**Идентификация и сравнительный анализ пигментов во фрагментах древнерусской фресковой живописи храмов Великого Новгорода методом микроспектроскопии комбинационного рассеяния**

***Кочетков М.И.***

*Студент*

*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,*
 *физический факультет, Москва, Россия*
 *E–mail*:[*kochetkovmi@my.msu.ru*](http://kochetkovmi@my.msu.ru)

В последнее время все более широкое применение находят оптические методы для диагностики и исследования предметов искусства. Например, метод КР спектроскопии широко используется для идентификации веществ, составляющих археологические находки и объекты культурного наследия [1, 2].

Древняя фресковая живопись хорошо сохраняется до наших дней. Это обусловлено тем, что пигмент наносится на влажную известковую штукатурку. Процесс высыхания штукатурки связан с взаимодействием гашеной извести (гидроксид кальция) с углекислым газом из воздуха, что приводит к карбонизации гидроксида кальция с образованием кальцита - $CaCO\_{3}$, который является основным компонентом фрески. При высыхании фрески красочный слой встраивается в поверхность стены и, защищённый тонким слоем кальцита, остается устойчив к различным воздействиям времени и окружающей среды.

Великий Новгород один из центров древнерусского монументального зодчества XI-XV веков. Фресковая живопись древненовгородских храмов представляет большой интерес для археологов, реставраторов и историков. В некоторых храмах, например, в Софийском Соборе, сохранились примеры древнерусской фресковой живописи. Однако за время своего существования древние храмы достраивались и перестраивались. Например церковь Входа в Иерусалим XIV века была перестроена в XVIII веке. Некоторые храмы были разрушены. Например, во время Великой Отечественной войны были разрушены загородные церкви Благовещения на городище, Спаса на Ковалёве, Успения на Волотовом поле. Их росписи датируются XII – XIV веками. Фрагменты росписей археологи находят во время раскопок в окрестностях древних построек [3]. А в 2009 - 2011 годах фрагменты штукатурки с фресковой живописью были найдены во время подводных археологических исследований на месте старого моста через реку Волхов. По предположению археологов фрагменты, сбитые со стен во время одной из перестроек церкви, были использованы как строительный материал для постройки моста. Результатом работы искусствоведов стала гипотеза о том, что фрагменты являлись частью живописи Софийского Собора и датировались XII веком.

 **Целью работы** являлась идентификация пигментов, использованных в фресковой живописи четырёх разных церквей XII - XIV веков, и сравнение палитр их пигментов между собой, а так же с уже известными палитрами из других исследований [4, 5].

Измерения КР спектров проводилось с помощью конфокального микроспектрометра DXR Raman Microspectrometer с длинами волн возбуждения 720 нм, 535 нм и 633 нм с объективом LMPlanFL N 50x. Мощность излучения составляла от 1 мВт до 24 мВт, лазерное пятно на образце 2 мкм, время накопления одного спектра составляло от 2 до 30 минут, в зависимости от мощности. Всего было исследовано 5 наборов фрагментов из четырёх церквей. Всего было исследовано 88 фрагментов разного цвета. Фрагменты представляли собой куски штукатурки, средней толщиной 15 мм, площадью от 3 $см^{2}$ до 70 $см^{2}$, каждый из которых был покрыт красочным слоем с одной стороны. Поверхность фрагментов неоднородная, поэтому для каждого образца измерение проводилось как минимум в 8 точках. После измерения спектры группировались по сходным линиям и соотносились со спектрами из базы данных RRUFF [6] и литературы.

В результате исследования был определен следующий набор веществ/пигментов общих для всех четырёх церквей: гематит, гётит, киноварь, уголь, анатаз, кварц и кальцит. В одном из исследуемых наборов фрагментов среди пигментов красочного слоя был обнаружен графит. В качестве зелёного цвета во фрагментах из трёх церквей использовалась зелёная земля, состоящая из минерала селадонита. Были идентифицированы два разных пигмента синего цвета – лазурит и азурит. Причём во фрагментах росписей датируемых XII веком используется только лазурит. Это подтверждает выводы искусствоведов, что азурит, более дешёвый синий пигмент по сравнению с лазуритом, использоваться в древнерусской фресковой живописи только с XIV века [5]. Среди исследованных фрагментов ни в одном не было обнаружено красного свинцового сурика. Это отличает полученные палитры пигментов от палитры церкви Благовещения на Городище XII века, исследованной ранее, где свинцовый сурик был основным цветом красочного слоя одного из фрагментов[4].

**Литература**

1. Guan-Lin Liu, Sergei G. Kazarian, Recent advances and applications to cultural heritage using ATR-FTIR spectroscopy and ATR-FTIR spectroscopic imaging, Analyst, 2022, 147, 1777, DOI: 10.1039/d2an00005a.
2. Howell G. M. Edwards, Peter Vandenabeele, Philippe Colomban, Raman Spectroscopy in Cultural Heritage Preservation, Cultural Heritage Science, ISBN 978-3-031-14378-6, <https://doi.org/10.1007/978-3-031-14379-3.>
3. Седов ВлВ. Основные результаты раскопок церкви Благовещения на Городище в 2016-2017гг.: археология и архитектура. Архитектурная археология. 2019;1:10-34.
4. Balakhnina I., Anisimova T., Mankova A., Chikishev A., and Brandt N. et al. Raman Microspectroscopy of Fresco Fragments from the Annunciation Church at Gorodishche at Veliky Novgorod // Eur. Phys. J. Plus 2021. 136, 610.
5. Гренберг Ю.И., Наука служит искусству. Технологические исследования произведений живописи.Статьи разных лет., Москва, 2018. - 384с
6. База данных спектров комбинационного рассеяния RRUFF, https://rruff.info/