

## Рентгенофлуоресцентный микроскоп-микронзонд

**РАМ-30 $\mu$**



### Исследование древней иконы

**РАМ 30- $\mu$**  - 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 микронзонда (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  $^{11}\text{Na}$  до  $^{92}\text{U}$ .

Для исследования была предоставлена древняя икона. Изображение выполнено на деревянной доске толщиной около 20 мм (рис. 1). Полученные результаты представлены на рис. 2-16.

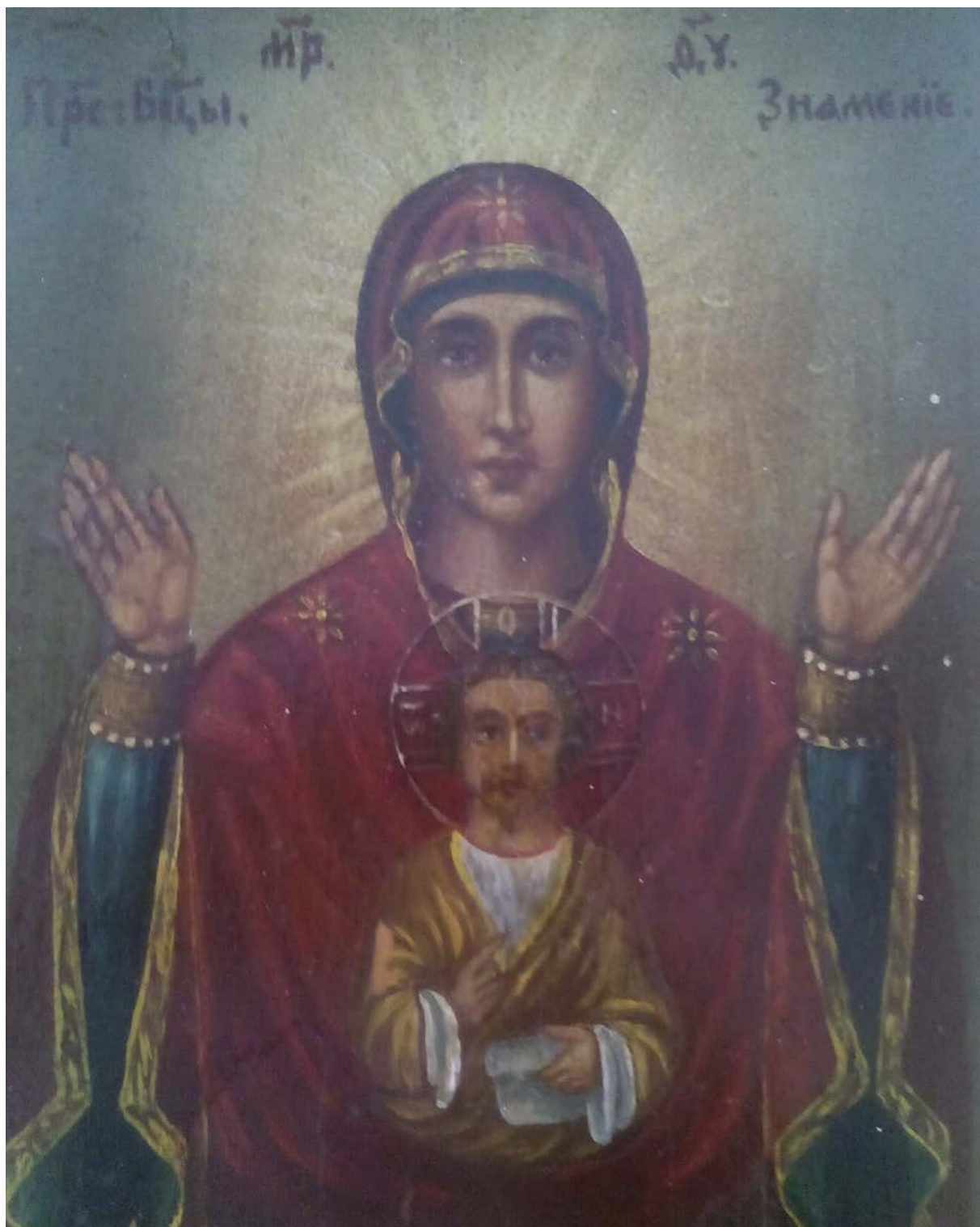


Рис. 1. Фотография иконы.

