

## ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕРИАЛА СЕРДЕЧНИКА ЗОЛОТНЫХ НИТЕЙ ИЗ ПЛИТОВЫХ МОГИЛ XIV В. НА ПЛАТО ЭСКИ-КЕРМЕН

Виктор Михайлович Пожидаев<sup>1</sup>, Андрей Владимирович Камаев<sup>2</sup>,  
Анастасия Юрьевна Лобода<sup>3</sup>, Елена Юрьевна Терещенко<sup>4</sup>,  
Эльзара Айдеровна Хайрединова<sup>5</sup>, Екатерина Борисовна Яцишина<sup>6</sup>

<sup>1,2,3,4,6</sup> *Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва, Россия*

<sup>3,4,6</sup> *Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» – ИРЕА, Москва, Россия*

<sup>1</sup> *rojidaev2006@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5916-4374>*

<sup>2</sup> *avkamaev54@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1839-6093>*

<sup>3</sup> *lobodaau@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4926-1140>*

<sup>4</sup> *ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, Москва, Россия, [elenatereschenko@yandex.ru](mailto:elenatereschenko@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0001-5035-6978>*

<sup>5</sup> *Институт археологии Крыма РАН, Симферополь, Россия, [khairedinovaz@rambler.ru](mailto:khairedinovaz@rambler.ru), <https://orcid.org/0000-0002-1362-757X>*

<sup>6</sup> *yatsishina\_eb@nrcki.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7652-7253>*

**Аннотация.** В 2020 г. в ходе раскопок центральной части города на плато Эски-Кермен в плитовых могилах 5/2020 и 8/2020 перед главной базиликой, в двух погребениях XIV в. были обнаружены золотные нити, представляющие собой тонкие полоски драгоценного металла, спирально навитые на сердечник. Настоящее исследование посвящено анализу материала сердечника изделий. Известно, что чаще всего полосы драгоценного металла навивали вокруг сердцевины на белковой основе (шелк, шерсть или волос) или же на основе целлюлозы (лён, хлопок или конопля). Анализировались образцы трех золотных нитей, но в одном образце не было обнаружено сохранившегося органического сердечника. При проведении электронно-микроскопического исследования нитей был зафиксирован волокнистый характер сердечника нитей, что позволило исключить применение в качестве основы для золотных нитей волос, кожи или сухожилий. Дальнейшее исследование природы материала сердечника выполнялось методом газовой хроматографии с масс-спектрометрией (ГХ/МС). Исследование позволило обнаружить следовые количества двух аминокислот – глицина и аланина, что наблюдается только в фиброине шелка. По результатам проведенного исследования можно сделать вывод, что сердечник исследуемых золотных нитей изготовлен из шелкового волокна. Это указывает на импортное, вероятно, средиземноморское происхождение золотных нитей, найденных в погребениях на плато Эски-Кермен. Изделия из таких нитей могли привозить в Крым генуэзские купцы. Известно, что в XIV в. различные шелковые ткани были приоритетным товаром в торговле, которую вели итальянцы в Каффе и городах Генуэзской Газарии.

**Ключевые слова:** городище Эски-Кермен, плитовые могилы, костюм средневекового населения Крыма, золотные нити, газовая хроматография с масс-спектрометрией, ГХ/МС

## A RESEARCH OF THE MATERIAL OF THE CORE OF METAL THREADS FROM THE FOURTEENTH-CENTURY SLABBED GRAVES AT THE PLATEAU OF ESKI-KERMEN

Victor M. Pojidaev<sup>1</sup>, Andrey V. Kamaev<sup>2</sup>, Anastasia Yu. Loboda<sup>3</sup>,  
Elena Yu. Tereschenko<sup>4</sup>, Elzara A. Khairedinova<sup>5</sup>, Ekaterina B. Yatsishina<sup>6</sup>

<sup>1,2,3,4,6</sup> National Research Center "Kurchatov Institute", Moscow, Russia

