ОТЗЫВ

официального рецензента на диссертационную работу
Жолдас Ерасыла Айдосұлы на тему
«Синтез люминесцентных материалов в системе R_2O_3 – MeO – M_2O – B_2O_3 (R= Sc, Y, Ce, Eu, Tb, Yb; Me = Sr, Ba; M = Na, K)»,
предоставленную на соискание степени доктора философии (PhD)
по образовательной программе «8D07104 - Химическая технология неорганических веществ»

№ п/п	Критерии	Соответствие критериям (подчеркнуть один из вариантов ответа)	Обоснование позиции официального рецензента (замечания выделить курсивом)
1.	Тема диссертации (на дату ее утверждения) соответствует направлениям развития науки и/или государственным программам	1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки или государственным программам:	Диссертационная работа выполнялась в рамках проектов грантового финансирования Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан: «Кристаллохимический дизайн новых люминофоров на основе боратов щелочно-редкоземельных элементов» (ИРН AP08855427) и «Кристаллохимия и оптические свойства функциональных ортоборатов с иттербием» (ИРН AP19575956)
		1) <u>диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы)</u>;	
		2) диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (указать название программы);	
		3) диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление).	
2.	Важность для науки	Работа **<u>вносит</u>**/не вносит существенный вклад в науку, а ее важность хорошо **<u>раскрыта</u>**/не раскрыта.	Диссертационное исследование представляет научную и практическую ценность. Установленные зависимости между условиями синтеза, кристаллической структурой и люминесцентными свойствами боратных соединений углубляют понимание процессов фазообразования. Полученные материалы являются перспективными матрицами для создания новых люминесцентных соединений, применимых в LED- и PDP-устройствах.
3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности:	Соискателем самостоятельно проведён анализ литературных источников, сформулированы цель и
		1) <u>высокий</u>;	

		2) средний; 3) низкий; 4) самостоятельности нет.	задачи исследования, проведены синтез боратных соединений твёрдофазным и раствор-расплавным методами, выполнены их физико-химические исследования (в том числе рентгенофазовый, термический, спектроскопический анализы), а также дана интерпретация полученных результатов. Диссертант принимал активное участие в выполнении всех ключевых этапов работы, что свидетельствует о высокой степени его научной самостоятельности. Выносимые на защиту положения логично вытекают из поставленных задач и соответствуют полученным научным результатам, что также подтверждает соблюдение принципа самостоятельности.
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации: **1) обоснована;** 2) частично обоснована; 3) не обоснована.	Актуальность диссертационной работы обусловлена потребностью в новых термически и химически стабильных люминофорах для светодиодных технологий. Боратные соединения системы $R_2O_3 – MeO – M_2O – B_2O_3$ обладают высокой люминесцентной активностью и возможностью легирования редкоземельными элементами, что делает их перспективными матрицами для применения в LED и PDP-устройствах.
		4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации: **1) отражает;** 2) частично отражает; 3) не отражает.	Содержание диссертации полностью соответствует заявленной теме. В структуре работы последовательно раскрыты теоретические основы, экспериментальные методы и полученные результаты, включая синтез и анализ боратов, их структурные и люминесцентные свойства, а также практическое применение в виде светодиодного прототипа.
		4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации: **1) соответствуют;** 2) частично соответствуют; 3) не соответствуют.	Цель и поставленные задачи логично вытекают из темы диссертации и направлены на получение и исследование новых боратных люминофоров с регулируемыми структурными и оптическими характеристиками.

