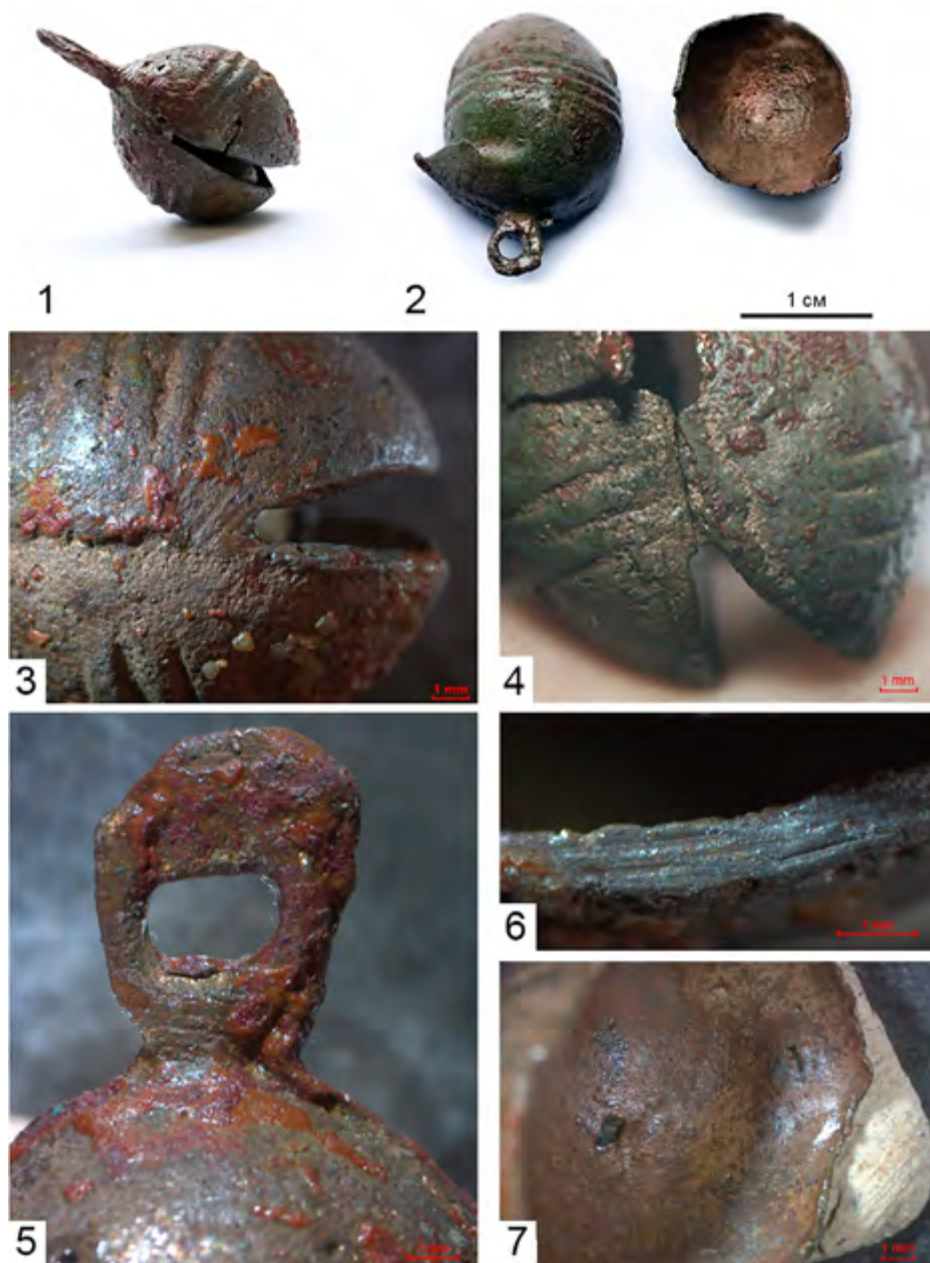
разом, шов, наблюдаемый на внешней поверхности бубенчиков из Эски-Кермена, следует назвать не литейным, а соединительным швом. Однако описанная авторами последовательность технологических операций также оставляет ряд вопросов. Важнейшим из них остается наблюдаемое на изделиях отсутствие шва и сдвига соединенных половин внутри бубенчика при наличии этого расхождения на внешней поверхности.