<sup>3,4,6</sup> National Research Center "Kurchatov Institute" – IREA, Moscow, Russia

<sup>4</sup> Federal Research Center "Crystallography and Photonics" RAS, Moscow, Russia

<sup>5</sup> Institute of Archaeology of the Crimea, Russian Academy of Sciences, Simferopol, Russia

**Abstract.** In 2020, the excavations of the fourteenth-century burials in slabbed graves 5/2020 and 8/2020 located in front of the main basilica in the central area of the town atop of the plateau of Eski-Kermen discovered metal threads of thin strips of precious metal spirally wound round the core. The present research analyses the material of this core. It is known that most often the strips of precious metal were wound around the core with protein base (silk, wool, or hair) or with cellulose base (linen, cotton, or hemp). The samples of three metal threads were analysed, though no preserved organic core was found in one of the samples. Electron microscopy of the threads recorded their fibrous core, thus showing that the base of metal threads was not hair, skin, or tendons. Further, the core material was investigated by gas chromatography – mass spectrometry. The research detected trace amounts of two amino-acids, glycine and alanine, which appeared in silk fibroin only. The results of this study suggest that the core of metal threads was made of silk cloth. This indicates an imported, probably Mediterranean origin of the metal threads found in the burials at Eski-Kermen plateau. The artefacts made of such threads were possibly brought to the Crimea by Genoese merchants. It is known that in the fourteenth century various silk cloths were a priority commodity in the trade carried on by the Italians in Caffa and the towns of Genoese Gazaria.

**Keywords:** ancient town of Eski-Kermen, slabbed graves, costume of the mediaeval Crimean population, metal threads, gas chromatography – mass spectrometry, GC/MS

С древнейших времен в изготовлении дорогих тканей использовались нити из драгоценных металлов. По рассказам Плиния Старшего, еще в Вавилоне особо роскошные ткани украшались пропущенной в них золотой нитью [8, с. 90]. Судя по находкам, ткани с металлическими нитями бытовали не только на территории Ближнего Востока, но и в Древней Греции. Одежды из ткани с золотыми нитями пользовались популярностью у привилегированных слоев населения в Римской империи, Византии, средневековой Европе, Древней Руси, Золотой Ордеи Китае [20, р. 72–74; 11, с. 273; 13, с. 347–348]. Существуют разные виды золотых нитей, отличающиеся способами изготовления [17, р. 55–60]. Чаще всего их делали из тонких полосок золота или серебра, навивавшихся на шелковую или льняную нить [16, р. 86–87, photo 28–31; 7, с. 9–10, 167–181; 10, с. 130–132], иногда – из проволоки драгоценного металла, наматываемой по спирали [9, с. 235–240; 17, р. 55–60]. В качестве нитей использовались и позолоченные тонкие полосы кожи, бумаги, кишечника животных [1, с. 138–139, 142; 6, с. 220–221; 7, с. 9–10, 167–181; 18, р. 444.10].

В 2020 г. в ходе раскопок центральной части города на плато Эски-Кермен в плитовых могилах 5/2020 и 8/2020 перед главной базиликой, в двух погребениях XIV в. были обнаружены золотные нити, представляющие собой тонкие полоски драгоценного металла, спирально навитые на сердечник. Изучение состава и технологических особенностей металла этих нитей описано в отдельных работах [19] (см. статью А. В. Антипенко и др. в данном выпуске). Настоящее исследование посвящено анализу материала сердечника изделий. Известно, что чаще всего полосы драгоценного металла навивали вокруг сердцевины на белковой основе (шелк, шерсть или волос) или же на основе целлюлозы (лён, хлопок или конопля) [17, р. 55–60].

Анализировались образцы трех золотных нитей:

- фрагмент сплетенных в плоский шнур нитей, найденных в женском погребении из плитовой могилы 5/2020, в верхней части грудной клетки (нити 1);
- фрагмент разрозненных нитей из этого же погребения, лежавших в области шеи (нити 2);
- фрагмент нитей, обнаруженных на шейных позвонках девочки-подростка в плитовой могиле 8/2020 (нити 3).