		4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны:	Структура диссертации выстроена последовательно: от теоретических основ и методов синтеза — к экспериментальным результатам и их интерпретации. Все главы и положения органично связаны между собой и подчинены достижению единой научной цели. Основные результаты, выносимые на защиту, напрямую следуют из полученных данных, что подтверждает целостность и логичность работы.
		1) полностью взаимосвязаны;	
		2) взаимосвязь частичная;	
		3) взаимосвязь отсутствует.	
		4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями:	Разработанные в работе подходы к синтезу, легированию и термической обработке обоснованы с опорой на сравнительный анализ с известными методами. Установлены оптимальные условия (например, восстановительный отжиг и контролируемое охлаждение), обеспечивающие улучшенные структурные и оптические свойства. Новизна решений подтверждается экспериментально и обоснована с научной точки зрения.
		1) критический анализ есть;	
		2) анализ частичный;	
		3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов;	
		4) анализ отсутствует.	
5.	Принцип научной новизны	5.1 Научные результаты и положения являются новыми?	Научные результаты и положения, представленные в диссертационной работе, являются новыми и оригинальными. Впервые проведено комплексное исследование боратов $NaBaSc(BO_3)_2$ и $KSrY(BO_3)_2$, легированных редкоземельными ионами, с установлением связи между их структурными и люминесцентными свойствами. Влияние условий синтеза и термообработки на фазовый состав и спектральные характеристики выявлено и подтверждено экспериментально. Новизна подтверждена публикациями и докладами на международных конференциях.
		1) полностью новые;	
		2) частично новые (новыми являются 25-75%);	
		3) не новые (новыми являются менее 25%).	
		5.2 Выводы диссертации являются новыми?	Выводы основаны на собственных экспериментальных данных и носят оригинальный характер. Впервые показано влияние метода синтеза и режима охлаждения на структуру и люминесценцию боратов, включая переход цвета свечения. Новизна подтверждена публикациями в зарубежных и отечественных журналах,
		1) полностью новые;	
		2) частично новые (новыми являются 25-75%);	
		3) не новые (новыми являются менее 25%).	

			включая Crystal Growth & Design (IF = 3.4, Q1) и Journal of alloys and compounds (IF = 6.3, Q1).
		5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными:	В работе предложены оригинальные режимы синтеза и охлаждения боратных люминофоров, позволяющие управлять их спектральными характеристиками и фазовой чистотой. Новизна подтверждена созданием прототипа светодиода и получением патента, что свидетельствует о высоком прикладном потенциале разработанных решений.
		1) полностью новые;	
		2) частично новые (новыми являются 25-75%);	
		3) не новые (новыми являются менее 25%).	
6.	Обоснованность основных выводов	Все основные выводы **основаны**/не основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research (куолитатив ресеч) и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам).	Основные выводы диссертации подтверждены воспроизводимыми экспериментами и достоверными методами анализа: рентгенофазовым и структурным анализом, термическими, спектроскопическими и спектрорадиометрическими исследованиями. Результаты согласуются между собой и с литературными данными, что свидетельствует о научной обоснованности и надёжности выводов.
7.	Основные положения, выносимые на защиту	Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности: **Положение 1.** Среди использованных методов синтеза монотонное изменение параметра элементарной ячейки (β-угла) в твердых растворах KSr(Y,Tb)(BO3)2 в зависимости от состава образца обеспечивается только отжигом в атмосфере водорода с последующим медленным охлаждением со скоростью 5°C/ч.	**Положение 1** Установлено, что только отжиг в атмосфере водорода с медленным охлаждением (5 °C/ч) обеспечивает монотонное изменение β-угла в структуре твердых растворов $KSr(Y,Tb)(BO_3)_2$. Положение экспериментально подтверждено, не является очевидным, ранее в литературе не описано. Имеет потенциал применения для управления структурой аналогичных соединений. Результаты работы представлены в статье в Crystal Growth & Design (10.1021/acs.cgd.4c00140)
		7.1 Доказано ли положение?	
		1) доказано;	
		2) скорее доказано;	
		3) скорее не доказано;	
		4) не доказано;	
		5) в текущей формулировке проверить доказанность положения невозможно.	

		7.2 Является ли тривиальным?	
		1) да;	
		2) нет;	
		3) в текущей формулировке проверить тривиальность положения невозможно.	
		7.3 Является ли новым?	
		1) да;	
		2) нет;	
		3) в текущей формулировке проверить новизну положения невозможно.	
		7.4 Уровень для применения:	
		1) узкий;	
		2) средний;	
		3) широкий;	
		4) в текущей формулировке проверить уровень применения положения невозможно.	
		7.5 Доказано ли в статье?	
		1) да;	
		2) нет;	
		3) в текущей формулировке проверить доказанность положения в статье невозможно.	
		Положение 2. В изученных боратах KSr(Y,Tb)(BO3)2 максимальная интенсивность люминесценции тербия при длине волны 552 нм наблюдается для образца состава KSrY0,9Tb0,1(BO3)2, полученного методом твердофазного синтеза с последующим отжигом в атмосфере водорода и медленным охлаждением со скоростью 5°C/ч.	**Положение 2** Показано, что максимальная интенсивность зелёной люминесценции (552 нм) достигается при содержании 10 % Tb^{3+} в $KSrY(BO_3)_2$, синтезированном с восстановительным отжигом и контролируемым охлаждением. Вывод подтверждён спектральными измерениями, обладает научной новизной и практической значимостью для LED-технологий. Результаты представлены в статье в Journal of Alloys and Compounds (10.1016/j.jallcom.2022.167912)
		7.1 Доказано ли положение?	
		1) доказано;	