### **Заключение**

Исследование элементного состава металла бубенчиков из гробницы 19/2020 на лабораторном спектрометре показало, что изделия изготовлены из оловянно-свинцовой бронзы. Из сплавов подобного типа выполнено около трети всех, исследованных на данный момент, изделий из раскопок на плато Эски-Кермен [3, с. 39]. Это хорошо соотносится с опубликованными другими исследователями данными и подтверждает, что литые бубенчики чаще всего изготавливались из тех же сплавов, что и другие мелкие литые изделия конкретного региона.

На данный момент существует четыре варианта реконструкции технологии производства подобных бубенчиков. Все описанные технологические схемы предполагают изготовление бубенчиков по выплавляемым восковым моделям. Наиболее точным кажется вариант производства восковой модели бубенчиков из двух половинок с последующим литьем по выплавляемой восковой модели с утратой глиняной формы. Такая реконструкция описана В. Д. Ленковым [9, с. 154], а затем Е. И. Зайцевой и Т. Г. Сарачевой [6, с. 204]. Однако предложенная авторами последовательность технологических операций не объясняет образование гладкой внутренней поверхности внутри бубенчиков при наличии некоторого сдвига и шва на внешней поверхности изделий в месте соединения половинок восковой модели.

Следуя описанной предыдущими исследователями реконструкции технологического цикла производства, можно предположить, что выравнивание внутренней поверхности могло либо быть следствием специфического метода соединения половинок восковой модели, либо намеренно производиться после спаивания двух половинок и создания прорези, но до предположительного обмакивания готовой восковой модели в глину. Данные предположения требуют дальнейшей работы и экспериментального моделирования для уточнения деталей возможных этапов технологического процесса.



**Рис. 1.** Бубенчики из гробницы 19/2020, Эски-Кермен: 1 – B1; 2 – B2. 3 – Следы литья и абразивной обработки, B1. 4 – Следы литья, B2. 5 – Петля, следы литья, шов, B1. 6 – Следы абразивной обработки, B1. 7 – Внутренняя поверхность B2, место шва на внешней поверхности B1.

**Fig. 1.** Bells from tomb 19/2020, Eski-Kermen: 1 – B1; 2 – B2. 3 – Traces of casting and abrasive processing, B1. 4 – Traces of casting, B2. 5 – Loop, traces of casting, seam, B1. 6 – Traces of abrasive processing, B1. 7 – The inner surface of B2, the place of the seam on the outer surface B1.



### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айбабин А.И., Хайрединова Э.А. Могильник у села Лучистое. Т. 1. Раскопки 1977, 1982–1984 гг. Симферополь; Керчь, 2008. 334 с.
2. Айбабин А.И., Хайрединова Э.А. Позднесредневековая часовня на плато Эски-Кермен // МАИЭТ. 2011. Вып. XVII. С. 422–457.
3. Антипенко А.В., Хайрединова Э.А. Элементный состав средневековых изделий из цветных металлов // ΧΕΡΣΩΝΟΣ ΘΕΜΑΤΑ: империя и полис. XII Международный Византийский Семинар. Материалы научной конференции / Отв. ред. Н.А. Алексеенко. Симферополь: Колорит, 2020. С. 37–46.
4. Брюхова Н.Г., Подосёнова Ю.А., Крыласова Н.Б. Ювелирные изделия Плотниковского могильника Родановской археологической культуры (по материалам раскопок 2011–2013 гг.) // Вестник Пермского университета. История. 2015. № 1 (28). С. 114–131.
5. Ениосова Н.В. Химический состав цветного металла из Гнёздова // Исторический журнал: научные исследования. 2016. № 6. С. 724–733.
6. Зайцева И.Е., Сарачева Т.Г. Ювелирное дело «Земли вятичей» во второй половине XI – XIII в. М.: Индрик, 2011. 404 с.
7. Зайцева И.Е., Сапрыкина И.А. Новые данные к характеристике цветного металла Северо-Восточной Руси (по материалам исследований в средневековом Ярославле) // КСИА. 2014. Вып. 233. С. 193–208.
8. Зайцева И.Е. Цветной металл средневековых поселений Крутик и Никольское V в Белозерье // РА. 2017. № 1. С. 96–115.
9. Леньков В.Д. Металлургия и металлообработка у чжурчжэней в XII веке: (По материалам исследований Шайгинского городища). Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1974. 173 с.
10. Мальм В.А., Фехнер М.В. Привески – бубенчики // Труды ГИМ. 1967. Вып. 43. Очерк по истории русской деревни. С. 133–148.
11. Малинова Р., Малина Я. Прыжок в прошлое. Эксперимент раскрывает тайны древних эпох / Пер. с чеш. М.: Мысль, 1988. 271 с.
12. Мастыкова А.В. О находках металлических крестов на средневековом могильнике Горзувиты (Южный берег Крыма) // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 4, История. Регионоведение. Международные отношения. 2019. Т. 24, № 6. С. 64–80. <https://doi.org/10.15688/jvolsu4.2019.6.5>.
13. Орлов Р.С. Из истории сельского населения Керченского полуострова в XIII–XIV в. // Памятники древних культур Северного Причерноморья / Отв. ред. В.Д. Баран. Киев: Наукова думка, 1979. С. 114–129.
14. Плетнёва С.А. Древнерусский город в кочевой степи. Историко-стратиграфическое исследование. Воронеж: ВГУ, 2006. 392 с.
15. Поветкин В.И. Бубенчики-звонцы в Древнем Новгороде (применение, способы производства, типология и хронология) // РА. 2009. № 2. С. 79–92.
16. Рындина Н.В. Технология производства новгородских ювелиров X–XV вв. // Труды Новгородской археологической экспедиции. Т. 3: Новые методы в археологии / Под ред. А.В. Арциховского, Б.А. Колчина. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 201–268. (МИА. № 117).
17. Седова М.В. Ювелирные изделия Древнего Новгорода (X–XV вв.). М.: Наука, 1981. 195 с.
18. Сидорова А.К. Археологическое изучение Великого Новгорода в 2000-х годах (по материалам журнала «Российская археология») // 10 корпус. 2020. № 6. С. 13–20.
19. Чугунова К.С. Информативность химического состава средневекового металла на примере двух групп украшений из медных сплавов // «На одно крыло – серебряная, на другое – золотая...». Сборник статей памяти Светланы Рябцевой / Под ред. Р.А. Рабиновича, Н.П. Тельнова. Кишинев: Stratum Plus, 2020. С. 341–352.