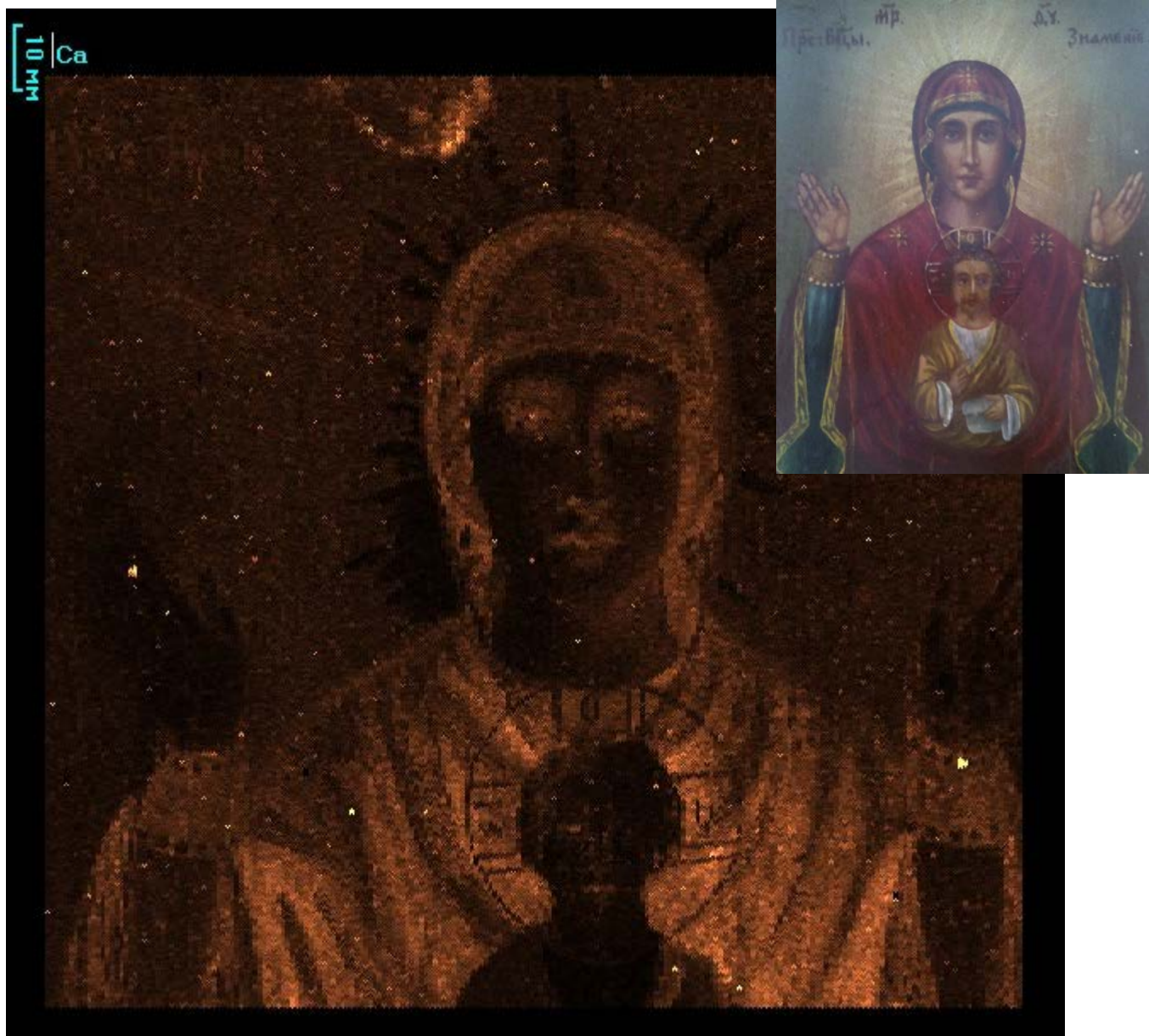


Рис. 2. Распределение интенсивностей кальция.



Рис. 3. Распределение интенсивностей бария.



Рис. 4. Распределение интенсивностей ртути.



Рис. 5. Распределение интенсивностей свинца.

