

ВОЗМОЖНОСТИ НЕЙТРОННОЙ ТОМОГРАФИИ В АРХЕОЛОГИИ НА ПРИМЕРЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДРЕВНЕРУССКИХ УКРАШЕНИЙ ИЗ ТВЕРСКОГО КЛАДА 2014 г.

© 2018 г. И.А. Сапрыкина^{1,*}, С.Е. Кичанов^{2,**},
Д.П. Козленко^{2,***}, Е.В. Лукин^{2,****}

¹ Институт археологии РАН, Москва, Россия

² Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия

* E-mail: dolmen200@mail.ru

** E-mail: ekich@nf.jinr.ru

*** E-mail: denk@nf.jinr.ru

**** E-mail: lukin@jinr.ru

Поступила в редакцию 15.12.2016 г.

Отдельные предметы из Тверского клада 2014 г., найденного в ходе раскопок на территории кремля г. Тверь и датированного 1238 г., до начала реставрационных работ были исследованы методом нейтронной томографии. Основной целью было получение данных о внутреннем строении объектов и наличии на них специальных покрытий (чернения, золочения). Исследование выполнено на 14-м канале импульсного высокопоточного реактора ИБР-2 в Лаборатории нейтронной физики им. И.М. Франка Объединенного института ядерных исследований (Дубна). Результаты позволили точно локализовать участки чернения и золочения на браслете, получить детальные данные по технике изготовления лучевого колта. Отмечено, что браслет из состава Тверского клада 2014 г. изготовлен в тех же ювелирных традициях, что и браслет из Тверского клада 1906 г., а колт из состава Тверского клада 2014 г. имеет аналогии в материалах Тереховского клада 1876 г. Предположительно, и браслет, и колт из Тверского клада 2014 г. — продукция киевской мастерской.

Ключевые слова: древнерусские украшения, Тверской клад 2014 г., нейтронная томография и радиография, техника изготовления, киевская ювелирная школа.

DOI: 10.31857/S086960630001631-3

Древнерусские ювелирные изделия — предмет многочисленных и многолетних специальных исследований начиная с первой половины XIX в.; а вещи, найденные в составе кладов, сокрытых в момент трагических событий 1237–1238 гг., — объект наиболее пристального внимания исследователей как один из достоверных источников реконструкции домонгольского периода истории и культуры России. Казалось, что после трудов Б.А. Рыбакова (2015), Г.Ф. Корзухиной (1950, 1954), Т.И. Макаровой (1975, 1986, 2008), Н.В. Жилиной (2010), Л.В. Пекарской (Peckarska, 2011) и других исследователей проблематика древнерусского ювелирного дела представляется исчерпанной.

Однако последние находки кладов в Старой Рязани в 2005 г. (Старая Рязань..., 2014), Торжке в 2010 г. (Малыгин, Сарафанова, 2011), Твери

в 2014 г. (Хохлов, Кунгурцева, 2016) совпали по времени с появлением и внедрением в практику археологических исследований новейших естественнонаучных методов, позволяющих без разрушения или повреждения предмета изучать его внутреннее строение, элементный состав или наличие дефектов в структуре материала. Один из таких методов — нейтронная радиография и томография, основанная на разной степени ослабления интенсивности нейтронного пучка при прохождении через материалы различного химического состава или плотности, что позволяет визуализировать распределение неоднородностей состава или структуры в исследуемых объектах и материалах и получать их виртуальную трехмерную модель для дальнейшего анализа (Kasztovszky et al., 2011; Kichanov et al., 2016).

С целью получения данных о внутреннем строении объектов и наличия на них специальных покрытий (чернения, золочения) было предпринято исследование методом нейтронной томографии двух предметов из состава Тверского клада 2014 г. Результаты этого исследования, выполненные перед началом реставрационных работ, суммируются в данной статье.

