

Рентгенофлуоресцентный микроскоп-микронзонд

РАМ-30μ



Исследование накладки на ремень конской упряжи средневековых кочевников X-XIII в.в. н.э. из археологических раскопок

РАМ 30-μ - предназначен для исследования объектов методами оптической микроскопии, рентгенографии и локального рентгенофлуоресцентного элементного микроанализа с возможностью элементного картирования. С помощью микроскопа может быть проведено сканирование образца размером до 400 мм по оси Y и неограниченного размера по оси X (максимальный размер сканируемой области 150×150 мм; в случае большей области возможно объединение отсканированных областей в одно изображение) и высотой до 105 мм. Для точного определения области сканирования используют обзорную видеокамеру и два оптических микроскопа с увеличением до 200 крат. Центральный оптический микроскоп с автоматизированной настройкой резкости совмещен с осью микрозонда (с осью рентгеновского пучка). Локальный рентгенофлуоресцентный микроанализ с возможностью элементного картирования и исследования методом рентгенографии возможно проводить как отдельно, так и одновременно. Точность позиционирования объекта исследования 10 мкм. Минимальный диаметр рентгеновского зонда 30 мкм. Диапазон одновременно измеряемых элементов от ^{11}Na до ^{92}U .

Было проведено исследование накладки на ремень богатой конской упряжи средневековых кочевников X-XIII в.в. н.э. из археологических раскопок. Образец



для исследований предоставлены Кургановым Н.С., сотрудником Лаборатории Консервации и реставрации ИИМК РАН.

Предмет исследования был найден в ходе археологических раскопок могильника Байдаг 10, исследованного Тувинской археологической экспедицией ИИМК РАН. Ремни кожаного пояса полностью деградировала в земле, а накладки сохранились очень плохо и покрыты толстым слоем коррозии. В процессе реставрации на поверхности железных накладок был выявлен орнамент из серебряной фольги, покрытой позолотой. Примечателен способ крепления фольги: изначально покрытая ромбическим узором, она была притерта к основанию, а затем пробита насквозь острым инструментом. В результате фольга покрылась дополнительным орнаментом, и, благодаря образовавшимся по краям отверстий заусенцам, прочно держалась на железной основе. В процессе многовекового нахождения в земле великолепный в свое время орнамент оказался скрыт под слоем продуктов коррозии железа, частицами почвы и минерализовавшейся органики. Железо, составляющее основу пряжек, под пластинками серебра полностью минерализовалось. Подробно технология изготовления пряжек и подбор методики реставрации рассмотрен в статье [1].



Рис. 1. Фотография звена ремня кочевника.



На рис.1 представлен внешний вид звена. На рис.2 представлены выделенная область сканирования. На рис. 3-12 представлено элементное картирование выделенной области исследуемого образца. На рис.13 приведено изображение фрагмент накладки до и после реставрации.



Рис. 2. Звено ремня. Красным выделена область сканирования.

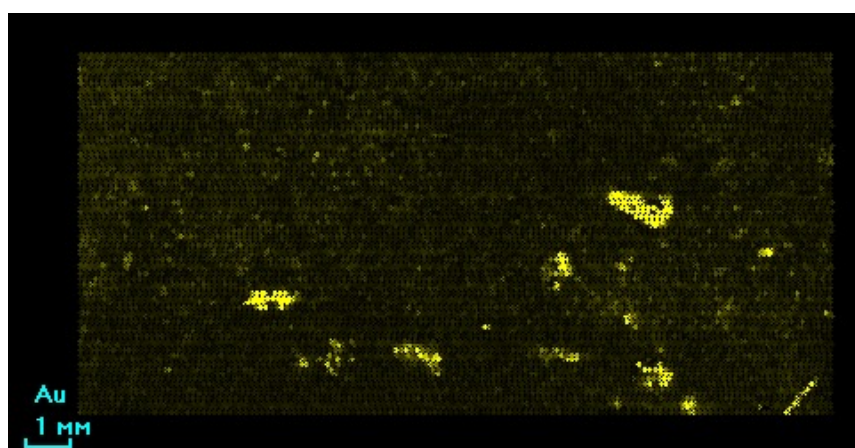


Рис. 3 Распределение золота.