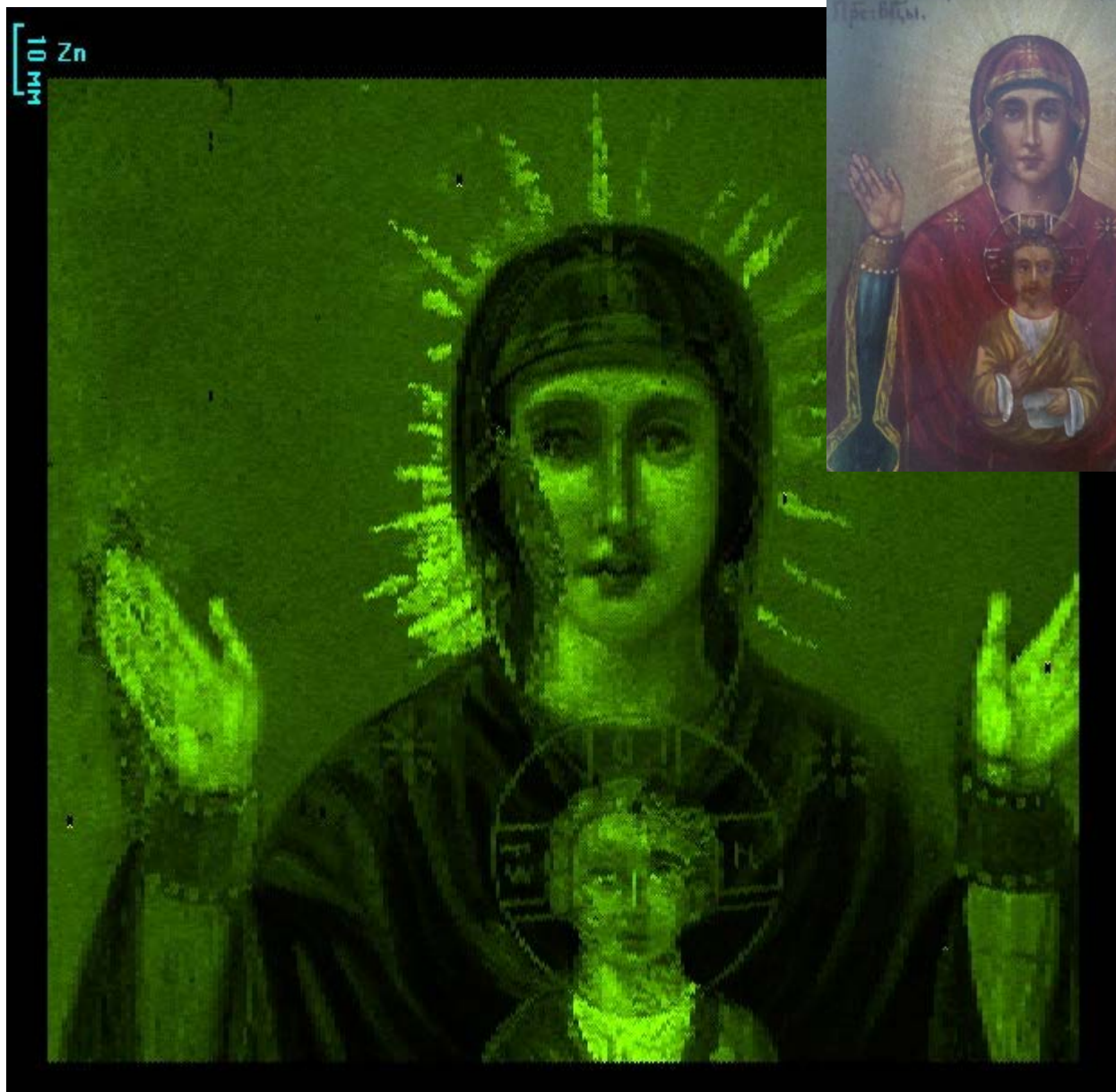


Рис. 6. Распределение интенсивностей цинка.

