



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр
«Коми научный центр Уральского отделения
Российской академии наук»
(ФИЦ Коми НЦ УрО РАН)

РОССИЯСА НАУКА ДА ВЫЛЫС ВЕЛӖДЧАН
МИНИСТЕРСТВО

«Россияса наукаяс академиялӧн
Урал юкӧнса Коми наука шӧрин»
туялан удж нуӧдысь федеральной шӧрин
Федеральной канму
сьӧмкуд наука учреждение
(ТФШ РНА УрЮ Коми НШ)



УТВЕРЖДАЮ

Директор
ФИЦ Коми НЦ УрО РАН
член-корр. РАН, д.б.н.
С.В. Дёгтева
«07» июля 2026 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу

Шергина Александра Владимировича

«Физико-химические закономерности ионообменного синтеза и люминесценции
порошков состава $Y_{3-x}Eu_xAl_5O_{12}$ со структурой граната», представленную на соискание
ученой степени кандидата химических наук
по специальности 1.4.4. Физическая химия

Актуальность темы исследования

Работа Шергина А.В. посвящена исследованию физико-химических закономерностей ионообменного синтеза люминофоров на основе алюмоиттриевого граната, легированного ионами европия.

Алюмоиттриевый гранат $Y_3Al_5O_{12}$ (YAG), легированный ионами редкоземельных элементов обладает уникальным сочетанием физико-химических свойств: высокой термической и химической стабильностью и способностью к изовалентному замещению катионов иттрия на ионы редкоземельных элементов. Указанные особенности делают YAG перспективной матрицей для создания люминофоров, лазеров и сцинтилляционных материалов. Разработка методов синтеза, позволяющих получать наноразмерные частицы сложных оксидов, контролировать их структуру и распределение легирующих компонентов, является актуальным направлением современной химии твердого тела и материаловедения.

Объектами исследования являлись алюмоиттриевый гранат $Y_3Al_5O_{12}$ (YAG), легированный ионом редкоземельного элемента – европия, твердые растворы состава $Y_{3-x}Eu_xAl_5O_{12}$ ($x = 0,05-0,50$) и ионообменные матрицы.

Выбор объектов исследования обусловлен целью получения новых материалов, перспективных в качестве компонентов белых светодиодов с высоким индексом цветопередачи, а также в дисплейных технологиях и радиационной дозиметрии.

Достоверность и надежность полученных соискателем научных результатов обеспечены использованием комплекса современных методов исследования с применением сертифицированного оборудования, апробированных методов аттестации, статистической обработкой результатов эксперимента, а также независимой экспертизой результатов при рецензировании опубликованных статей. Используемые в работе методология и методы исследования, обоснованы и соответствуют задачам исследования. Научные положения и выводы диссертационной работы обоснованы и достоверны.

Научная новизна и теоретическая значимость исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций заключается в следующем:

- впервые предложен и реализован подход к ионообменному синтезу нанопорошков алюмоиттриевого граната, с использованием катионообменной матрицы;

- впервые определены оптимальные условия получения монофазных нанопорошков YAG с высоким выходом, при температуре пиролиза 850–1000 °С. Установлены закономерности влияния параметров ионообменного синтеза: времени сорбции, режимов термообработки на фазовый состав и морфологию продукта;

- с использованием комплекса люминесцентных методов анализа выявлен немонотонный характер изменения локального окружения ионов Eu^{3+} с ростом их концентрации. Показано, что концентрационное тушение люминесценции при $x \geq 0,30$ обусловлено не статистическим распределением ионов Eu^{3+} , а его кластеризацией, инициированной пространственной неоднородностью распределения катионов на стадии ионообменной сорбции;

- установлено, что критическая концентрация ионов Eu^{3+} ($x=0,20$) обеспечивает оптимальное сочетание интенсивности люминесценции и цветовых характеристик излучения с максимальной чистотой красного цвета 74,1%.

Практическая значимость работы

Разработан уникальный метод синтеза нанопорошков YAG:Eu на катионообменной матрице, обеспечивающий получение монофазных продуктов при относительно низких температурах термообработки, позволяющий получать твердые растворы $\text{Y}_{3-x}\text{Eu}_x\text{Al}_5\text{O}_{12}$ с максимальной интенсивностью люминесценции и высокой чистотой красного цвета, достигающей значения 74,1%.

