

**С.Е. Кичанов¹, Б.А. Бакиров¹,
В.С. Смирнова¹, И.А. Сапрыкина^{1,2}**

¹Дубна, Объединенный институт ядерных исследований

²Москва, Институт археологии РАН

**Возможности неразрушающих нейтронных методов
в исследованиях археологических объектов и материалов:
десятилетний опыт работ и перспективы сотрудничества**

Общемировым трендом последних лет является активное применение ядерно-физических методов исследований к анализу редчайших археологических и музейных объектов. В Лаборатории нейтронной физики им. И.М. Франка Объединенного института ядерных исследований активно развивается новое направление ядерно-физической археометрии, которое основано на комплексном неразрушающем структурном анализе археологических объектов и материалов культурного наследия. Он включает в себя методы нейтронной радиографии и томографии, нейтронной и рентгеновской дифракции, а также рамановской спектроскопии, что обеспечивает обширные экспериментальные возможности в исследованиях широкого круга археологических объектов. С помощью метода нейтронной радиографии, за счет разной степени ослабления интенсивности нейтронного пучка при прохождении через материалы различного химического состава, плотности и толщины компонентов изучаемого объекта, можно получать информацию о внутреннем строении исследуемых материалов с пространственным разрешением на микронном уровне. Этот метод неразрушающего контроля характеризуется более глубоким проникновением в толщу исследуемого материала по сравнению с комплементарным методом рентгеновской радиографии и обладает преимуществами при исследовании материалов, одновременно содержащих как легкие элементы (например, водород или литий), так и тяжелые, например, железо или медь. Радиография дает двумерную проекцию объекта, для получения трехмерного изображения используется метод томографии, где выполняется объемная реконструкция внутреннего строения исследуемого объекта из набора радиографических проекций, полученных при различных угловых положениях образца относительно направления пучка.

Особенности взаимодействия нейтронов с веществом и высокая проникающая способность нейтронов позволили успешно применить методы нейтронного неразрушающего структурного анализа к исследованиям массивных металлических или керамических археологических материалов. В качестве демонстрации возможностей нейтронных методов, в работе приводятся результаты меж-

дисциплинарных нейтронных структурных исследований широкого круга археологических материалов: от фрагментов керамической посуды до серебряных и золотых украшений. Возраст исследуемых исторических артефактов простирается от 3000 лет до н.э. до средневекового периода истории России. Представлены результаты исследования таких археологических объектов, как монеты Древней Греции и Булгарии, объекты и фрагменты древнерусской утвари, предметы личного благочестия, фрагменты оружия абашевской культуры (III тыс. до н.э.), золотых и серебряных украшений скифских и сарматских племен, керамических фрагментов древних гончарных мастерских, древнеримской мозаики.

Представленные в работе результаты ярко демонстрируют возможности методов нейтронной радиографии и томографии, а также алгоритмов анализа получаемых трехмерных данных, и их роль в идентификации древних технологических приемов изготовления объектов определенных исторических и культурных периодов. Полученная в ходе исследований углубленная информация о строении исследуемого объекта позволяет определить степень сохранности объекта, скрытые дефекты, уточнить технику работы мастера при создании артефакта, выработать оптимальные методы для реставрации. Это важно и для датировки того или иного объекта, уточнения авторства, определения подлинности артефакта.