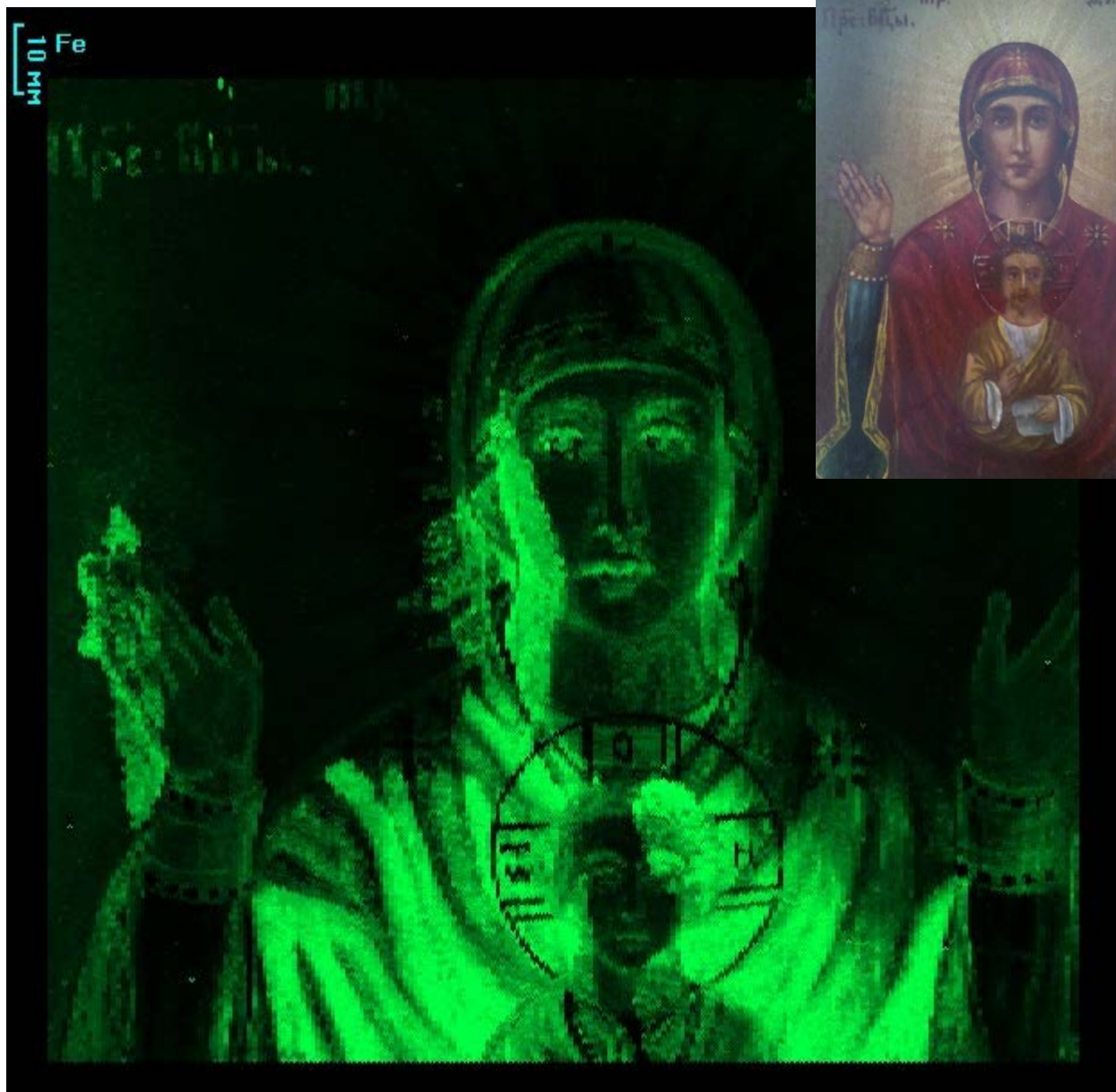


Рис. 7. Распределение интенсивностей железа.



Рис. 8. Распределение интенсивностей марганца.



Рис. 9. Распределение интенсивностей хрома.