В 2014 г. сотрудниками ТНИИР-центра при раскопках в Твери на территории кремля, в здании Реального училища, был найден клад серебряных украшений, время сокрытия которого относится исследователями к концу зимы – началу весны 1238 г. (Хохлов, Кунгурцева, 2016. С. 113). В составе клада – не менее 59 украшений разных типов, сильно фрагментированных: это колты, подвески-рясна, трехбусинные височные кольца, медальоны и бусины от ожерелья, двусторчатый браслет, выполненные в традиционной технике зерни, скани и черни, по аналогиям датируемые XII – первой третью XIII в. (Хохлов, Кунгурцева, 2016. С. 117–122). Предметы довольно сильно пострадали как в результате дальнейшей жизни города на данном участке, так и, видимо, в момент событий 1238 г. Предварительное обследование на бинокулярном микроскопе Zeiss Stemi 2000C ($\times 150$) показало, что на большинстве предметов не сохранилось золочения¹ и чернения, а также оказались утраченными участки гравированного орнамента. Кроме того, отдельные украшения имеют визуальные признаки длительного, но опосредованного воздействия высоких температур (“побежалость” поверхности, характер серебра на сломе; однако следы “течения” металла не зафиксированы)².

Для исследования методом нейтронной радиографии и томографии отобрано два предмета: фрагмент браслета и фрагмент колта (Хохлов, Кунгурцева, 2016. Рис. 10, 2; 20; цв. вклейка). Исследование проводилось на специализированной экспериментальной станции нейтронной томографии и радиографии (Kozlenko et al., 2015), на 14-м канале импульсного высокопоточного ре-

актора ИБР-2 в Лаборатории нейтронной физики им. И.М. Франка Объединенного института ядерных исследований (ОИЯИ). Из-за различной степени ослабления интенсивности нейтронного пучка (Searf, 1992) при прохождении через компоненты разного химического состава или плотности изучаемого объекта можно получить информацию о внутреннем строении исследуемых материалов с пространственным разрешением на микронном уровне (Radiography..., 2005).

Нейтронный пучок сечением 20×20 см формируется системой коллиматоров, для которой значение характеристического параметра L/D (Dinca et al., 2006) равнялось 200. Интегральный поток тепловых нейтронов в позиции образца составляет $\Phi \sim 5.5(2) \times 10^6$ н/см²/с. Нейтронные радиографические изображения получались с помощью детекторной системы на основе сцинтилляционного экрана ⁶LiF/ZnS с регистрацией изображений высокочувствительной видеокамерой на основе CCD-матрицы. Проведение томографических экспериментов обеспечивает система гониометров HUBER с минимальным угловым поворотом 0.02° . Полученные в эксперименте нейтронные изображения корректируются на фоновые шумы детекторной системы и нормализуются на падающий нейтронный пучок с помощью программного пакета ImageJ (Schneider et al., 2012). Томографическая реконструкция из отдельных угловых нейтронных проекций осуществлялась программой H-PITRE (Chen et al., 2012). Для визуализации и анализа получаемых трехмерных данных использовался программный комплекс VGStudio MAX 2.2 фирмы Volume Graphics (Гейдельберг, Германия).

Для исследования внутренней структуры выбранных археологических объектов был проведен ряд нейтронных радиографических экспериментов, результатом которых был набор из 360 угловых радиографических проекций. Время измерения одной проекции – 10 с, а полное время одного томографического эксперимента – около 4 ч. Из полученных наборов проекций была восстановлена виртуальная трехмерная модель для каждого из исследуемых объектов (Lehmann et al., 2014). Полученная трехмерная модель представляет собой массив данных из трехмерных пикселей – вокселей, каждый из которых характеризуется пространственными координатами и определенной величиной градации серого цвета. Размер одного вокселя в восстановленных из томографических данных составлял $53 \times 53 \times 53$ мкм. Градация

¹ Участки золочения реконструировались по данным РФА (XRF). Анализ выполнен Л.А. Пельгуновой (Институт проблем экологии и эволюции РАН им. А.Н. Северцова); результаты исследования химического состава металла предметов из Тверского клада 2014 г. в настоящий момент готовятся к публикации.

