

Ядерная наука проливает свет на археологию Древнего Рима

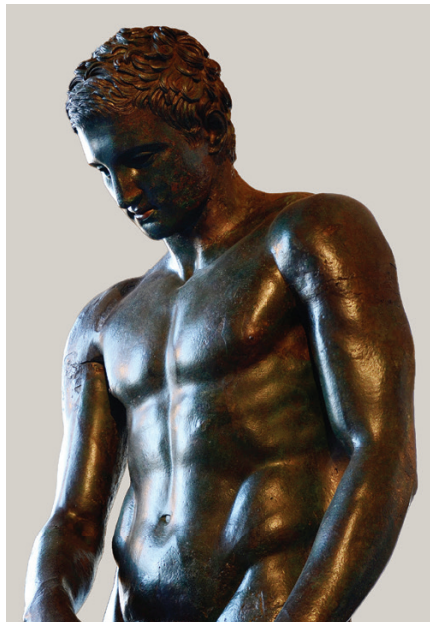
Михаэль Амди Мадсен

В 1996 году бельгийский дайвер Рене Ваутерс сделал уникальную археологическую находку. Исследуя воды на глубине 45 метров у хорватского островка Веле Орюле в Адриатическом море, он обнаружил загадочную древнюю статую из бронзы. Более десятилетия исследователи тщательно изучали статую, чтобы с помощью ядерных методов определить ее возраст, происхождение и даже способ ее создания.

Статуя Апоксиомена изображает соскребающего с себя пот и пыль обнаженного мускулистого атлета. В 1999 году, когда подвергнувшись значительной коррозии статую подняли со дна моря, начался длительный процесс удаления минеральных солей и реставрации. Поскольку изображение Апоксиомена не является чем-то уникальным, то даже после завершения работ в 2005 году для археологов оставалось загадкой место создания статуи — Рим или Древняя Греция. Установить происхождения статуи не представлялось возможным до 2009 года, когда внести некоторую ясность помог ускоритель частиц.

«Для разгадки прошлого Апоксиомена был использован ряд ядерных методов, позволивших лучше определить его структуру на атомном уровне», — говорит Лена Бассель, младший сотрудник по проектам в сфере науки о наследии в МАГАТЭ. Она сотрудничает с экспертами со всего мира в области применения ядерных методов для характеристики артефактов. Бассель ссылается на исследование, опубликованное в 2010 году в журнале «Journal of Archaeological Science» («Журнал археологической науки»), согласно которому исследователи, применившие метод ускорительной масс-спектрометрии для изучения найденных внутри Апоксиомена органических материалов, смогли провести углеродный анализ статуи и датировать ее происхождение периодом между 100 годом до н. э. и 250 годом н. э.

Исследователи применили также методы индуцированного протонами рентгеновского излучения (ИПРИ) на базе ускорителя частиц для определения первоначального состава сплава, а также мультиколлекторной масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой для лучшего понимания изотопного состава свинца в статуе. Изотопы — это особые формы химического элемента, которые различаются по атомной массе и физическим свойствам. Для определения места происхождения того или иного образца, ученые проводят анализ соотношения изотопов свинца в его составе и сопоставляют его с известными характеристиками географических районов. «Они применили аналитические методы, основанные на использовании ускорителей частиц, чтобы выяснить,



Исследователи использовали ядерные методы, чтобы определить возраст, происхождение и способы изготовления статуи Апоксиомена.

(Фото: Вассиль/Викимедиа Коммонс)

происходит ли свинец в статуе из Восточных Альп или Сардинии, и пришли к выводу, что статуя является римской копией греческого оригинала», — говорит Бассель.

Пять лет спустя исследователи вновь изучили Апоксиомена, используя метод ИПРИ с высоким боковым разрешением. Они обнаружили, что инкрустированные губы статуи представляют собой весьма чистую нелегированную медь. Благодаря рентгенографии удалось получить представление о том, каким образом инкрустация была вставлена и закреплена в нужном положении, а также о сложной технике литья и соединения конечностей. Исследователи пришли к выводу, что Апоксиомен совершенно очевидно был копией гораздо более древней статуи — середины IV века до н. э. — и был изготовлен методом непрямого литья по выплавляемой восковой модели с использованием сплава с низким содержанием свинца.