При проведении электронно-микроскопического исследования нитей [19] был зафиксирован волокнистый характер сердечника (рис. 1). Это позволило исключить применение в качестве основы для золотных нитей волос, кожи или сухожилий. В образце нитей 2 не было обнаружено сохранившегося органического сердечника.

Исследование природы материала сердечника было выполнено методом газовой хроматографии с масс-спектрометрией (ГХ/МС), который позволяет идентифицировать органические соединения, сохранившиеся в составе археологических находок [12; 3; 15]. Измерения выполняли на хроматографе HP-6890 с масс-спектрометрическим детектором MSD 5975 фирмы Agilent Technologies. Условия хроматографирования: колонка капиллярная HP-5ms длиной 30 м и внутренним диаметром 0.25 мм, толщина пленки неподвижной фазы 0.25 мкм. Начальная температура колонки 80°C (выдержка 4 мин); повышение температуры от 80 до 280°C со скоростью 4°C/мин. Выдержка при конечной температуре 10 мин. Газ-носитель – гелий, 1 мл/мин, деление потока 1:10. Температура испарителя 280°C, интерфейса детектора 280°C. Объем пробы 1 мкл. Детектирование проводили методом ионизации электронным ударом в режиме сканирования по полному ионному току в диапазоне 50–900 m/z. Скорость сканирования – 1.76 скан/с, энергия ионизации 70 эВ, температура квадруполя и источника ионов – 150 и 230°C. Идентификацию соединений осуществляли с использованием масс-спектров базы данных NIST/EPA/NIH mass spectral library 2014.

В ходе исследования последовательно проверяли следующие гипотезы, каждая из которых требовала специальной пробоподготовки:

- материал сердечника растительной природы – лен, хлопок или конопля;
- материал сердечника животного происхождения – шелковый или шерстяной.

Растительные волокна (лен, хлопок, конопля) представляют собой целлюлозные волокна, устойчивые к воздействию щелочей, поэтому для определения возможной растительной природы к образцу исследуемых нитей добавляли 3% водный раствор гидроксида натрия и обрабатывали в УЗ-ванне (60°C, 15 мин). В результате щелочной обработки материал сердечника полностью растворился с образованием бесцветного раствора без запаха, что позволило исключить использование в качестве основы для изучаемых золотных нитей волокон на основе целлюлозы.

При проверке гипотезы животного происхождения материала сердечника отдельно выявляли наличие признаков шерстяных или шелковых волокон.

Волокна шерсти обычно содержат значительное количество примесей: около 8–18% шерстяного жира или ланолина и 15% сухого пота, выделяемого сальными и потовыми железами животных. Для исследования «жировых» остатков, которые могли сохраниться на сердечнике из шерстяной нити, к образцу исследуемых нитей (около 30 мг) добавляли 1 мл смеси растворителей (хлороформа-метанола, 2:1) и экстрагировали в УЗ-ванне (60°C, 30 мин). После экстракции растворители отделяли, добавляли 2 мл 2% раствора серной кислоты в метаноле и нагревали при 80°C в течение 3 часов. После охлаждения до комнатной температуры, к реакционной смеси добавляли 3 мл воды и 5 мл эфира и энергично встряхивали в течение 10 мин. Слои разделяли, верхний эфирный слой упаривали при комнатной температуре до сухого остатка. Остаток растворяли в 20 мкл н-гексана и исследовали методом ГХ/МС. В результате проведенного исследования «жировые» остатки не были обнаружены.

Шерстяное волокно состоит из белка кератина [4, с. 543], а шелк – из белка фиброина [5, с. 425]. Белковые волокна чувствительны к воздействию растворов щелочей. Под действием 3–5% раствора щелочи, при нагревании до 90–100°C, шерстяное волокно полностью растворяется, образуя мутный желтый раствор с неприятным запахом. Фиброин шелка под действием 3–5% раствора щелочи при комнатной температуре также растворяется, но образует прозрачный бесцветный раствор без запаха.