² Благодарим сотрудника ИА РАН К.Н. Скворцова, в настоящее время проводящего реставрацию предметов из состава клада, за ценные замечания в процессе обсуждения следов возможного нахождения предметов рядом с источником высоких температур.

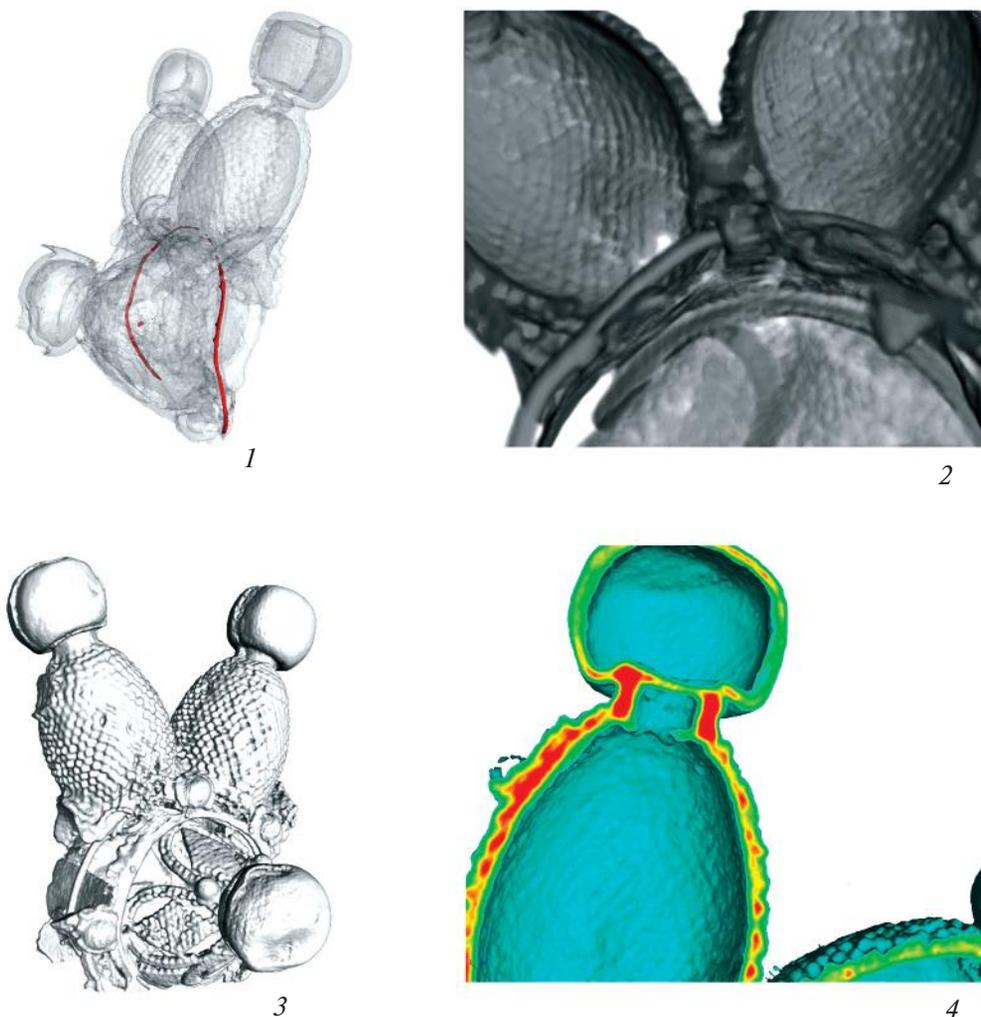


Рис. 1. 3D-модель колта по данным нейтронной томографии. 1 – проволока по внешнему периметру обруча; 2 – система крепежа отдельных лучей колта к проволоке и друг к другу; 3 – боковые лучи и центральная орнаментальная розетка с лучом; 4 – следы использования припоя для соединения отдельных элементов колта.

Fig. 1. 3D model of the kolt based on neutron tomography data

серого цвета соответствует степени ослабления нейтронного пучка в определенной пространственной точке образца.

