

Исследование русских икон методом рентген-флюоресцентного анализа

Л. М. Моаззами Лавасани

Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

E-mail: moazszami@gmail.com

В. А. Парфенов

Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В докладе рассмотрены результаты исследований особенностей идентификации пигментов красок, использованных при написании старинных русских картин и икон, при помощи метода рентген-флюоресцентного анализа. В работе проводятся исследования пигментного состава красочных слоев картин и икон, созданных в 18-19 веках. При помощи рентген-флюоресцентного портативного спектрометра были получены спектры флюоресценции элементов в исследуемых точках икон, а после проведения их анализа были сделаны выводы о содержании определенных пигментов в красочном слое.

Ключевые слова: рентген-флюоресцентный анализ, реставрация, спектры флюоресценции

I. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время опто-физические методы и технологии широко применяются для сохранения объектов культурно-исторического наследия. Одним из методов анализа, позволяющих получить информацию о красочном слое произведений живописи, является рентген-флюоресцентный анализ (РФА), позволяющий определить элементный состав пигментов красок. Для проведения реставрационных работ над памятником культуры необходимо провести анализ состояния его сохранности, анализ химического состава материалов и выявить виды загрязнений на его поверхности. В данной работе рассмотрен пример определения состава красочного слоя картин и икон 18–19 веков при помощи РФА измерений.

Данный метод позволяет определить элементный состав вещества путем воздействия рентгеновского излучения на образец, что приводит к возникновению флуоресцентного излучения на его поверхности. Спектрометр измеряет энергию и интенсивность (количество фотонов в секунду с определенной энергией) этого излучения, формируя спектр. Спектр флуоресценции с помощью программного обеспечения преобразуется в набор данных об элементном составе анализируемого материала при помощи заложенного в ПО алгоритма или при помощи калибровочных кривых. Присутствие элемента идентифицируется по характеристической энергии рентгеновского излучения, значение которой является фиксированной величиной для каждого конкретного элемента периодической таблицы Менделеева. Интенсивность излучения определяет количественный состав элемента в материале. Главным преимуществом метода РФА является неинвазивность воздействия на исследуемый

материал, которая гарантирует неизменность его физико-химических свойств¹⁻².

II. РФА-ИЗМЕРЕНИЯ

Для проведения РФА-измерений в нашей работе был использован портативный рентген-флуоресцентный анализатор металлов и сплавов MetExpert. Рабочее напряжение на рентгеновской трубке – 6 ... 50 кВ, рабочий ток – до 200 мкА. Прибор идентифицирует до 80 химических элементов от натрия ($Z=11$) до америция ($Z=95$).

В экспериментах были использованы картины и иконы, предоставленные Санкт-Петербургской Академией художеств имени Ильи Репина. В ходе измерений было проанализировано 20 работ русских художников и иконописцев, относящихся к 18–19 векам.



Рис. 1. Проведение РФА-измерений в Санкт-Петербургской Академии художеств имени Ильи Репина

В качестве примера рассмотрим одну из икон неизвестного художника. «Божья Мать с Младенцем», предположительно созданную в 19 веке. На рис. 2 изображена картограмма иконы с отмеченными реставратором контрольными точками, в которых проводились РФА-измерения для анализа пигментного состава красочного слоя.



Рис. 2. Картограмма иконы «Божья Матерь с Младенцем»

При помощи анализатора в каждой точке были получены спектры пигментов.

Пример РФА-спектра в точке 4 приведен на рис. 3.

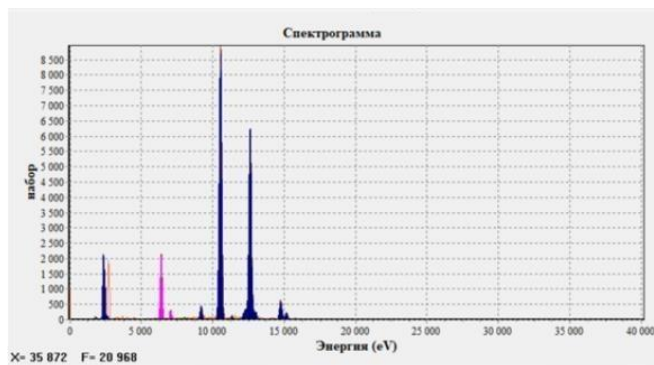


Рис. 3. Спектр точки 4 (желтый пигмент)

