

Отзыв научного руководителя

д.г.-м.н., академика РАН, гл. н. с. лаборатории физико-химических методов исследования Института геологии и геохимии им. А.Н. Заварицкого УрО РАН Сергея Леонидовича Вотякова на работу Ивана Александровича Желуницына «**Электрофизические свойства синтетических соединений и минералов со структурой граната и эшинита при высоких температурах**», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.6.4. Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых

Желуницаин Иван Александрович в 2022 г. закончил специалитет Уральского Федерального Университета им. Б.Н. Ельцина по специальности 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия; в 2025 г. заканчивает очную аспирантуру при Институте геологии и геохимии УрО РАН по специальности 1.6.4. Минералогия, кристаллография, геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых; в настоящее время работает в должности младшего научного сотрудника в институте.

Предмет диссертационной работы Желуницаина И.А. составляет определение связи «состав – структура – свойства» минералов и новых синтетических соединений со структурой граната и эшинита, в том числе и мультиредкоземельных; установление характера влияния особенностей состава и кристаллохимии на их оптические, колебательные и электрофизические (электропроводящие и диэлектрические) характеристики. В качестве основного экспериментального метода исследования в работе использована импедансная спектроскопия, характеризующаяся высокой чувствительностью к структуре и составу материала, возможностью проведения экспериментов *in situ*.

Электрические характеристики синтетических материалов, минералов, пород и руд – объект детального исследования как в материаловедении, так и в области физики Земли. Интерес к подобным исследованиям стимулируется фундаментальными и практическими задачами использования получаемых данных, в том числе в геофизических работах при зондировании литосферы и мантии, при электроразведке месторождений полезных ископаемых и др. Электрические характеристики синтетических гранатов и эшинитов широко востребованы в материаловедении при разработке компонентов для хранения энергии высокой плотности, миниатюризации емкостных электронных элементов и др. В последние годы большое внимание привлечено к вопросу модификации физико-химических свойств и электрофизических характеристик синтетических сложных оксидов с помощью многокомпонентного замещения с образованием высокоэнтропийных материалов. Несмотря на многочисленные работы в области

импедансной спектроскопии синтетических соединений и минералов со структурой граната и эшинита их актуальность сохраняется и сегодня.

За время обучения в аспирантуре Желуницыным И.А. отработаны методики синтеза железо-редкоземельных гранатов и титано-ниобатов РЗЭ со структурой эшинита; на основе их использования получены систематические выборки однофазных гранатов и эшинитов (всего 54 соединения, большая часть из которых синтезирована впервые). Желуницыным И.А. изучены оптические, колебательные и электрофизические свойства; выявлены закономерности изменения свойств в рядах структурно родственных соединений. Рассмотрены вопросы модификации физико-химических свойств и электрофизических характеристик (типа и энергии активации проводимости E_a , значения диэлектрических констант и диэлектрических потерь) синтетических гранатов и эшинитов с помощью мультиредкоземельного замещения в подрешетке РЗЭ. Обоснованы установленные корреляции «состав, тип синтеза – кристаллическая структура – оптические, колебательные и электрофизические характеристики». Установленные кристаллохимические особенности ряда новых мультиредкоземельных соединений позволяют рассматривать их в качестве перспективных объектов для исследования электрофизических характеристик и использования как диэлектрических материалов в микроэлектронике и СВЧ-технике. Желуницыным И.А. также изучены оптические и электрофизические свойства ряда природных гранатов; обоснованы установленные корреляции «химический и фазовый состав – термическая история проб – электрофизические характеристики» гранатов; показано, что температурные зависимости проводимости гранатов эффективны для идентификации начальных стадий их фазового разложения, в частности, с выделением наноразмерных оксидов железа. Диссертантом получен значительный объём новых данных по физике, кристаллохимии и электрофизическим характеристикам ряда синтетических соединений со структурой граната и эшинита, которые могут быть востребованы в качестве справочного материала в материаловедении при поиске новых решений в сфере электротехники.

Личный вклад диссертанта был определяющим на всех стадиях работы – от синтеза соединений, лабораторных экспериментальных исследований до обработки и интерпретации данных, осмыслиния и обобщения полученных результатов. В ходе выполнения исследований диссертант обучился работе на установке для получения импедансных спектров, рентгенофлюоресцентном и рамановском спектрометре. Автором выполнено моделирование структуры и свойств синтетических гранатов и эшинитов с использованием полуэмпирических методов; при участии автора выполнены экспериментальные рентгеноструктурные, термогравиметрические и морфологические исследования, получены спектры диффузного

светорассеяния. Автором выполнен анализ экспериментальных и расчетных результатов, подготовка и представление их в печать.

За время обучения в аспирантуре и работы в ИГГ УрО РАН Желуницаин И.А. проявил себя как творческий, инициативный, самостоятельный исследователь, способный решать актуальные научные задачи. Он показал себя вполне сформировавшимся исследователем, неплохо разбирающимся и в вопросах смежных дисциплин – материаловедения и химии твердого тела, способным не только решать научные задачи в своей области, но и грамотно ставить эти задачи. В связи с окончанием аспирантуры Желуницаин И.А. подготовлена докторская диссертация; работа прошла апробацию на Ученом совете Института геологии и геохимии УрО РАН. По теме докторской опубликованы 5 статей, в том числе 3 - в международных научных журналах; получено 2 патента; Желуницаин И.А. является полноправным ведущим автором всех публикаций; им подготовлены и успешно сделаны доклады на ряде российских конференций. Опубликованные работы отражают все аспекты его докторского исследования.

Считаю, что работа Желуницаина Ивана Александровича «Электрофизические свойства синтетических соединений и минералов со структурой граната и эшинита при высоких температурах» может быть представлена к защите в качестве докторской диссертации на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.6.4. Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых.

Д.Г.-м.н., академик РАН

С.Л. Вотяков

15.09.2025 г.