Фрагмент лучевого (звездчатого) колта отличается от имеющихся в составе клада как размером (авторы находки дают реконструируемые размеры – 52×56 мм), так и сохранностью. Колт относится к украшениям 1-й группы (Жилина, 2010. С. 114. Рис. 59, 16), по форме лучей и стилистическим особенностям оформления близок к парным колтам киевской работы первой половины XII в. из состава Тереховского клада 1876 г. (Клады..., 2015. С. 47. Рис. 78, 77).

Виртуальная трехмерная модель исследуемого объекта, полученная после томографического восстановления из отдельных нейтронных про-

екций, позволяет визуализировать как участки сборки отдельных деталей, так и внутренние элементы крепежа конструкции колта.

Видно, что в качестве основного крепежного элемента использовался высокий обруч (“барабан”) с отогнутыми наружу краями, к которым крепились (паялись) элементы орнаментальной розетки центрального медальона с лучом (лицевая сторона) и крышкой (оборотная сторона). Для обруча использована достаточно тонкая пластина металла, края которой соединены друг с другом внахлест. Жесткость конструкции обеспечивает проволока, пущенная по всему внешнему периметру обруча (рис. 1, 1); устойчивость конструкции придают и боковые лучи колта, особыми “ушками” прикрепленные к проволо-

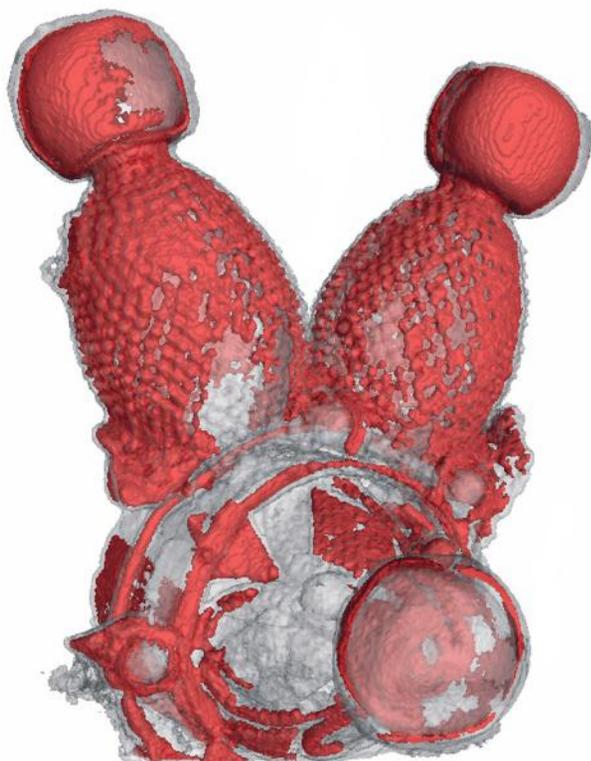


Рис. 2. Участки с другим элементарным составом на поверхности колта.

Fig. 2. Areas with a different elemental composition on the kolt surface

ке и соединенными с краями обруча (рис. 1, 2). Для изготовления боковых лучей, по всей видимости, использовалось четыре элемента, полученных тиснением на матрице. По всей видимости, орнаментальная розетка центрального медальона с лучом, как и крышка, собрана из отдельных деталей: основной части с вырезанными “пазами” для вставки зерненных элементов, обрамленных рифленой проволокой (рис. 1, 3).

На участках соединения двух тисненных половинок лучей колта хорошо читаются участки припоя (рис. 1, 4), элементный состав которого пока не определен. Видно, что наибольшая его концентрация расположена на небольшой по размеру “шейке” (участку наибольшего напряжения конструкции). Также удалось зафиксировать использование пайки для соединения между собой отдельных лучей колта – эта пайка выполнялась на внутренней стороне, на внешней стороне она не видна (рис. 1; 2). Показательно отличие по плотности участков с зернью от материала самого колта (рис. 2) – вероятно, эти данные указывают на различия в химическом



1



2

Рис. 3. Браслет с участками золочения, выделенными темным (1), и чернения (2) – серый цвет фона внутри арок.