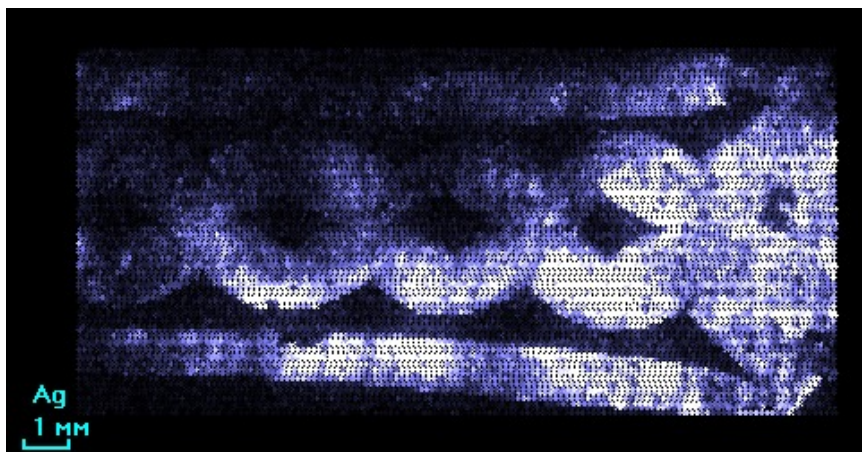


Рис. 4 Распределение серебра.

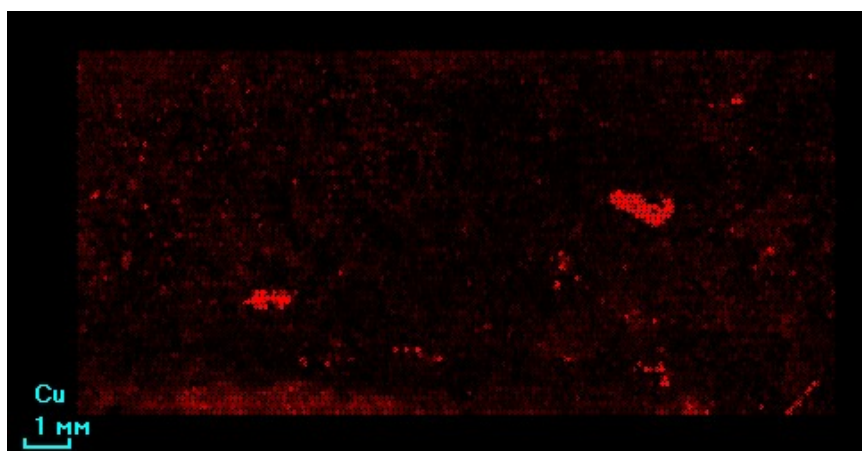


Рис. 5 Распределение меди.

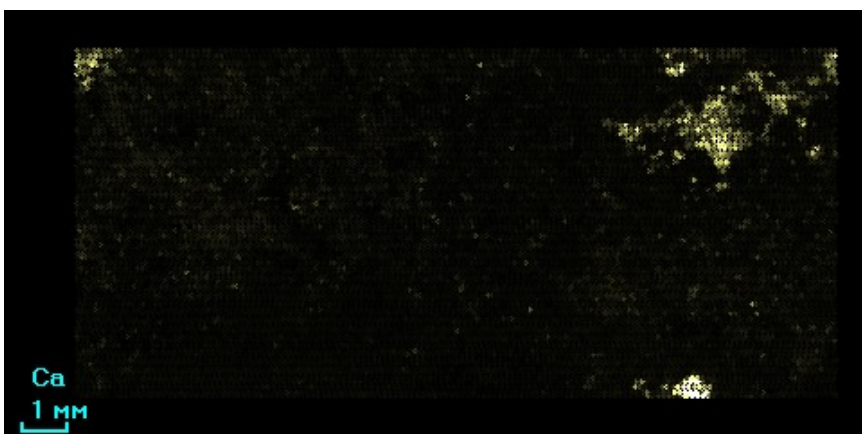


Рис. 6 Распределение кальция.