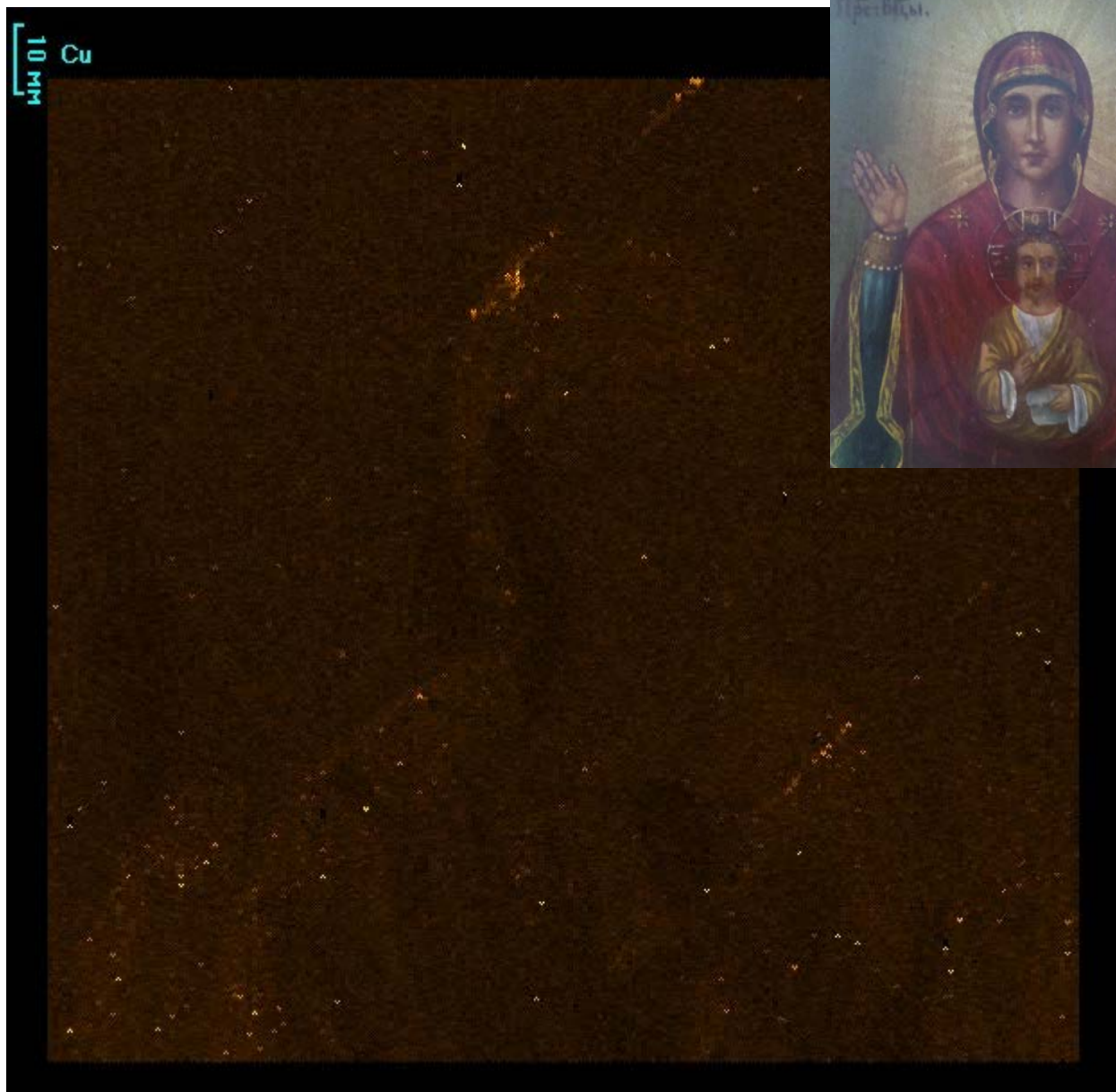


Рис. 11. Распределение интенсивностей меди.



Рис. 12. Дефекты на лице и руке на иконе.