## REFERENCES

1. Aibabin A.I., Khairedinova E.A. *Mogil'nik u sela Luchistoe. T. 1. Raskopki 1977, 1982–1984 gg.* [The cemetery near the village of Luchistoye. Vol. 1. Excavations 1977, 1982–1984]. Simferopol, Kerch, 2008, 334 p.
2. Aibabin A.I., Khairedinova E.A. Late medieval chapel on Eski-Kermen plateau. *Materialy po arkheologii, istorii i etnografii Tavrii* [Materials in archaeology, history and ethnography of Tauria], 2011, vol. 17, pp. 422–457.
3. Antipenko A.V., Khairedinova E.A. The ultimate composition of mediaeval artefacts of nonferrous metals. Alekseenko N.A. (Ed.), *ΧΕΡΣΟΝΟΣ ΘΕΜΑΤΑ: imperia i polis. XII Mezhdunarodnyi Vizantiiskii Seminar* [12th international Byzantine workshop “Chersonos Themata: the empire and the polis”], Simferopol, Kolorit Publ., 2020, pp. 37–46.
4. Briukhova N.G., Podosenova Iu.A., Krylasova N.B. Plotnikovskiy burial ground jewelry of the Rodanov archaeological culture (based on the 2011–2013 materials). *Vestnik Permskogo universiteta. Istorii* [Perm University Herald. History], 2015, vol. 1 (28), pp. 114–131.
5. Eniosova N.V. Chemical composition of non-ferrous metal from Gnezdovo. *Istoricheskii zhurnal: nauchnye issledovaniia* [Historical journal: scientific research], 2016, vol. 6, pp. 724–733.
6. Zaitseva I.E., Saracheva T.G. *Iuvelirnoe delo «Zemli vyatichiei» vo vtoroi polovine XI – XIII v.* [Jeweller's craft of the “Land of vyatichi” in the second half of the 11th – 13th centuries]. Moscow, Indrik Publ., 2011, 404 p.
7. Zaitseva I.E., Saprykina I.A. New data on the characteristic of non-ferrous metal from North-Eastern Rus' (on the material of investigations in medieval Yaroslavl). *Kratkie soobshcheniia Instituta arkheologii* [Brief Communications of the Institute of Archaeology], 2014, vol. 233, pp. 193–208.
8. Zaitseva I.E. Non-ferrous metals from the medieval settlements of Krutik and Nikolskoe V in the Beloe Lake area. *Rossiiskaia arkheologiia* [Russian Archaeology], 2017, vol. 1, pp. 96–115.
9. Len'kov V.D. *Metallurgii i metalloobrabotka u chzhurchzhenei v XII veke: (Po materialam issledovaniia Shaiginskogo gorodishcha)* [Metallurgy and metalworking among the Jurchens in the 12th century: (According to the research materials of the Shaiginsky settlement)]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1974, 173 p.
10. Mal'm V.A., Fekhner M.V. Pendants – bells. *Trudy Gosudarstvennogo istoricheskogo muzeia* [Proceedings of the State Historical Museum], 1967, vol. 43, pp. 133–148.
11. Malinova R., Malina Ia. *Pryzhok v proshloe. Eksperiment raskryvaet тайны древних эпох* [Jump into the past. The experiment reveals the secrets of ancient eras]. Moscow, Mysl Publ., 1988, 271 p.
12. Mastykova A.V. On the Finds of Metal Crosses at the Medieval Burial Ground of Gorzuvity (The Southern Coast of Crimea). *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 4. Istorii. Regionovedenie. Mezhdunarodnye otnosheniya* [Science Journal of Volgograd State University. History. Area Studies. International Relations], 2019, vol. 24, no. 6, pp. 64–80. <https://doi.org/10.15688/jvolsu4.2019.6.5>.
13. Orlov R.S. From the history of the rural population of the Kerch Peninsula in the 13th–14th centuries. Baran V.D. (Ed.), *Pamiatniki drevnikh kul'tur Severnogo Prichernomor'ia* [Monuments of ancient cultures of the Northern Black Sea region], Kiev, Naukova dumka Publ., 1979, pp. 114–129.
14. Pletneva S.A. *Drevnerusskii gorod v kochevoi stepi. Istoriko-stratigraficheskoe issledovanie* [Ancient Russian city in the nomadic steppe. Historical and stratigraphic research]. Voronezh, State University Publ., 2006, 392 p.
15. Povetkin V.I. Zvontsy bells from Ancient Novgorod (usage, manufacture, typology and chronology). *Rossiiskaia arkheologiia* [Russian Archaeology], 2009, vol. 2, pp. 79–92.
16. Ryndina N.V. Production technology of Novgorod jewelers of the 10th–15th centuries. Artsikhovskiy A.V., Kolchin B.A. (Eds.), *Trudy Novgorodskoi arkheologicheskoi ekspeditsii. T. 3: Novye metody v arkheologii* [Proceedings of the Novgorod archaeological expedition. Vol. 3: New methods in archeology], Moscow, Academy of Sciences of the USSR Publ., 1963, pp. 201–268.
17. Sedova M.V. *Iuvelirnye izdeliia Drevnego Novgoroda (X–XV vv.)* [Jewelery of Ancient Novgorod (10th–15th centuries)]. Moscow, Nauka Publ., 1981, 195 p.