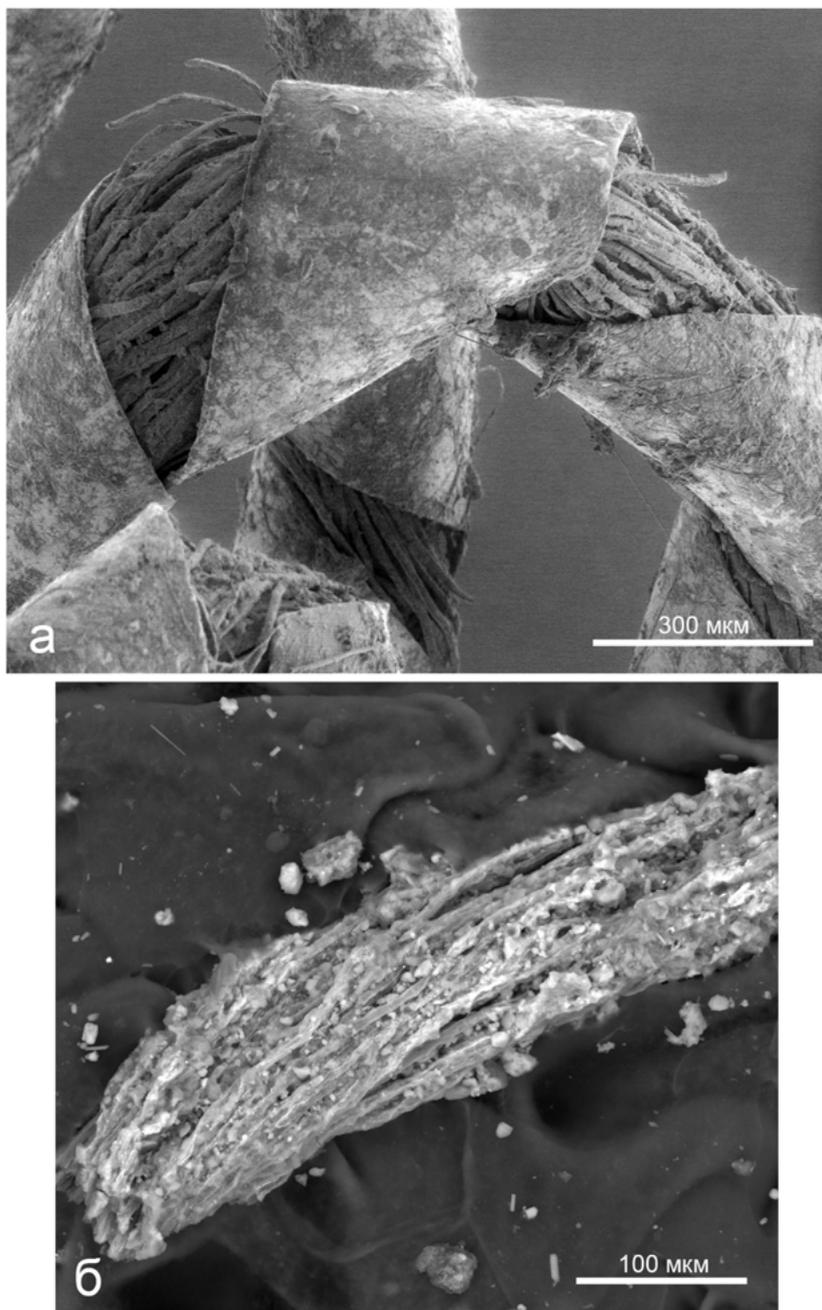
При щелочном гидролизе кератин и фиброин расщепляются по полипептидным связям с образованием аминокислот. В составе аминокислот фиброина шелка свыше 60% составляют глицин и аланин (около 35% глицина и 25% аланина) [5, с. 425]. Кератин шерсти состоит из около 14% глютаминовой кислоты, 10–12% серина и цистина, при этом содержание аланина и глицина составляет около 4 и 7%, соответственно [4, с. 543].