Fig. 3. Bracelet with gilding areas, highlighted by dark (1), and niello (2) – gray background inside the arches

составе металла зерни и припоя от металла основных деталей украшения.

Второй объект исследования, *фрагмент широкого двустворчатого браслета*, до начала реставрационных работ представлял собой плохо сохра-

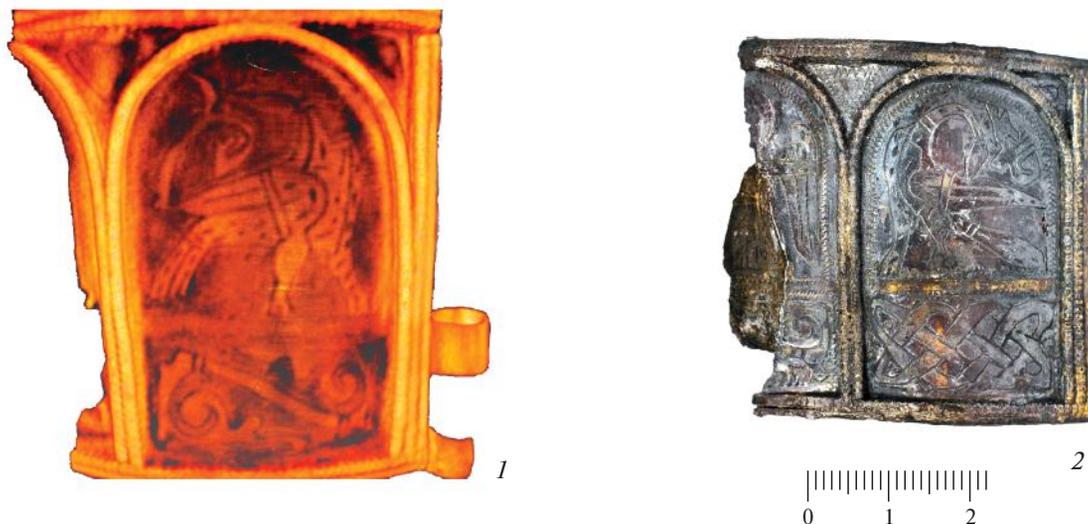


Рис. 4. Реконструкция внешнего вида браслета по данным нейтронной томографии (1) и общий вид его фрагмента после расчистки (2).

Fig. 4. Reconstruction of the outer appearance of the bracelet based on neutron tomography data (1) and the general view of its fragment after cleaning (2)

нившуюся плоскость между арками, со следами, которые могут быть интерпретированы и как разметка под гравировку, и как остаток сильно пострадавшего декора. На поверхности ни при микроскопическом обследовании, ни по результатам РФА-анализа остатки золочения не зафиксированы; участки с чернением также не определялись.

В результате экспериментов по нейтронной томографии удалось получить данные о наличии золочения и размещении этих участков на арках и рифленых проволоках, пущенных по краю браслета, а также, вероятно, на застежках (рис. 3, 1). Остатки чернения расположены на всех орнаментальных зонах браслета: в нижнем и верхнем полях, в пространстве между арками. Хорошо видно, что гравированный орнамент полностью закончен и не требует доработки (рис. 3, 2).

Методами нейтронной томографии удалось выявить участки позолоты и чернения на плоскости этого браслета (рис. 4, 1). Судя по полученным данным, исследуемый фрагмент широкого двустворчатого браслета выполнен в аналогичной технической и стилистической манере, что и браслет из находки в Твери в 1906 г. (Клады..., 2015. С. 57. Рис. 100). По мнению исследователей, такие браслеты можно отнести к продукции первой киевской мастерской (Макарова, 2008. С. 82, 83. Табл. 33).

Благодаря прекрасной работе реставратора этого клада К.Н. Скворцова можно сопоставить реконструируемое изображение фрагмента

браслета с его реальным видом (рис. 4, 2). Это хорошая иллюстрация разрешительной способности метода нейтронной томографии для археологических предметов.