		2) скорее доказано;	
		3) скорее не доказано;	
		4) не доказано;	
		5) в текущей формулировке проверить доказанность положения невозможно.	
		7.2 Является ли тривиальным?	
		1) да;	
		2) нет;	
		3) в текущей формулировке проверить тривиальность положения невозможно.	
		7.3 Является ли новым?	
		1) да;	
		2) нет;	
		3) в текущей формулировке проверить новизну положения невозможно.	
		7.4 Уровень для применения:	
		1) узкий;	
		2) средний;	
		3) широкий;	
		4) в текущей формулировке проверить уровень применения положения невозможно.	
		7.5 Доказано ли в статье?	
		1) да;	
		2) нет;	
		3) в текущей формулировке проверить доказанность положения в статье невозможно.	
		Положение 3. Изменение скорости охлаждения после отжига в атмосфере водорода образцов KSrY0,1Tb0,9(BO3)2 и KSrY0,9Tb0,1(BO3)2 приводит к изменению цветовой характеристики люминесценции при УФ-возбуждении (λex = 375	**Положение 3.** Установлено, что изменение скорости охлаждения влияет на цвет люминесценции — от зелёного к синему при одинаковом возбуждении. Эффект подтверждён данными цветиметрии и ранее не был описан. Практическая

		нм) от зеленой к синей области спектра.	ценность — в возможности регулировки цвета без изменения состава. Представлено в статье в Химическом журнале Казахстана.
		7.1 Доказано ли положение?	
		1) доказано;	
		2) скорее доказано;	
		3) скорее не доказано;	
		4) не доказано;	
		5) в текущей формулировке проверить доказанность положения невозможно.	
		7.2 Является ли тривиальным?	
		1) да;	
		2) нет;	
		3) в текущей формулировке проверить тривиальность положения невозможно.	
		7.3 Является ли новым?	
		1) да;	
		2) нет;	
		3) в текущей формулировке проверить новизну положения невозможно.	
		7.4 Уровень для применения:	
		1) узкий;	
		2) средний;	
		3) широкий;	
		4) в текущей формулировке проверить уровень применения положения невозможно.	
		7.5 Доказано ли в статье?	
		1) да;	
		2) нет;	
		3) в текущей формулировке проверить доказанность положения в статье невозможно.	

8.	Принцип достоверности.	8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана:	Методология исследования обоснована и представлена в работе достаточно подробно. Применённые методы — твёрдофазный и раствор-расплавный — соответствуют цели получения боратных материалов различной морфологии. Условия легирования, режимы термообработки и используемые методы анализа выбраны корректно и обеспечивают достоверность и воспроизводимость полученных результатов.
	Достоверность источников и предоставляемой информации	**1) да;**	
		2) нет.	
		8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий:	Результаты диссертации получены с использованием современных экспериментальных и аналитических методов: рентгенофазового и рентгеноструктурного анализа, СЭМ с ЭДС, термического анализа, спектрорадиометрии и спектрофлуориметрии. Обработка данных проводилась с применением актуальных программных средств, включая метод уточнения Ле Бейла, что обеспечивает высокую точность интерпретации и подтверждает достоверность выводов.
		1) да;	
		2) нет.	
		8.3 Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены экспериментальным исследованием (для направлений подготовки по педагогическим наукам результаты доказаны на основе педагогического эксперимента):	Теоретические положения и выявленные закономерности подтверждены экспериментальными данными. Установлена устойчивая взаимосвязь между составом, структурными параметрами, условиями синтеза и люминесцентными свойствами, что делает выводы обоснованными, воспроизводимыми и научно достоверными.
		1) да;	
		2) нет.	
		8.4 Важные утверждения **подтверждены**/частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу.	Все ключевые утверждения диссертации подтверждены ссылками на актуальные и авторитетные научные источники. Литературный обзор опирается на современные отечественные и зарубежные публикации, отражающие как фундаментальные сведения о боратных соединениях, так и новейшие достижения в области люминесцентных материалов.