Для определения шерстяной или шелковой природы материала сердечника нитей проводили определение содержания аминокислот. Для этого к образцу, оставшемуся после экстракции органическими растворителями, добавляли 0,5 мл 3% водного раствора гидроксида калия и обрабатывали в ультразвуковой ванне (25°C, 15 мин). Раствор после щелочной обработки подкисляли 10% раствором соляной кислоты до pH=3–4 и упаривали в вакууме (около 1 мм. рт. ст.) на песчаной бане (45–50°C) до сухого остатка. К сухому остатку последовательно прибавляли 0,3 мл

БСТФА (N,O-бис-(триметилсилил) трифторацетамид, «Supelco» кат. № 33024). Реакционную смесь переносили в стеклянный флакон, закрывали крышкой с мембраной из политетрафторэтилена и выдерживали в течение 1 часа при 90°C. После охлаждения до комнатной температуры реакционную смесь центрифугировали (4000 об/мин, 10 мин), а надосадочную жидкость анализировали методом ГХ/МС.

ГХ/МС исследование состава аминокислот сердечника золотных нитей позволило обнаружить следовые количества двух аминокислот – глицина и аланина. Их крайне малое содержание свидетельствует о значительной деградации белкового вещества сердечника в условиях длительного захоронения. Учитывая, что аминокислоты белков со временем подвержены деградации примерно в равной степени, обнаружение только этих двух аминокислот свидетельствует об их преобладании в исходном составе белкового вещества сердечника золотных нитей. Преобладание этих двух аминокислот, по данным литературы, наблюдается только в фиброине шелка [5, с. 425].

Таким образом, по результатам проведенного исследования можно сделать вывод, что сердечник исследуемых золотных нитей изготовлен из шелкового волокна. Это указывает на импортное, вероятно, средиземноморское происхождение золотных нитей, найденных в погребениях на плато Эски-Кермен. Изделия из таких нитей могли привозить в Крым генуэзские купцы. Известно, что в XIV в. различные шелковые ткани были приоритетным товаром в торговле, которую вели итальянцы в Каффе и городах Генуэзской Газарии [2, с. 346].