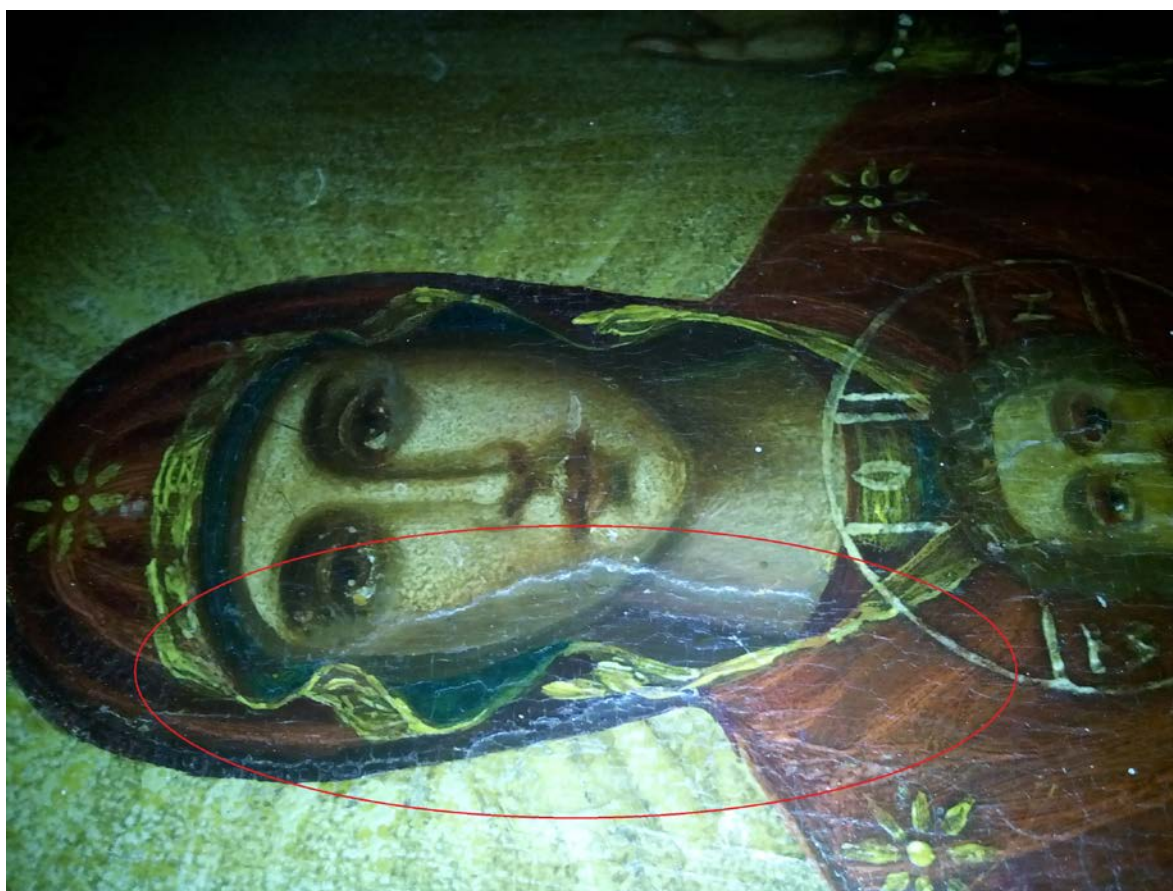


Рис. 13. Дефекты на лице на иконе.