18. Sidorova A.K. Archaeological study of the Veliky Novgorod in the 2000 (by material of the journal "Russian Archaeology"). *10 korpus*, 2020, vol. 6, pp. 13–20.
19. Chugunova K.S. Informational Value of Medieval Metal's Chemical Composition Based on Two Groups of Copper-Alloy Jewelry. Rabinovich R.A., Telnov N.P. (Eds.), «*Na odno krylo – serebrianaia, na drugoe – zolotaia...*». *Sbornik statei pamiati Svetlany Riabtsevoi* ["One her wing is silver, the other one is made of gold..."] Selected papers in memory of Svetlana Ryabtseva], Kishinev, Stratum Plus Publ., 2020, pp. 341–352.

#### ***Информация об авторах***

Лобода А. Ю. – научный сотрудник лаборатории естественнонаучных методов в гуманитарных науках НИЦ «Курчатовский институт»; научный сотрудник лаборатории ЛЕНМГИ-ИРЕА НИЦ «Курчатовский институт» – ИРЕА, Researcher ID: U-4725-2017.

Антипенко А. В. – младший научный сотрудник Научно-исследовательского центра истории и археологии Крыма Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского; младший научный сотрудник отдела реализации грантов Института археологии Крыма РАН, Researcher ID: U-2937-2019.

#### ***Authors information***

Loboda A. Yu. – Researcher of the Laboratory of natural science methods in the humanities of the National Research Center "Kurchatov Institute"; Researcher of the LENMGI-IREA Laboratory of the NRC "Kurchatov Institute" – IREA, Researcher ID: U-4725-2017.

Antipenko A. V. – Junior Researcher at the History and Archaeology of the Crimea Research Centre of the V. I. Vernadsky Crimean Federal University; Junior Researcher of the Grants Implementation Department of the Institute of Archaeology of the Crimea of RAS, Researcher ID: U-2937-2019.