**Нейтронно-томографическое исследование внутреннего строения металлических объектов, обнаруженных в Республике Узбекистан**

**Author:**

*Jalilbek Khakimov*

**Co-authors:**

*Normamat Ismatov, Sergey Kichanov, Irina Saprykina*

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.

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. В крепости Узундара были найдены металлические изделия таких как луковые стрелы, доспехи, фибулы, ножи, монеты, гвозди, шили и т. д.  
Изучение без каких-либо повреждений внутреннюю структуру и строения таких находок является актуальной. В большинстве случаев о находке судят по внешнему виду, орнаментам и формам на ней. Также учитывая внешних воздействии (различных погодных условий), делается вывод о цивилизации того времени исходя из того, что они долгое время и по сей день сохраняли свой первозданный вид. А развитие науки и техники в современную эпоху играет важную роль в изучении таких археологических находок. Основанные на современных технологиях, нейтронная томография и рентгенография, являются эффективным методом исследования объектов без их повреждения. Этот метод основан на поглощении нейтронов веществом, при этом нейтроны проникают в более глубокие слои объекта, поскольку не имеют заряда.  
С помощью данного метода можно определить не только внутреннюю структуру объектов, но и их микроразмеры, наличие пор 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-striping (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.  
После вышеуказанной трехэтапной обработки внутренняя структура образца становится очень четкой при создании трехмерного изображения.