Апробация результатов

Результаты, полученные в рамках диссертационного исследования, были представлены и обсуждены на следующих конференциях: Международная научная студенческая конференция «МНСК» (Новосибирск, 2023, 2024, 2025); Российская молодежная научная конференция с международным участием «Проблемы теоретической и экспериментальной химии» (Екатеринбург, 2023, 2024, 2025); Всероссийская конференция «Современные материалы и методы решения экологических проблем постиндустриальной агломерации» (Челябинск, 2023); III Международная научно-практическая конференция «Редкие металлы и материалы на их основе: технологии,

свойства и применение РЕДМЕТ-2024» (Москва, 2024); XVI Симпозиум с международным участием «Термодинамика и материаловедение ТиМ-2025» (Санкт-Петербург, 2025); I региональная конференция «Физико-химические процессы в конденсированных средах» (Челябинск, 2025).

Исследования по теме работы были поддержаны грантом Фонда поддержки молодых ученых ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет» «Синтез люминофоров на основе алюмоиттриевого граната с использованием катионообменной матрицы» в 2025 г. Шергин А.В. являлся руководителем гранта.

Публикации

Результаты диссертационного исследования отражены в 20 публикациях, в том числе 5 статьях в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК и индексируемых в Web of Science и Scopus. В сборниках материалов конференций и тезисах докладов на международных и всероссийских конференциях представлено 13 публикаций. По результатам диссертационного исследования получен патент на изобретение, подготовлена глава в учебно-методическом пособии.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, выводов и списка литературы. Работа изложена на 124 страницах машинописного текста, содержит 48 рисунков и 9 таблиц. Библиографический список содержит 137 наименований.

Содержание диссертации

Во **введении** обосновывается актуальность диссертационного исследования, сформулированы цели и задачи, описаны научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов, приведены основные положения, выносимые на защиту, а также представлены сведения о личном вкладе автора и структура диссертации. В **первой главе** представлены результаты анализа литературных данных по современному состоянию исследований в области синтеза и свойств алюмоиттриевого граната (YAG), легированного ионами редкоземельных элементов. Обзор литературных данных позволил выявить основные ограничения традиционных методов синтеза алюмоиттриевого граната, обосновать перспективность ионообменного синтеза с использованием катионообменной матрицы, а также сформулировать цель и задачи диссертационного исследования. Во **второй главе** содержится описание методик синтеза, аттестации и исследования полученных соединений и материалов. **Третья глава** посвящена изучению структуры катионообменной матрицы и исследованию процессов сорбции ионов иттрия и алюминия из водного раствора, а также влиянию различных условий ионообменного синтеза на фазовый состав YAG. В **четвертой главе** рассмотрено влияние добавки Eu^{3+} на фазовый состав, структуру и люминесцентные свойства порошков YAG. Выводы, приведенные в тексте работы, соответствуют основным экспериментальным результатам работы и полностью обоснованы.

В целом материал работы изложен ясно и убедительно, ощущается внутреннее единство исследования и корректность в подходе и обеспечении условий эксперимента, обсуждении полученных результатов и выводах. Тема диссертации, её цели и решенные

задачи актуальны и соответствуют заявленной научной специальности. **Результаты**, полученные в ходе диссертационной работы, **удовлетворяют необходимым критериям** воспроизводимости, получены с использованием современных физико-химических методов и оборудования и не вызывают сомнений. По совокупности приведенных в диссертации результатов исследования и выводов можно считать, что поставленные задачи решены и **поставленная в работе цель достигнута**. Диссертационная работа и автореферат логично структурированы и хорошо оформлены. **Содержание автореферата** в полной мере соответствует содержанию **диссертационной** работы, её идеям и выводам. Содержание опубликованных работ соответствует содержанию диссертации.

Замечания и вопросы по диссертационной работе

1. В работе предложен новый способ синтеза алюмоиттриевого граната, допированного европием (YAG:Eu). Как полученные в работе результаты исследования свойств, соотносятся с результатами, имеющимися в литературе при использовании в качестве допанта YAG европия и других редкоземельных элементов? Влияет ли микроструктура порошков YAG:Eu на конечные свойства полученного материала?