Метод нейтронной томографии, как наглядно показано, хорошо работает для тонкостенных предметов и образцов с разным элементным составом; он позволяет «увидеть» скрытые конструктивные элементы, выявить и зафиксировать, в частности, участки припоя, утраченного рельефа или золочения (чернения). С помощью данного метода для Тверского клада 2014 г. еще до начала реставрационных работ удалось установить присутствие предметов, относящихся к наиболее ранним образцам продукции первой киевской мастерской, что ставит Тверской клад 2014 г. в один ряд с другими уникальными и богатейшими по составу кладами домонгольского времени — Тверским кладом 1906 г. и Тереховским кладом 1876 г. Браслет из клада 2014 г. по характеру исполнения орнаментальных мотивов, глубине и точности гравировки, использованию определенных типов арок-разделителей, участков нанесения позолоты и чернения крайне близок манере мастера, изготовившего известный створчатый браслет с языческими сценами из клада 1906 г.; вероятно, дальнейший анализ этих браслетов позволит точнее установить авторство украшения из клада 2014 г.

Выражаем искреннюю признательность авторам находки Тверского клада 2014 г., А.Н. Хох-

лову и С.А. Кунгурцевой, за любезно предоставленную возможность работы с предметами из составаклада.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Жилина Н.В.* Зернь и скань Древней Руси. М.: ИА РАН, 2010. 260 с.
- Клады Древней Руси в собрании Русского музея. СПб.: Palace Editions, 2015 (Альманах / Русский музей; вып. 457). 95 с.
- Корзухина Г.Ф.* Киевские ювелиры накануне монгольского завоевания // СА. 1950. № 14. С. 217–244.
- Корзухина Г.Ф.* Русские клады IX–XIII вв. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1954. 158 с.
- Макарова Т.И.* Перегородчатые эмали Древней Руси. М.: Наука, 1975. 134 с.
- Макарова Т.И.* Черное дело Древней Руси. М.: Наука, 1986. 156 с.
- Макарова Т.И.* Чернь в драгоценном уборе Древней Руси // Жилина Н.В., Макарова Т.И. Древнерусский драгоценный убор – сплав влияний и традиций. IX–XIII вв.: Художественные стили и ремесленные школы. М.: ИА РАН, 2008. С. 62–98.
- Малыгин П.Д., Сарафанова Н.А.* Новоторжский клад // Природа. 2011. № 6. С. 41–43.
- Рыбаков Б.А.* Ремесло Древней Руси. М.: Акад. проект: Культура, 2015. 715 с.
- Старая Рязань. Клад 2005 года / Ред. А.В. Чернецов. СПб.; М.: Нестор-История, 2014. 104 с.
- Хохлов А.Н., Кунгурцева С.А.* Тверской клад 2014 года (предварительная публикация) // Тверь, Тверская земля и сопредельные территории в эпоху средневековья. Вып. 9 / Ред. А.Н. Хохлов. Тверь: ТНИИР-Центр, 2016. С. 113–123.
- Chen R.C., Dreossi D., Mancini L., Menk R., Rigon L., Xiao T.Q., Longo R.* PITRE: software for phase-sensitive X-ray image processing and tomography reconstruction // J. of Synchrotron Radiation. 2012. V. 19. P. 836–845.
- Dinca M., Pavelescu M.* Calculus for a neutron imaging system based on a CCD camera // Romanian J. of Physics. 2006. V. 51. № 3–4. P. 363–370.
- Kasztovszky Z., Belgya T., Kis Z., Szentmiklosi L.* New developments in neutron radiography // Nuclear Techniques for Cultural Heritage Research. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2011 (IAEA Radiation Technology Series; № 2). P. 121–128.
- Kichanov S., Kozlenko D., Lukin E., Rutkauskas A., Savenko B.* Neutron radiography and tomography facility on the reactor IBR-2: applied research // Abstract Book of 8th Intern. Topical Meeting on Neutron Radiography. Beijing: Peking Univ., 2016. P. 43.
- Kozlenko D.P., Kichanov S.E., Lukin E.V., Rutkauskas A.V., Bokuchava G.D., Savenko B.N., Pakhnevich A.V., Rozanov A.Yu.* Neutron Radiography Facility at IBR-2 High Flux Pulsed Reactor: First Results // Physics Procedia. 2015. V. 69. P. 87–91.
- Lehmann E.H., Kaestner A., Gruenzweig C., Mannes D., Vontobel P., Peetermans S.* Materials research and non-destructive testing using neutron tomography methods // International Journal of materials research. 2014. V. 105. Iss. 7. P. 664–670.
- Pekarska L.* Jewellery of Princely Kiev. The Kiev Hoards in the British Museum and the Metropolitan Museum of Art and Related Material. Mainz; L.: Römisch-Germanisches Zentralmuseum, 2011 (Römisch-Germanisches Zentralmuseum; 92). 262 p.
- Radiography of Cultural Material. 2nd ed. / Eds A. Middleton, J. Lang. Oxford: Routledge, 2005. 208 p.
- Schneider C.A., Rasband W.S., Eliceiri K.W.* NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis // Nature Methods. 2012. 9 (7). P. 671–675.
- Searf V.F.* Neutron scattering lengths and cross sections // Neutron News. 1992. V. 3. № 3. P. 29–37.