**Рис. 1. а** – РЭМ-изображение золотных нитей 3 с сердечником.

**б** – РЭМ-изображение сердечника золотных нитей 1

**Fig. 1. a** – SEM image of metal threads no. 3 with a core.

**b** – SEM image of the core of metal threads no. 1

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Додэ З.В. Уникальный шелк с «драконами» из могильника Джухта (Северный Кавказ) // РА. 2005. № 2. С. 138–150.
2. Карпов С.П. Генуэзские и венецианские фактории в Крыму // История Крыма / Ред. А.В. Юрасов. Т. 1. М.: Кучково поле, 2017. С. 314–364.
3. Куликова И.С., Пожидаев В.М., Камаев А.В. Продукты окисления жиров – биомаркеры органических остатков на археологической керамике // Окисление, окислительный стресс, антиоксиданты. М.: РУДН, 2019. С. 220–222.
4. Краткая химическая энциклопедия. М.: Советская энциклопедия, 1963. Т. 2. 1088 с.
5. Краткая химическая энциклопедия. М.: Советская энциклопедия, 1967. Т. 5. 1184 с.
6. Крупа Т.Н. Исследование костюма золотоордынского времени из кургана 2 группы Токовские могилы // Степи Европы в эпоху средневековья / Ред. А.В. Евглевский. Т. 6. Донецк, 2008. С. 215–268.
7. Лантарова О.Б., Голиков В.П., Орфинская О.В., Владимирова О.Ф., Егоров В.Л. Исследование уникальных археологических памятников из собрания Государственного исторического музея – комплексов одежд XIII–XIV вв. М.: ГИМ, 2002. 237 с.
8. Лурье И., Ляпунова К., Матье М., Пиотровский Б., Флитнер Н. Очерки по истории техники Древнего Востока. М., Л.: Изд-во АН СССР, 1940. 352 с.
9. Орфинская О.В. Текстильные находки с Селитренного и Водянского городищ (раскопки Поволжской экспедиции 1974 и 1981 гг.) // Диалог городской и степной культур на евразийском пространстве. Материалы V Международной конференции, посвященной памяти Г.А. Федорова-Давыдова. Казань, Астрахань, 2011. С. 235–240.
10. Орфинская О.В., Энгватова А.В., Голиков В.П. Исследования и реконструкция деталей костюма из погребений домонгольского времени из некрополей Дмитровского кремля // Археология Подмосковья: Материалы научного семинара. Вып. 6. М.: Институт археологии РАН, 2010. С. 130–138.
11. Перен П., Галлиен В. Погребение королевы Арегонды (Арнегунды) в аббатстве Сен-Дени (основные итоги исследований органических остатков, обнаруженных в 2003 г.) // Археологический сборник. СПб.: Изд-во Гос. Эрмитажа, 2013. Вып. 39. С. 267–279.
12. Пожидаев В.М., Лобода А.Ю., Камаев А.В., Яцишина Е.Б. Исследование древесины гребня для волос из раскопок городища на плато Эски-Кермен // МАИЭТ. 2020. Вып. XXV. С. 313–321.
13. Яковчик М.С. Текстильные изделия с золотными нитями на территории Древней Руси X – начала XI вв. // *Stratum plus*. 2017. № 5. С. 347–358.
14. Andreotti A., Bonaduce I., Colombini M.P., Gautier G., Modugno F., Ribechini E. Combined GC/MS analytical procedure for the characterization of glycerolipid, waxy, resinous, and proteinaceous materials in a unique paint microsample // *Analytical Chemistry*. 2006. 78. P. 4490–4500.
15. Colombini M.P., Modugno F., Fuoco R., Tognazzi A. A GC-MS study on the deterioration of lipidic paint binders // *Microchemical Journal*. 2002. 73. P. 175–185.
16. France-Lanord A. La fouille en laboratoire. Méthodes et résultats // *Dossiers de l'archéologie*. 1979. No. 32. P. 66–91.
17. Karatzani A. Metal threads: the historical development // *Textiles and Dress in Greece and the Roman East: a Technological and Social Approach*. Athens: Ta Pragmata Publ., 2012. P. 55–65.
18. Karatzani A., Rehren T. Clothes of gold: metal threads in Byzantine-Greek orthodox ecclesiastical textiles // *Proceedings ISA*. 2006. P. 444.09–444.19.
19. Loboda A.Yu., Antipenko A.V., Mandrykina A.V., Khairedinova E.A., Tereschenko E.Yu., Aibabin A.I., Yatsishina E.B. Electron microscopic study of metal threads from a slab grave on the Eski-Kermen plateau // *Nanobiotechnology reports*. 2021. Vol. 16, No. 5. P. 590–596.
20. Roche-Bernard G. Costumes et textiles en Gaule romaine. Paris: Edition Errance, 1993. 175 p.

## REFERENCES

1. Dode Z.V. Unique silk textile with “dragons” from the cemetery Dzhukhta (North Caucasus). *Rossiiskaia arheologiya* [Russian archeology], 2005, no. 2, pp. 138–150.