		8.5 Использованные источники литературы **достаточны**/не достаточны для литературного обзора.	Объём и состав использованной литературы (131 источник) свидетельствуют о полноте проведённого анализа. Приведенные источники обеспечивают надёжную теоретическую основу для диссертационного исследования и отражают актуальное состояние научной области.
9	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение:	Диссертационная работа расширяет фундаментальные знания в области химии твёрдого тела и кристаллохимии боратов. Установленные закономерности между составом, условиями синтеза и свойствами соединений способствуют более глубокому пониманию процессов фазообразования, легирования и формирования люминесцентных характеристик, что важно для дальнейших исследований в области функциональных материалов.
		1) да;	
		2) нет.	
		9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике:	Работа демонстрирует прикладной потенциал полученных материалов, синтезированных при точно подобранных режимах термообработки. Оптимизация условий синтеза позволяет получать соединения с воспроизводимыми люминесцентными характеристиками, пригодные для использования в LED-технологиях, фотонных и сенсорных устройствах. Управляемость спектральных свойств через выбор синтетических условий делает разработанные подходы практически значимыми для реального применения.
		1) да;	
		2) нет.	
		9.3 Предложения для практики являются новыми:	Предложенные в диссертации технологические решения по синтезу и термообработке боратных соединений с редкоземельными элементами отличаются оригинальностью и прикладной направленностью. Установленные условия получения материалов с управляемыми люминесцентными свойствами не имеют аналогов в существующей литературе. Возможность создания на их основе прототипа светодиодного
		1) полностью новые;	
		2) частично новые (новыми являются 25-75%);	
		3) не новые (новыми являются менее 25%).	

			устройства подтверждает потенциал практического внедрения результатов в разработке функциональных светотехнических материалов.
10.	Качество написания и оформления	Качество академического письма: 1) **высокое**; 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.	Диссертация выполнена на высоком уровне с точки зрения академического письма. Текст характеризуется логичностью, последовательностью и научной строгостью. Терминология используется корректно, структура соответствует требованиям, оформление иллюстраций, таблиц и ссылок — на должном уровне. Литературный обзор достаточен по объёму и включает актуальные источники. Язык изложения в целом ясен и научен, хотя в тексте встречаются отдельные стилистические неточности и единичные опечатки, не влияющие на восприятие содержания.
11.	Замечания к диссертации	1. В тексте диссертации имеются единичные опечатки и стилистические неточности, не оказывающие существенного влияния на восприятие содержания. 2. В разделе 3.3, посвящённом разработке прототипа светодиода, приведены спектральные характеристики устройства, включая координаты цветности, индекс цветопередачи и чистоту. Однако в работе отсутствует информация о квантовом выходе использованного люминофора $KSrY(BO_3)_2:0.2Eu^{3+}$, который является важным параметром при оценке эффективности люминесцентных материалов. 3. В тексте диссертации встречаются отдельные упоминания о коммерческих люминофорах и условиях их синтеза, однако отсутствует информация об их технических характеристиках (таких, как спектральные параметры, квантовый выход, стабильность и др.), что затрудняет проведение полноценного сравнительного анализа с разработанными в работе материалами.	
12.	Научный уровень статей докторанта по теме исследования (в случае защиты диссертации в форме серии статей официальные рецензенты комментируют	Научный уровень публикаций соответствует требованиям, предъявляемым к PhD-диссертациям. Докторантом опубликованы статьи в авторитетных международных журналах из базы Web of Science (Q1) Crystal Growth & Design и Journal of Alloys and Compounds, а также в отечественных научных изданиях, рекомендованных уполномоченным органом. Тематика публикаций охватывает все ключевые направления диссертационного исследования: синтез, структуру и люминесцентные свойства боратов, легированных редкоземельными элементами. Результаты подтверждены современными методами анализа и оформлены с соблюдением научных стандартов. Докторант является автором-корреспондентом в нескольких статьях, а также проявил активное участие на всех этапах — от проведения экспериментов до интерпретации данных, что подтверждает его высокий уровень научной квалификации.	

	научный уровень каждой статьи докторанта по теме исследования)	
13.	Решение официального рецензента (согласно пункту 28 настоящего Типового положения)	Решение официального рецензента: 1) Присвоить степень доктора философии (PhD) по образовательной программе «8D05301 – Химическая технология неорганических веществ».

Григорьева Вероника Дмитриевна

Официальный рецензент
Кандидат химических наук,
Старший научный сотрудник лаборатории роста кристаллов
Института неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН

Подпись заверяю
Уч. секретарь ИНХ СО РАН
О.А. Герасько
«27» 06 2025