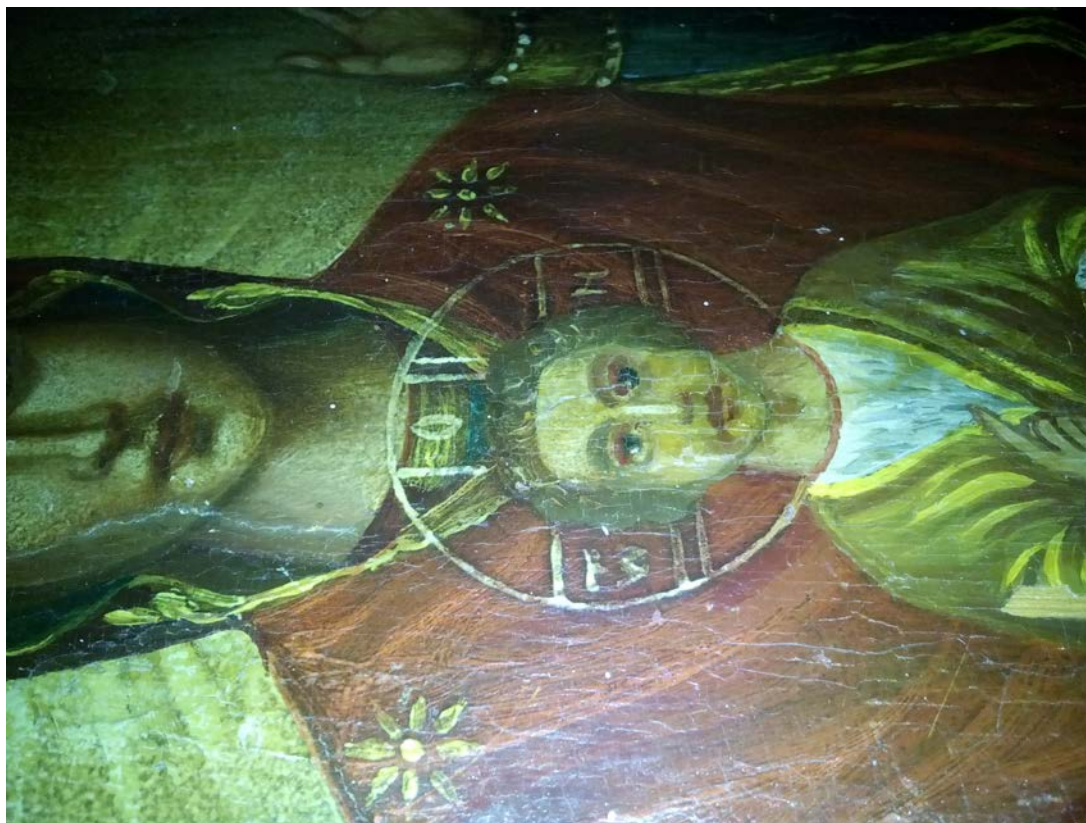


Рис. 14. Увеличенное изображение мальчика.





Рис. 15. Распределение интенсивностей элементов.



Рис. 16. Дефекты на лице на иконе.



Рис. 17. Дефекты на лице на иконе.



Рис. 18. Дефекты на лице на иконе.

На распределении кальция (рис. 2) видны очертания фигуры божьей матери. Можно предположить, что в состав красок входит кальций. На рис. 3-5 можно увидеть области на левой руке, слева на лице Богоматери и справа на лице Иисуса, в которых отсутствуют свинец, ртуть и барий. На фотографиях иконы (рис. 12, 13) видны дефекты в слоях краски на руке и лице Богоматери. Предполагается, что в этих областях краска была утрачена и ее восстанавливали. Вероятно, лицо мальчика также реставрировали, хотя на иконе дефекты не визуализируются (рис. 14).

Сопоставляя данные по всем элементам, можно определить последовательность нанесения слоев краски, а также ход дальнейших реставрационных работ. Сначала был грунтовый слой, содержащий барий (рис.3).



Затем вырисовывалась фигура Божьей матери (содержит в красках ртуть, свинец (рис. 4,5)). Далее в местах, где краска облупилась, восстанавливали фон красками, содержащими железо, хром и марганец (рис. 7-9). Вновь прорисовали фигуру: одеяние богоматери красками с железом, рукава с барием и цинком. Левую руку рисовали цинковыми красками. Следуют отметить, что несмотря на отсутствие видимых дефектов на правой руке, ее также перерисовывали (рис.6). В красках одеяния Иисуса присутствует кадмий и хром, а в его рубашке – цинк (рис. 6, 10). Затем нарисованы нимб мальчика красками с барием, цинком и железом, нимб богоматери – цинковыми красками. Надпись сверху написана красками с кадмием.

На рис. 11 можно наблюдать точечное присутствие меди. Это может свидетельствовать об использовании медного оклада: частицы меди диффундировали со временем в краски и дерево.

На рис. 15 показано общее распределение интенсивностей элементов.



## Выводы

Микроскоп-микронзонд РАМ-30μ позволяет проводить анализ различных предметов искусства на предмет распределения в нем различных элементов с высокой степенью пространственной детализации и элементной чувствительности.

С помощью микроскопа определен состав красок, используемых при создании иконы.

С помощью элементного картирования получена информация о реставрации иконы, а также последовательности нанесения красок при ее создании и восстановлении.

Проведенное исследование выявило наличие в красках, которыми была нарисована икона таких элементов как Ca, K, Zn, Cu, Ni, Co, Mn, Fe, Sr, Ba, Hg, Pb.

Информация о наличие тех или иных элементов в пигментах краски помогает при определении возраста и подлинности исследуемого объекта живописи. А их пространственное распределение дает информацию о технике письма изображения – например, технике многослойной живописи, техника а-ля прима и т.п.

## УСЛОВИЯ АНАЛИЗА

Шаг сканирования	700 мкм	Ток	6000 мкА
Скорость	700 мкм/с	Рентгеновская трубка: Мо анод	
Время измерения	500 мс	Атмосфера:	воздух
Напряжение	30 кВ		