«Методы на основе использования ускорителей частиц играют важную роль в характеристике объектов наследия, и опыт Апоксиомена подсказывает, что зачастую требуется подход, предусматривающий использование нескольких типов анализа. МАГАТЭ способствует развитию этих применений», — говорит Бассель. С 2018 года МАГАТЭ и его государства-члены содействуют использованию ядерных методов в области сохранения наследия — в

прошлом году в целях расширения использования ядерных методов для характеристики и сохранения культурного и природного наследия было установлено стратегическое партнерство с Университетом Париж-Сакле во Франции. В сотрудничестве с МАГАТЭ Университет уделил особое внимание научным исследованиям и разработкам, а также передаче знаний и наилучшей практики экспертам со всего мира.

Римляне со дна Роны

Применение ядерных методов в археологии не ограничиваются целями характеристики — важную роль в сохранении памятников культуры уже давно играет облучение. Как известно, в 1977 году мумия египетского фараона Рамзеса II, возраст которой составляет 3200 лет, была облучена с целью удаления с нее грибов и насекомых, и с тех пор эта технология постоянно используется во многих других проектах.

В 2004 году в реке Рона в Арле, Франция, на глубине менее четырех метров было обнаружено римское судно I века н. э. Дубовая баржа длиной 31 метр, получившая название «Арль-Рона 3», вероятно, затонула в результате ливневого паводка, покрывшего ее тонким слоем глины.

«Глина способствовала сохранению лодки и ценных артефактов на борту, но анаэробные бактерии растворили древесную целлюлозу — ее место заняла вода. В 2011 году, когда исследователи решили поднять судно со дна реки и выставить его в музее, возникла определенная проблема, поскольку по мере высыхания древесина бы разрушилась», — говорит Лоран Кортелла, инженер-исследователь из мастерской «ARC-Nucléart» в Гренобле, специализирующейся на реставрации и сохранении объектов культурного наследия.

В «ARC-Nucléart» нашли решение — древесину погрузили в емкость с полиэтиленгликолем, затем высушили ее сублимацией и части лодки обработали облучением. «Точно так же, как если бы феном сушили клей, реставраторы использовали облучение для затвердевания

радиоотверждаемой смолы и сохранения волокнистой структуры дерева», — говорит Хан Пум Су, специалист МАГАТЭ по радиационной химии, который в рамках программы по сохранению наследия работает над расширением использования радиационных технологий для сохранения объектов материальной культуры. Хан Пум Су оказывает техническую поддержку усилиям, направленным на сохранение объектов материальной культуры по всему миру, и рассказывает о том, что спрос на такие применения растет.

«Сегодня на “Арль-Рону 3” можно посмотреть в находящемся в ведомстве департамента Буш-дю-Рон музее древнего Арля, но чтобы увидеть сохраненные при помощи облучения артефакты, нет необходимости ехать во Францию — такие методы применяются повсеместно», — говорит Хан. Об успешном применении этих методов по всему миру рассказывается в изданной МАГАТЭ в 2017 году публикации «Uses of Ionizing Radiation for Tangible Cultural Heritage Conservation» («Применение ионизирующих излучений для сохранения материальных объектов культурного наследия»). В настоящее время Хан работает над следующей публикацией МАГАТЭ из этой серии, которая будет посвящена положительной практике дезинфекции объектов культурного наследия и архивов с использованием ионизирующего излучения. Ее выпуск намечен на 2023 год.



Сохраненный с помощью ядерных методов древнеримский корабль «Арль-Рона 3» экспонируется в музее древнего Арля департамента Буш-дю-Рон, Франция.

(Фото: Cd13/MdDa/Баржа «Арль-Рона 3» © Реми Бенали)