2. Karpov S.P. Genoese and Venetian trading posts in Crimea. Iurasov A.V. (ed.), *Istoriia Kryma* [History of Crimea], vol. 1, Moscow, Kuchkovo pole Publ., 2017, pp. 314–364.
3. Kulikova I.S., Pozhidaev V.M., Kamaev A.V. Fat oxidation products – biomarkers of organic residues on archaeological ceramics. *Okislenie, okislitel'nyi stress, antioksidanty* [Oxidation, oxidative stress, antioxidants], Moscow, RUDN Publ., 2019, pp. 220–222.
4. *Kratkaia khimicheskaiia entsiklopediia* [Brief chemical encyclopedia]. Vol. 2, Moscow, Sovetskaia entsiklopediia Publ., 1963, 1088 p.
5. *Kratkaia khimicheskaiia entsiklopediia* [Brief chemical encyclopedia]. Vol. 5, Moscow, Sovetskaia entsiklopediia Publ., 1967, 1184 p.
6. Krupa T.N. Investigation of the costume of the Golden Horde time from the mound of the 2nd group Tokovskie graves. Evglevskii A.V. (ed.), *Stepi Evropy v epokhu srednevekov'ia* [The steppes of Europe in the Middle Ages], vol. 6, Donetsk, 2008, pp. 215–268.
7. Lantarova O.B., Golikov V.P., Orfinskaia O.V., Vladimirova O.F., Egorov V.L. *Issledovanie unikal'nykh arkheologicheskikh pamiatnikov iz sobraniia Gosudarstvennogo istoricheskogo muzeia – kompleksov odezhd XIII–XIV vv.* [Research of unique archaeological monuments from the collection of the State Historical Museum – complexes of clothes of the 13th–14th centuries]. Moscow, Gos. istoricheskii muzey Publ., 2002, 237 p.
8. Lur'e I., Liapunova K., Mat'e M., Piotrovskii B., Flitner N. *Ocherki po istorii tekhniki Drevnego Vostoka* [Essays on the history of technology of the Ancient East]. Moscow, Leningrad, Akademiia nauk SSSR Publ., 1940, 352 p.
9. Orfinskaia O.V. Textile finds from Selitrenny and Vodyansky settlements (excavations of the Volga expedition in 1974 and 1981). *Dialog gorodskoi i stepnoi kul'tur na evraziiskom prostranstve. Materialy V Mezhdunarodnoi konferentsii, posviashchennoi pamiati G.A. Fedorova-Davydova* [Dialogue between urban and steppe cultures in the Eurasian space. Materials in the International conference dedicated to the memory of G.A. Fedorov-Davydov], Kazan, Astrakhan, 2011, pp. 235–240.
10. Orfinskaia O.V., Engovatova A.V., Golikov V.P. Analysis and reconstruction of the garment's elements from the burials of the pre-Mongolian time from the necropolises of the Dmitrov Kremlin. *Arkheologiia Podmoskov'ia. Materialy nauchnogo seminara* [Archeology of the Moscow Region: materials of the scientific seminar], vol. 6, Moscow, Institut arkheologii RAN Publ., 2010, pp. 130–138.
11. Peren P., Gallien V. Burial of Queen Aregonda (Arnegunda) in the Abbey of Saint-Denis (main results of research on organic remains discovered in 2003). *Arkheologicheskii sbornik* [Archaeological collection], St.-Petersburg, Ermitazh Publ., 2013, vol. 39, pp. 267–279.
12. Pozhidaev V.M., Loboda A.Iu., Kamaev A.V., Iatsishina E.B. Wood of a hair comb excavated at the ancient town atop Eski-Kermen plateau. *Materialy po arkheologii, istorii i etnografii Tavrii* [Materials in archaeology, history and ethnography of Tauria], 2020, vol. 25, pp. 313–321.
13. Iakovchik M.S. Textiles with golden threads in the Ancient Rus in the 10th – early 11th centuries. *Stratum plus*, 2017, no. 5, pp. 347–358.
14. Andreotti A., Bonaduce I., Colombini M.P., Gautier G., Modugno F., Ribechini E. Combined GC/MS analytical procedure for the characterization of glycerolipid, waxy, resinous, and proteinaceous materials in a unique paint microsample. *Analytical Chemistry*, 2006, 78, pp. 4490–4500.
15. Colombini M.P., Modugno F., Fuoco R., Tognazzi A. A GC-MS study on the deterioration of lipidic paint binders. *Microchemical Journal*, 2002, 73, pp. 175–185.
16. France-Lanord A. La fouille en laboratoire. Méthodes et résultats. *Dossiers de l'archéologie*, 1979, 32, pp. 66–91.
17. Karatzani A. Metal threads: the historical development. *Textiles and dress in Greece and the Roman East: a technological and social approach*, Athens, Ta Pragmata Publ., 2012, pp. 55–65.
18. Karatzani A., Rehren T. Clothes of gold: metal threads in Byzantine-Greek orthodox ecclesiastical textiles. *Proceedings ISA*, 2006, pp. 444.09–444.19.