2. Проводили ли определение размеров частиц исходного алюмоиттриевого граната (YAG) или расчет размеров частиц проводили только для YAG, допированного европием? Какие размеры частиц у исходного YAG, полученного способом ионного обмена с использованием катионообменной матрицы? Чем обусловлено уширение пика при 900°C в рентгенограмме исходного YAG? Влияет ли время изотермической выдержки при прокаливании образцов на размеры частиц получаемого YAG?

3. В работе не отражены способы оценки количественного элементного состава полученных образцов YAG:Eu. Как устанавливалась стехиометрия конечного продукта YAG:Eu? Наблюдалась ли нестехиометрия по кислороду в полученных соединениях?

4. По какой причине интенсивность рефлексов в рентгенограммах образцов, рассчитанных теоретически, выше, по сравнению с рентгенограммами образцов, полученных экспериментально?

5. В спектрах люминесценции для соединений, полученных твердофазным методом, наблюдается линия, характерная для асимметричного перехода? Как такой переход можно объяснить?

6. Наблюдалась ли кластеризация атомов европия при получении материалов YAG:Eu другими методами?

7. Проводили ли исследование структуры набухшей ионообменной матрицы? Как увеличивается объем ионообменной матрицы после набухания?

8. В чем преимущество для практического применения материалов на основе YAG:Eu, полученных по предложенной в работе методике, по сравнению с материалами, полученными другими способами?

9. Возможно ли масштабирование предложенного метода синтеза YAG:Eu до уровня промышленного производства?

Все изложенные замечания не затрагивают принципиальные положения диссертационной работы, не умаляют научной ценности и не влияют на общую положительную оценку.

С результатами работы следует ознакомить научные коллективы Института химии твердого тела и механохимии СО РАН (г. Новосибирск), Санкт-Петербургского политехнического института Петра Великого, Воронежского государственного университета, МГУ им. М.В. Ломоносова, НПФ Люминофор (г. Ставрополь).

Заключение

Диссертационная работа Шергина А.В. является законченным научным исследованием, посвященным актуальной проблеме – разработке энергоэффективной технологии получения люминесцентных материалов на основе допированного европием алюмоиттриевого граната. Автором представлена научно обоснованная технологическая разработка – методика синтеза нанопорошков YAG:Eu на катионообменной матрице, обеспечивающая получение монофазных продуктов при относительно низких температурах термообработки, позволяющая получать твердые растворы $Y_{3-x}Eu_xAl_5O_{12}$ с максимальной интенсивностью люминесценции и высокой чистотой красного цвета, достигающей значения 74,1%.

По актуальности разрабатываемой темы, поставленных и решенных задач, научной новизне и практической значимости представленная диссертационная работа отвечает всем предъявляемым ВАК требованиям и соответствует критериям раздела II «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (Постановление правительства РФ от 24.09.2013 № 842 в действующей редакции), а её автор Шергин Александр Владимирович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.

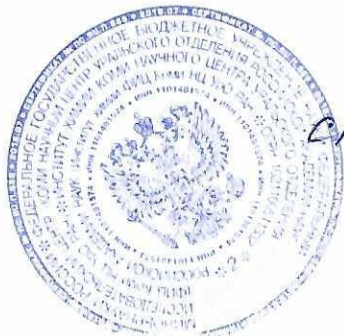
Отзыв на диссертационную работу Шергина Александра Владимировича обсуждался и был одобрен на заседании объединенного семинара лаборатории керамического материаловедения и лаборатории ультрадисперсных систем Института химии – обособленного подразделения ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (протокол №3 от 14.05.2026, присутствовало 13 человек научного персонала, из них 3- доктора химических наук).

Отзыв составила Пийр Ирина Вадимовна, доктор химических наук (специальность 02.00.21 – «Химия твердого тела»), доцент, главный научный сотрудник лаборатории керамического материаловедения Института химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН – обособленного подразделения ФИЦ Коми НЦ УрО РАН.

167000, г. Сыктывкар,
ул. Первомайская, д. 48;
тел: (8212) 21-84-77;
e-mail: piyr-iv@chemi.komisc.ru

И.В. Пийр

Подпись И.В. Пийр заверяю
директор Института химии ФИЦ
Коми НЦ УрО РАН, д.х.н.



С.А. Рубцова

7.07.2026