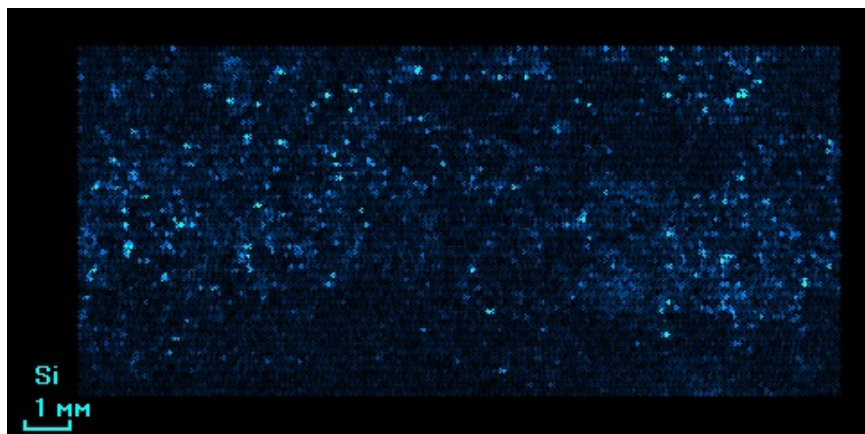


Рис. 7 Распределение кремния.

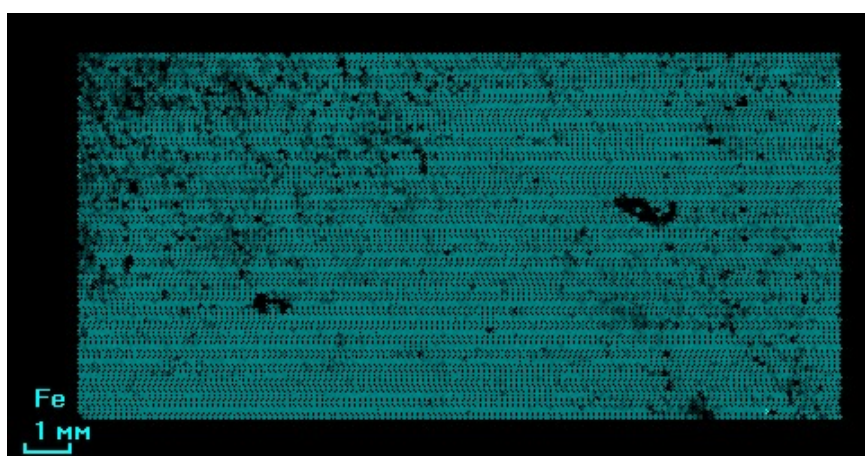


Рис. 8 Распределение железа.

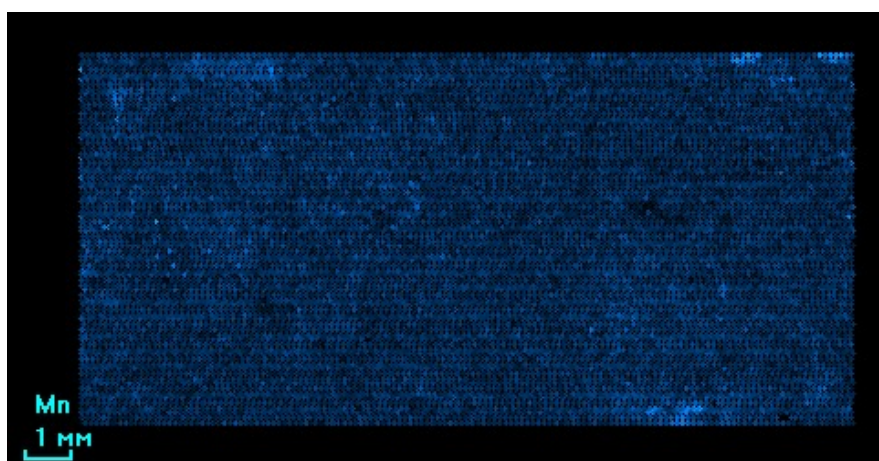


Рис. 9 Распределение марганца.