19. Loboda A.Yu., Antipenko A.V., Mandrykina A.V., Khairedinova E.A., Tereschenko E.Yu., Aibabin A.I., Yatsishina E.B. Electron microscopic study of metal threads from a slab grave on the Eski-Kermen plateau. *Nanobiotechnology reports*, 2021, vol. 16, no. 5, pp. 590–596.
20. Roche-Bernard G. *Costumes et textiles en Gaule romaine*. Paris, Edition Errance, 1993, 175 p.

#### **Информация об авторах**

Пожидаев В. М. – кандидат химических наук, старший научный сотрудник отдела биотехнологий и биоэнергетики Курчатовского комплекса НБИКС-природоподобных технологий НИЦ «Курчатовский институт».

Камаев А. В. – научный сотрудник ресурсного центра «Молбиотех» НИЦ «Курчатовский институт».

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

Терещенко Е. Ю. – кандидат физико-математических наук, заместитель начальника лаборатории естественнонаучных методов в гуманитарных науках НИЦ «Курчатовский институт»; старший научный сотрудник ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН; заместитель заведующего лабораторией ЛЕНМГИ-ИРЕА НИЦ «Курчатовский институт» – ИРЕА, Researcher ID: A-8731-2014.

Хайрединова Э. А. – кандидат исторических наук, заведующая Отделом средневековой археологии Института археологии Крыма РАН, Researcher ID: Y-5905-2019.

Яцишина Е. Б. – кандидат философских наук, заместитель директора, начальник лаборатории естественнонаучных методов в гуманитарных науках НИЦ «Курчатовский институт»; начальник лаборатории ЛЕНМГИ-ИРЕА НИЦ «Курчатовский институт» – ИРЕА, Researcher ID: AAX-1228-2020.

#### **Authors information**

Pozhidaev V. M. – Candidate of Science (Chemistry), Senior Researcher of the NBIKS-Center for nature-like technologies of the National Research Center “Kurchatov Institute”.

Kamaev A. V. – Researcher of the resource center “Molbiotech” of the National Research Center “Kurchatov Institute”.

Loboda A. Yu. – Leading Specialist 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.

Tereschenko E. Yu. – Candidate of Sciences (Physics and Mathematics), Deputy Chief of the Laboratory of natural science methods in the humanities of the National Research Center “Kurchatov Institute”; Senior Researcher of the Federal Research Center “Crystallography and Photonics” RAS; Deputy Head of LENMGI-IREA Laboratory of the NRC “Kurchatov Institute” – IREA, Researcher ID: A-8731-2014.

Khairedinova E. A. – Candidate of Science (History), Head of the mediaeval archaeology department of the Institute of Archaeology of the Crimea RAS, Researcher ID: Y-5905-2019.

Yatsishina E. B. – Candidate of Science (Philosophy), Deputy Director, Head of Laboratory of natural science methods in the humanities of the National Research Center “Kurchatov Institute”; Head of the LENMGI-IREA Laboratory of the NRC “Kurchatov Institute” – IREA, Researcher ID: AAX-1228-2020.