THE CAPABILITIES OF NEUTRON TOMOGRAPHY IN ARCHAEOLOGY ON AN EXAMPLE OF THE STUDY OF OLD RUSSIAN JEWELRY FROM THE TVER HOARD OF 2014

Irina A. Saprykina^{1,*}, Sergey E. Kichanov^{2,},
Denis P. Kozlenko^{2,***}, Evgeniy V. Lukin^{2,****}**

¹ Institute of Archaeology RAS, Moscow, Russia

² Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia

* E-mail: dolmen200@mail.ru

** E-mail: ekich@nf.jinr.ru

*** E-mail: denk@nf.jinr.ru

**** E-mail: lukin@jinr.ru

A number of objects from the Tver hoard excavated on the territory of the Tver Kremlin in 2014 and dated back to 1238 AD were studied by means of neutron tomography before the start of restoration work. The main objective of this examination was to obtain data on internal structure of the objects and to determine if there are any special coatings such as gilding or niello. The study was performed on the 14th channel of pulsed high-flux reactor IBR-2

(Pulsed Fast Reactor 2) in Frank Laboratory of Neutron Physics (JINR, Dubna). The results allowed precise localizing the areas of niello and gilding on the bracelet surface and revealing details on the manufacturing technique of a radial kolt. It is noted that the bracelet from the Tver hoard of 2014 was manufactured with the same technique as a bracelet from the Tver hoard of 1906, and the kolt from the Tver hoard of 2014 has analogues in the Terekhovo hoard of 1876. Presumably, both the bracelet and the kolt from the Tver hoard of 2014 were manufactured by one of Kiev workshops.

Keywords: Old Russian jewelry, the Tver hoard of 2014, neutron tomography and radiography, the manufacturing technique, the Kiev school of jewellery.