При анализе РФА-спектров обычно принимают в расчет 3-4 самых сильных пика флуоресценции. В данном конкретном случае в контрольной точке 4 пика с максимальной интенсивностью в РФА-спектре соответствуют элементам Pb (свинец), Fe (железо), Si (кремний), Al (алюминий). Показания прибора были перепроверены по соответствующим таблицам энергии рентген-флуоресцентного излучения атомов. Данный набор выявленных элементов был сверен с таблицей основных художественных пигментов и наполнителей. Исходя из времени создания работы и территории, на которой данная работа была создана, был сделан вывод о том, что пигментом желтого цвета, исследованным в точке 4, является Умбра, так как в ее состав входят оксидные соединения Fe_2O_3 , Al_2O_3 , SiO_2 . Умбра представляет собой соединение бурого железняка, глины и силикатов часто в соединении с гидроксидом марганца $\text{Mn}(\text{OH})_2$. Наличие свинца в составе может свидетельствовать о том, что в данный пигмент были добавлены свинцовые белила, которые часто использовали в иконописи и изобразительном искусстве в тот период.

Другим объектом наших исследований была картина неизвестного художника «Портрет молодого человека в красном камзоле». При ее исследовании была

обнаружена запись, предположительно нанесенная после написания картины, и именно благодаря РФА-измерениям был изучен не только ее элементный состав и определен пигмент, но и выявлен временной промежуток, в который она была оставлена. Предположительное время ее написания датируется 18 веком. На рис. 4 изображена картина в цвете, а на рис. 5 ее картограмма с отмеченными контрольными точками, в которых проводились измерения.



Рис. 4. Картина «Портрет молодого человека в красном камзоле»



Рис. 5. Картограмма портрета

Наибольший интерес представляет точка 5, соответствующая области, предположительно содержащей белила, так как именно в ней была обнаружена запись. Благодаря проведению рентген-флуоресцентного анализа, был получен спектр, представленный на рис. 6.

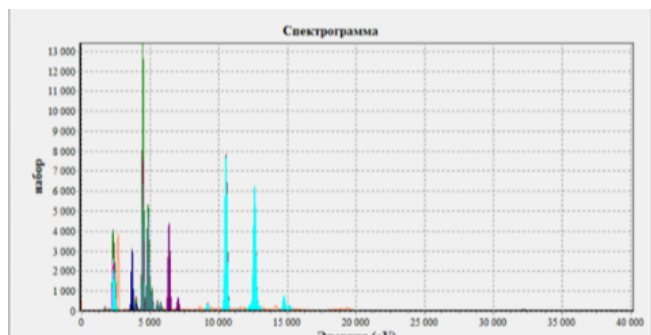


Рис. 6. Спектр точки 5 (пигмент белого цвета)

Основными элементами в составе пигмента в контрольной точке 5 являются Ba (барий), Pb (свинец), Ti (титан). Стоит заметить, что титан начали использовать в составе красочных пигментов только в 20-х годах 20 века, а следовательно, сам художник не мог использовать их в данной работе. Сравнив данный набор элементов с таблицей пигментов и наполнителей, было сделано заключение о том, что данным пигментом являются титановые белила или Бланфикс. Последний применяется для частичной замены диоксида титана при производстве пигментов, и представляет собой синтетический сульфат бария. Это позволяет предположить, что два этих пигмента были смешаны.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описанные в данной статье экспериментальные результаты дали ценную информацию для специалистов-реставраторов из Академии художеств. Подводя итоги проведенной работы в целом, нужно сказать о том, что применение метода РФА в реставрации помогает более точно определять состав материала памятников и определять, где проходит граница между подлинными (авторскими) элементами памятника и более поздними реставрационными доделками, подобрать растворители и укрепляющие составы, исходя из химического состава пробы, а в итоге выработать оптимальную стратегию и тактику консервации.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторы благодарят сотрудников кафедры реставрации живописи Санкт-Петербургской академии художеств имени Ильи Репина за доступ к оборудованию, которым проводились измерения, а также к картинам и иконам прошлых веков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] N. Gao, K. Janssens In book: XRay Spectrometry: Recent Technological Advances. Eds. K. Tsuji, J. Injuk and R. Van Grieken. Chichester: Wiley & Sons, 2004, pp. 89–110.
- [2] А.Г. Ревенко, В.А. Ревенко Применение рентгеноспектрального метода анализа для исследования материалов культурного наследия (Обзор) // Методы и объекты химического анализа, 2007, Т. 2, №1, с. 4–29.