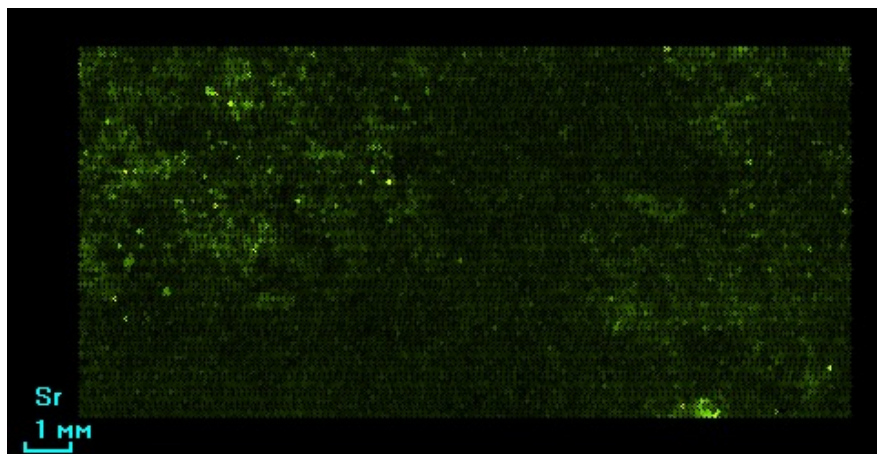


Рис. 10 Распределение стронция.

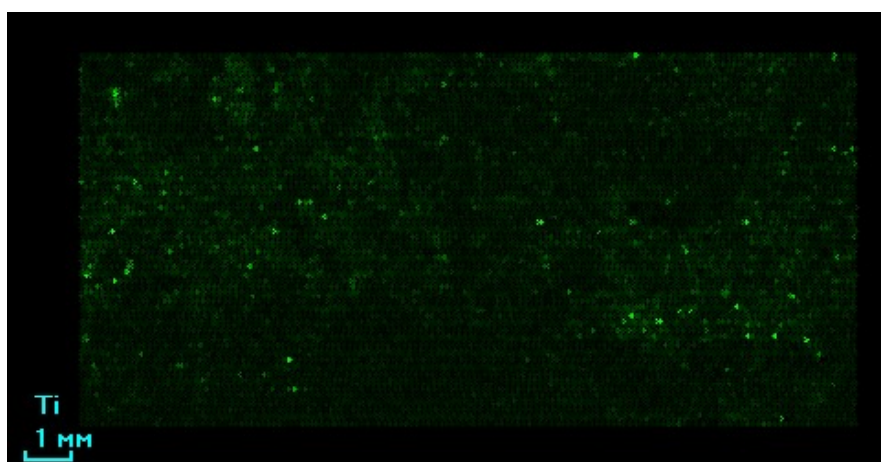


Рис. 11 Распределение титана.

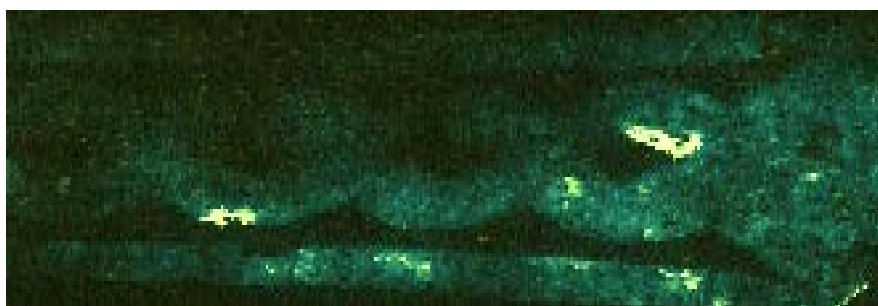


Рис. 12 Распределение серебра (зеленое) и золота (желтое).



