

Cultural Heritage Research using Neutron Imaging at the IBR-2 Reactor

I.A. Saprykina¹, D.P. Kozlenko², S.E. Kichanov², E.V. Lukin², A.V. Rutkauskas² and
B.N. Savenko²

¹*Institute of Archeology, Russian Academy of Sciences, 117036, Moscow, Russia*

²*Frank Laboratory of Neutron Physics, Joint Institute for Nuclear Research, 141980, Dubna, Russia*

The fundamental difference in a nature of neutrons interaction with matter compared to X-rays provides additional benefits to neutron tomography methods, including sensitivity to light elements, a notable difference in contrast between neighboring elements or isotopes, high penetration effect through metals or heavy elements. All these features make neutron radiography and tomography highly demanded tools with growing range of applications in industry, geophysics, paleontology, archeology and other various fields, included culture heritage investigations.

In our work, the neutron tomography results, 3D structural volume data special analyses of the different archaeological objects are presented. The neutron tomography experiments have been performed at neutron radiography and tomography facility placed on the 14th beamline of the high flux pulsed reactor IBR-2. The tomographic reconstruction was performed by H-PITRE software. The VGStudio MAX 2.2 software of Volume Graphics (Heidelberg, Germany) was used for the visualization and analysis of reconstructed 3D data.

Items of jewelry art of Old Russian time from ancient russian city Tver (Tver hoard of 2014) owere studied with use of this method. We succeed to restore parts of gilding and blackening on a bracelet, what would be impossible by standard means of research. Now we can say that a bracelet from Tver belongs to Kievan Old Russian jewelry school, which traditions ascended to the Byzantine Empire. Analogues of such bracelets can be seen in the museums of Moscow Kremlin, in the Historical and the Russian museums.

The study of a miniature golden incense vial dated I AD and of Medieval encolpion crosses allowed one to detect the presence of an internal filling (for the vial) and as for crosses – the absence of so-called «holy relics» in these peculiar reliquary vessels. The study of the Scandinavian fibula of type IIB with the means of neutron tomography and radiography performed by J. Jansson (1984) had shown that the gilded brass fibula (CuPbZn) bears traces of repair or reuse and also was flattened (so its form was more flattened).

At the same time, the study of Old Russian iron “*boulatiry*” (tool for the sealing) by means of neutron tomography did not provide any information about the presence or absence of traces of images under the corrosion layer on stamp working places. Hence the necessary to repeat experiments and to develop other research approaches.

The studies performed with the means of neutron tomography on the objects of cultural heritage (objects of archaeological heritage) have proved efficiency of this method for analysis of samples made of nonferrous and precious metals. Neutron tomography and radiography allows one to obtain high quality scientific data for thin-walled samples and for samples with different quantitative and qualitative composition and with inner cavities and fillings. All the data obtained is of high significance for future historical and natural-science studies and for choosing of preservation methods of objects of archaeological heritage, for museum exposure and presentation.

Исследования объектов культурного наследия с помощью нейтронной радиографии на реакторе ИБР-2

И.А.Сапрыкина¹, Д.П.Козленко², С.Е.Кичанов², Е.В.Лукин², А.В.Руткаускас², Б.Н.Савенко²

¹*Институт археологии РАН, 117036 Москва, Россия*

²*Объединенный институт ядерных исследований, 141980 Дубна, Россия*

Принципиальное различие в природе взаимодействия нейтронов с веществом по сравнению с рентгеновским излучением определяет дополнительные преимущества метода нейтронной радиографии, включая чувствительность к положениям легких элементов; высокий контраст между элементами, находящимися рядом в таблице Менделеева, или между изотопами; высокое проникновение через металлы. Все эти особенности делают метод нейтронной рентгенографии и томографии востребованным инструментом для исследований в промышленности, геофизике, палеонтологии, археологии и других областях, включая исследования редких предметов культурного наследия.

В докладе представлены результаты, полученные с помощью нейтронной томографии, а также данные анализа трехмерных моделей различных археологических объектов. Эксперименты по нейтронной радиографии и томографии были выполнены на станции нейтронной радиографии и томографии на 14 канале высокопоточного импульсного реактора ИБР-2. Восстановление трехмерной модели из нейтронных данных выполнялось с помощью программного обеспечения H-PITRE. Для визуализации и анализа 3D-данных использовалось программное обеспечение фирмы Volume Graphics VGStudio Max 2.2 (Гейдельберг, Германия).

Этим методом были исследованы древнерусские серебряные украшения из клада, найденного в г. Твери в 2014 г. Основной целью исследования было выявление участков позолоты и чернения, что невозможно было установить другими методами. По результатам проведенного исследования установлено, что браслет из Тверского клада принадлежит к киевской древнерусской ювелирной школе, традиции которой восходят к Византийской империи. Аналогии этому украшению можно видеть в музеях Московского кремля, Историческом и Русском музеях.

Результаты исследования золотого миниатюрного сосудика с благовониями, датированного I в. н.э., и средневековых крестов-энколпионов позволили получить важные данные о наличии внутреннего заполнения (в случае с сосудиком), а в случаях с крестами – об отсутствии т.н. «вложений» в эти своеобразные хранилища священных реликвий. Исследование методом нейтронной томографии и радиографии скандинавской фибулы типа ПВ by J.Jansson (1984) показало, что позолоченная латунная фибула, помимо того, что имеет следы ремонта или повторного использования, была в процессе своего бытования дополнительно раскована (расплющена) так, чтобы ее форма стала более уплощенной.

В то же время, исследование методом нейтронной томографии и радиографии древнерусского железного булатирия не дало результатов о наличии или отсутствии следов изображений под слоем коррозии на ее ударных площадках. Здесь мы можем говорить о необходимости проведения повторных экспериментов и выработке других исследовательских решений.

Проведенные исследования по методу нейтронной томографии и радиографии на объектах культурного наследия (объектах археологического наследия) показали, что метод достоверно работает на образцах, изготовленных из цветных и драгоценных металлов. Нейтронная томография и радиография позволяет получать качественные научные данные

для тонкостенных образцов, образцов с разным количественным и качественным составом, с внутренними полостями и заполнениями. Все полученные данные имеют большую значимость для проведения дальнейших исторических и естественнонаучных исследований, для выбора методов сохранения объектов археологического наследия, для музейного экспонирования и презентации.