

## **Отзыв научного руководителя на диссертационную работу**

**Дарьина Федора Андреевича**

**«Развитие метода конфокальной рентгеновской микроскопии для исследования микровключений в различные геологические матрицы»,**  
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики

Дарьин Федор Андреевич начал работать в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук (ИЯФ СО РАН) с 2013 года в секторе 8-21 над темой, связанной с разработкой и созданием модуля конфокальной рентгеновской микроскопии экспериментальной станции «Локальный и сканирующий рентгенофлуоресцентный элементный анализ» накопителя ВЭПП-3, а также над разработкой и аттестацией соответствующих методик выполнения изменений. В 2014 году Дарьин Федор Андреевич окончил магистратуру Сибирской государственной геодезической академии по направлению подготовки 200400 «Оптехника» и поступил в аспирантуру ИЯФ СО РАН по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия», по научной специальности 1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики. В 2018 году успешно окончил аспирантуру и защитил выпускную квалификационную работу по теме «Развитие метода конфокальной рентгеновской микроскопии для исследования микровключений в различные геологические матрицы». В процессе обучения в аспирантуре Дарьин Федор Андреевич стал победителем в конкурсе на получение гранта мэрии города Новосибирска (2015 г.) по теме «Динамика накопления тяжелых металлов и токсичных микроэлементов в донных осадках малых рек г. Новосибирска по данным сканирующего микро-РФА на пучках синхротронного излучения из накопителя ВЭПП-3 (ИЯФ СО РАН)», а также стал обладателем стипендии Президента РФ для аспирантов на 2015/2016 год.

Диссертационная работа Дарьина Федора Андреевича посвящена разработке и созданию унифицированного модуля конфокальной рентгеновской микроскопии (КРМ) на основе поликапиллярной рентгеновской оптики, разработке и аттестации соответствующей методики выполнения измерений, разработке и внедрению модульного протокола исследований с использованием КРМ. Работы были выполнены на экспериментальной станции «Локальный и сканирующий рентгенофлуоресцентный элементный анализ» накопителя ВЭПП-3 Центра коллективного пользования «Сибирский центр синхротронного и терагерцового излучения» (ЦКП «СЦСТИ») ИЯФ СО РАН, кроме того, модуль КРМ был установлен и привлечен к исследованиям, проводимым на экспериментальных станциях РКФМ и РТ-МТ источника синхротронного излучения в НИЦ «Курчатовский институт» – Уникальной научной установки «КИСИ-Курчатов».

На модуле КРМ в соответствии с методиками выполнения измерений были получены данные мирового уровня, например, получено, что при исследовании образцов донных осадков был определен химический состав образцов внутри годового слоя, обнаружены следы крупных землетрясений и извержений вулканов; при исследовании образцов рудных месторождений и частиц взвешенного вещества обнаружены и характеризованы крупинки химических элементов размерами от несколько микрон, а также выделены четкие границы минеральных зон. При помощи модуля КРМ возможно картирование поверхности исследуемых образцов и их приповерхностных слоев, определение геометрических параметров включений.

Модульный протокол исследований позволяет адаптировать установку для исследования конкретных образцов несколькими экспериментальными методами (например, микро-РФА и микро-XAFS-спектроскопия). Комбинация микро-РФА и микро-XAFS позволяет получать информацию как об элементном составе, так и о форме вхождения (локальной структуре, валентном состоянии) исследуемых элементов в минерал. Ценность такого подхода обусловлена тем, что в процессе эксперимента сохраняется положение точки фокуса излучения на образце при исследовании различными методами. При этом имеется возможность развить экспериментальный инструментарий для исследований методами рентгенофлуоресцентной томографии и дифракции.

Следует отметить, что новая аттестованная методика выполнения измерения на унифицированном модуле КРМ («Конфокальная рентгеновская микроскопия в диапазоне энергий 12-26 кэВ на основе поликапиллярной оптики» свидетельство № 391-РА.RU.311735-2018 от 18.07.2018) гарантирует получение высокой точности при восстановлении концентраций химических элементов в образцах.

Отдельно следует отметить, что Дарьиным Федором Андреевичем совместно с сотрудниками сектора 8-21 разработана новая методика выполнения измерений – конфокальная рентгеновская микроскопия с расстройкой. Суть метода заключается в том, что, используя информацию об аппаратной функции модуля КРМ, имеется возможность контролируемого совмещения каустик фокусирующей и собирающей поликапиллярных линз прибора для формирования конфокального объема различного характерного размера (в нашем случае от 10 до 70 мкм). Это позволяет значительно экономить дорогое экспериментальное время при поисковых панорамных исследованиях, а также осуществлять быструю настройку на конкретное включение или микрочастицу в исследуемом геологическом образце.

Представленные в диссертационной работе результаты исследований прошли апробацию на международных и российских конференциях. По материалам диссертации опубликовано 26 работ в рецензируемых журналах и сборниках трудов конференций.

Основные результаты диссертации представлены в девяти публикациях, из них восемь в научных изданиях, рекомендуемых ВАК при Минобрнауки России.

Считаю, что диссертация Дарьина Федора Андреевича является актуальной, имеет научную и практическую значимость и удовлетворяет требованиям ВАК, а сам диссертант заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики.

Научный руководитель

старший научный сотрудник сектора 8-21 ИЯФ СО РАН,

к.ф.-м.н.

Ракшун Яков Валерьевич

Адрес: 630090, Россия, г. Новосибирск, пр-кт Академика Лаврентьева, д. 11

Телефон: 8 (383) 329-44-13

E-mail: Ya.V.Rakshun@inp.nsk.su

Ученый секретарь ИЯФ СО РАН

к.ф.-м.н.

Резниченко Алексей Викторович



20 ОКТ 2022