REFERENCES

- Chen R.C., Dreossi D., Mancini L., Menk R., Rigon L., Xiao T.Q., Longo R., 2012. PITRE: software for phase-sensitive X-ray image processing and tomography reconstruction. *Journal of Synchrotron Radiation*, 19, pp. 836–845.
- Dinca M., Pavelescu M., 2006. Calculus for a neutron imaging system based on a CCD camera. *Romanian Journal of Physics*, vol. 51, № 3–4, pp. 363–370.
- Kasztovszky Z., Belgya T., Kis Z., Szentmiklosi L., 2011. New developments in neutron radiography. *Nuclear Techniques for Cultural Heritage Research*. Vienna: International Atomic Energy Agency, pp. 121–128. (IAEA Radiation Technology Series, 2).
- Khokhlov A.N., Kungurtseva S.A., 2016. The Tver hoard of 2014 (preliminary publication). *Tver', Tverskaya zemlya i sopredel'nye territorii v epokhu srednevekov'ya [Tver, Tver region and the adjacent territories in the Middle Ages]*, 9. A.N. Khokhlov, ed. Tver': TNIIR-Ts, pp. 113–123. (In Russ.)
- Kichanov S., Kozlenko D., Lukin E., Rutkauskas A., Savenko B., 2016. Neutron radiography and tomography facility on the reactor IBR-2: applied research. *Abstract Book of 8th Intern. Topical Meeting on Neutron Radiography*. Beijing: Peking Univ., p. 43.
- Klady Drevney Rusi v sobranii Russkogo muzeya [The hoards of Ancient Rus in the Russian Museum Collection]. St. Petersburg: Palace Editions, 2015. 95 p. (Al'manakh. Russkiy muzey, 457).
- Korzukhina G.F., 1950. Kiev jewelers on the eve of the Mongol conquest. *Sov. arkheologiya [Sov. Archaeology]*, 14, pp. 217–244. (In Russ.)
- Korzukhina G.F., 1954. Russkie klady IX–XIII vv. [Russian hoards of the 9th–13th centuries]. Moscow; Leningrad: Izd. AN SSSR. 158 p.
- Kozlenko D.P., Kichanov S.E., Lukin E.V., Rutkauskas A.V., Bokuchava G.D., Savenko B.N., Pakhnevich A.V., Rozanov A.Yu., 2015. Neutron Radiography Facility at IBR-2 High Flux Pulsed Reactor: First Results. *Physics Procedia*, 69, pp. 87–91.
- Lehmann E.H., Kaestner A., Gruenzweig C., Mannes D., Vontobel P., Peetermans S., 2014. Materials research and non-destructive testing using neutron tomography methods. *International journal of materials research*, vol. 105, iss. 7, pp. 664–670.
- Makarova T.I., 1975. Peregorodchatye emali Drevney Rusi [Cloisonne enamel of Ancient Rus]. Moscow: Nauka. 134 p.
- Makarova T.I., 1986. Chernevoe delo Drevney Rusi [Niello art of Ancient Rus]. Moscow: Nauka. 156 p.
- Makarova T.I., 2008. Niello in the precious attire of Ancient Rus. Zhilina N.V., Makarova T.I. *Drevnerusskiy dragotsenny ubor – splav vliyaniy i traditsiy. IX–XIII vv.: Khudozhestvennyye stili i remeslennyye shkoly [Precious attire of ancient rus as a fusion of influences and traditions. 9th–13th centuries: artistic styles and craft schools]*. Moscow: IA RAN, pp. 62–98. (In Russ.)
- Malygin P.D., Sarafanova N.A., 2011. New Torzhok Hoard. *Priroda [Priroda /Nature]*, 6, pp. 41–43. (In Russ.)
- Pekarska L., 2011. Jewellery of Princely Kiev. The Kiev Hoards in the British Museum and the Metropolitan Museum of Art and Related Material. Mainz; London: Römisch-Germanisches Zentralmuseum. 262 p. (Römisch-Germanisches Zentralmuseum, 92).
- Radiography of Cultural Material. 2nd ed. A. Middleton, J. Lang, eds. Oxford: Routledge, 2005. 208 p.
- Rybakov B.A., 2015. Remeslo Drevney Rusi [The crafts of Ancient Rus]. Moscow: Akademicheskii proekt: Kul'tura. 715 p.
- Schneider C.A., Rasband W.S., Eliceiri K.W., 2012. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nature Methods*, 9 (7), pp. 671–675.
- Searf V.F., 1992. Neutron scattering lengths and cross sections. *Neutron News*, vol. 3, № 3, pp. 29–37.
- Staraya Ryazan'. Klad 2005 goda [Old Ryazan. The hoard of 2005]. A.V. Chernetsov, ed. St. Petersburg; Moscow: Nestor-Istoriya, 2014. 104 p.
- Zhilina N.V., 2010. Zern' i skan' Drevney Rusi [Granulation and filigree work of Ancient Rus]. Moscow: IA RAN. 260 p.