

## НЕЙТРОННО-ТОМОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВНУТРЕННЕГО СТРОЕНИЯ НОЖЕВЫХ ИЗДЕЛИЙ, ОБНАРУЖЕННЫХ В КРЕПОСТИ УЗУНДАРА

Юлдашев Б.С.<sup>1</sup>, Ташметов М.Ю.<sup>1</sup>, Исматов Н.Б.<sup>1</sup>, Хакимов Ж.Б.<sup>1</sup>,  
Пидаев Ш.Р.<sup>2</sup>, Шахриёров Ш.Т.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>) Институт ядерной физики Академии наук Республики Узбекистан

<sup>2</sup>) Институт искусствоведения Академии наук Республики Узбекистан

<sup>3</sup>) Национальный Университет Узбекистана им. Мирзо-Улугбека

E-mail: jalilbek008@gmail.com

## NEUTRON-TOMOGRAPHIC STUDY OF THE INTERNAL STRUCTURE OF KNIFE PRODUCTS FOUND IN THE UZUNDARA FORTRESS

Yuldashev B.S.<sup>1</sup>, Tashmetov M.Yu.<sup>1</sup>, Ismatov N.B.<sup>1</sup>, Khakimov J.B.<sup>1</sup>,  
Pidayev Sh.P.<sup>2</sup>, Shakhriyorov Sh. T.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>) Institute of Nuclear Physics of the Academy of Sciences of the Republic  
of Uzbekistan

<sup>2</sup>) Institute of Art Studies of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan

<sup>3</sup>) National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek

This thesis examines the internal structure using neutron tomography of two knife products (of different composition), which were found in the Uzundara. From the received information, the method of their processing when forging an object and internal defects in the material are described.

Известно, что археологические находки дают нам ценную информацию о культуре того периода, образе жизни населения и о том, насколько развиты были наука и техника. Поэтому информация об археологических находках и их изучении имеет большое значение. Одной из таких археологических находок является крепость Узундара, которая датируется III-II веками до нашей эры. Данный крепость была найдена и обследована академиком Э.В. Ртвеладзе в 1991 г [1].

По данном российско-узбекской археологической экспедиции, крепость Узундара которая находится в Байсунском районе Узбекистана, на горе Сусизтаг на высоте 1700 м над уровнем моря, было построена в начале III века до нашей эры и пала после штурма войск кочевников во II веке до нашей эры [2]. В крепости Узундара были найдены металлические изделия таких как луковые стрелы, доспехи, фибулы, ножи, монеты, гвозди, шили и т. д.

Исследование и анализ внутренней структуры некоторых находок (металлический ножи), найденных в крепости Узундара методом нейтронной томографии, были проведены с использованием комплексных программ. В частности, была проведена трехэтапная программная обработка для нейтронной томографии. В этих программах:

– На первом этапе файлы нейтронного томографа в формате TIFF обрабатывались с помощью программы ImageJ. В соответствии с ним были очищены лишние части изображения (томографированного) объекта от так называемых помех и пятен, а также одной из сложных задач, повышение четкости и резкости изображения, которой можно достичь в этой программе.

– На втором этапе файлы TIFF преобразованы в формат TDF с помощью STP (SYRMEP Tomo Project v. 1.2.5). После определения оси вращения и удаления линий (колец) между слоями с помощью «de-stripping (ring removal)» методом «Oimoen, 2000» выполняется конвертация формата TDF обратно в TIFF.

– На третьем этапе с помощью программы Avizo создается трехмерный вид объекта с использованием окончательных файлов TIFF, полученных от программы STP. Затем объект тщательно изучался с использованием нескольких фильтров и операций в программе Avizo. [3]

Один из образцов является бронзовый ножи, найденные в крепости (рис.1). Геометрические размеры бронзового клинка, следующие: длина 16,4 см, толщина в некоторых частях достигает до 0,64 см, а ширина доходит до 3,3 см.

В процессе изучения образца обнаружены небольшие поры. Из 2-ой рисунки видно, что в процессе изготовления ножа образовались не однородные участки в материале. Результаты измерений показали, что размер пор, входящих в состав ножа, составляет в среднем 1,1 – 2,6 мм. Примечательно, что в рукоятке ножа не были обнаружены поры.

На рис.4 показаны разрезы, по которым хорошо видны поры в основном в толстой части ножа. Это означает что при обработке большое внимание уделялось режущей части, а обратная сторона, можно сказать, практически не обрабатывалась, о чем свидетельствует большое количество пор в основном именно в этой части.

1. Двуреченская Н.Д. // Узундара – форпост на краю эллинистической ойкумены. Наука и жизнь Узбекистана 2021 г. №3–4. с. 39.
2. <https://scientificrussia.ru/articles/na-granice-ellinisticeskogo-mira-kak-bylo-postroena-krepost-uzundara#:~:text=%D0%91%D1%8B%D0%BB%D0%BE%20%D1%83%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BE%2C%20%D1%87%D1%82%D0%BE%20%D0%BA%D1%80%D0%B5%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C%20%D0%B1%D1%8B%D0%BB%D0%B0,%D0%B4%D0%BE%20%D0%BD>
3. M.Yu. Tashmetov, B.S. Yuldashev, N.B. Ismatov, J.B. Khakimov. Virtual-three-dimensional image of the object studied by the method of neutron tomography. Modern problems of nuclear energetics and nuclear technologies. Tashkent-2021, pp. 237- 238.