Рис.13 Накладка на ремни упряжи. Справа — слои минерализованного железа полностью скрывают орнамент. Слева — реставрационное раскрытие инкрустации.

Интерпретация результатов.

Анализ карт распределения элементов дает возможность определить границы невидимого невооруженным глазом декора. Это происходит благодаря тому, что слои коррозии в некоторой степени прозрачны для рентгеновского излучения. Так на карте распределения железа (рис. 11) присутствие орнамента не заметно, поскольку орнамент скрыт слоями минерализованного железа, что очевидно и при визуальном обследовании. Но уже по картограмме распределения серебра (рис. 4) хорошо идентифицируются границы декора благородным металлом на железе. Это инкрустация серебряной фольгой по железному основанию. Разрешение микроскопа позволяет частично увидеть следы от своеобразного способа крепления серебряной фольги к железной основе. Это небольшие точки, распределенные по поверхности серебра (рис. 4), следы отверстий, пробитых чеканом через серебряную фольгу. После каждого удара фольга вминалась в железо и закреплялась таким образом на пряжке. На изображении после реставрационного раскрытия эти отверстия хорошо видны.



Картирование других элементов также дает значимую информацию. Во-первых, на поверхности фольги присутствует золото (рис. 3). Его небольшое количество не равномерно распределено по поверхности. Для лучшего понимания локальное распределение позолоты по орнаменту хорошо представлено на совмещенной карте золото-серебро (рис. 11). Серебряная фольга, по-видимому, была позолочена, чтобы сделать визуально орнаментацию золотистого цвета, что мы видим после раскрытия. Для реставрации определить не только наличие орнамента, но и следы позолоты до начала работ по раскрытию имеет большое значение. Ведь тончайшая позолота, тем более сохранившаяся неравномерно, если ее заранее не заметить, может быть повреждена при раскрытии. Во-вторых, присутствие меди (рис. 5) может быть ассоциировано с золотом, использованном в качестве сырья для позолоты. В-третьих, распределение кальция и кремния (рис. 6,7), можно отнести к загрязнениям из почвы, поскольку предмет имеет археологическое происхождение. К случайным примесям можно отнести и остальные элементы.

Выводы

Микроскоп-микронзонд РАМ-30 μ позволяет проводить элементных анализ и элементное картирование различных археологических объектов без их разрушения. Получаемая при этом информация исключительно полезна при проведении реставрационных работе таких объектов.

Метод рентгенофлуоресцентного картирования дает возможности получения карт элементного распределения, которые могут рассказать о технико-технологических особенностях археологических предметов из металла, составов сплава основы и декора. Очень важно, что в ходе эксперимента удалось показать применимость метода для выявления невидимого на поверхности орнамента еще до реставрационного вмешательства. Поскольку метод является неразрушающим, то это было сделано без какого-либо вреда и без внесения изменений в материальную структуру объекта.



Получение подобной информации другими методами практически невозможно. Рентгенографические исследования затруднительны, вследствие большой толщины исследуемых объектов. Электронная микроскопия не позволяет получить элементное картирование объекта, покрытого толстым слоем коррозии, почвы и минерализовавшейся органики из-за низкой проникающей способности электронов.

1. Прокуратов Д.С., Парфенов Вад.А., Курганов Н.С., Горлов К.В., Григорьева И.А., Урюпов С.О., Применение лазерных технологий в задаче реставрации археологического металла // Материалы Конференции "Научный Форум с международным участием «Неделя науки СПбПУ» Санкт-Петербург, 30 ноября-05 декабря 2015 г., 2015 год, с. 112-114