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:	Работа выполнялась в рамках проектов грантового финансирования Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (ИРН AP08855427 и AP19575956), направленных на кристаллохимический дизайн и исследование оптических свойств новых боратных соединений редкоземельных элементов.
		1) диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы);	
		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 **вносит**/не вносит существенный вклад в науку, а ее важность хорошо **раскрыта**/не раскрыта.	Диссертационная работа вносит существенный вклад в развитие науки в области кристаллохимии и материаловедения. Теоретическая значимость заключается в установлении закономерностей формирования новых боратных соединений с участием катионов I–III валентности и влияния условий синтеза на

			их структуру и люминесценцию. Практическая значимость связана с возможностью получения материалов с заданными спектральными характеристиками для применения в оптических системах.
3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: **1) высокий;** 2) средний; 3) низкий; 4) самостоятельности нет.	Автор провёл анализ литературных источников, сформулировал цели и задачи исследования, участвовал в постановке и выполнении экспериментов по твердофазному и раствор-расплавному синтезу соединений, осуществлял физико-химический анализ (рентгенофазовый, термический, спектроскопический и др.), а также проводил интерпретацию полученных данных. Все ключевые этапы диссертационной работы выполнены при активном участии автора, что свидетельствует о его высокой научной квалификации и соблюдении принципа самостоятельности.
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации: **1) обоснована;** 2) частично обоснована; 3) не обоснована.	Актуальность темы диссертационной работы обоснована как с точки зрения фундаментальной науки, так и прикладных потребностей современной техники. В условиях активного развития светодиодных технологий возрастает необходимость в новых эффективных люминофорах, способных обеспечивать высокую светоотдачу, стабильность и широкую цветовую гамму при низких энергозатратах. В данной работе внимание сосредоточено на боратных соединениях системы $R_2O_3 – MeO – M_2O – B_2O_3$, обладающих высокой химической и термической стабильностью, способностью к легированию

			редкоземельными ионами и потенциально высокой люминесцентной активностью. Всё это делает тему исследования актуальной и соответствующей приоритетным направлениям в области материаловедения и оптоэлектроники.
		4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации: **1) отражает;** 2) частично отражает; 3) не отражает.	Структура и содержание диссертации логично выстроены и полностью соответствуют заявленной теме. В работе приведены: литературный обзор по боратообразующим системам, методам синтеза, особенностям люминесценции и структурам боратов; описание применённых методик синтеза и анализа; подробное рассмотрение полученных результатов; интерпретация данных, включая влияние условий синтеза на структуру и оптические свойства материалов; а также практическая реализация в виде прототипа светодиодного элемента.
		4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации: **1) соответствуют;** 2) частично соответствуют; 3) не соответствуют.	Цель и задачи диссертации напрямую соответствуют её теме и направлены на создание новых люминесцентных материалов на основе боратных матриц с заданными свойствами.
		4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны: **1) полностью взаимосвязаны;** 2) взаимосвязь частичная; 3) взаимосвязь отсутствует.	Все главы и разделы диссертации логически связаны и подчинены единой научной цели. Теоретическая часть плавно переходит в описание экспериментальной методологии, затем — в анализ полученных соединений, а далее — в интерпретацию результатов и формулирование научных положений. Представленные в диссертации основные положения, выносимые на защиту, напрямую вытекают из

			экспериментальных данных и отражают вклад автора в решение поставленных задач. Это свидетельствует о высокой степени внутреннего единства и структурной логики научной работы.
		4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями:	Предложенные в работе методы синтеза, условия легирования, режимы охлаждения и отжига сопровождаются критическим сравнением с известными подходами и обоснованием выбора тех или иных параметров. Например, установлено, что отжиг в водородной атмосфере с последующим медленным охлаждением обеспечивает оптимальные параметры структуры и максимальную интенсивность люминесценции. Также показано, что скорость охлаждения влияет на фазовые переходы и цветовые характеристики материалов. Все новые научные результаты опираются на экспериментальные данные и подтверждаются различными методами анализа, что делает предложения автора убедительными и научно состоятельными.
		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?	В диссертационной работе получены оригинальные научные результаты, ранее не описанные в доступной научной литературе. Впервые осуществлён комплексный синтез и детальное исследование кристаллохимических и люминесцентных свойств боратов $NaBaSc(BO_3)_2$ и $KSrY(BO_3)_2$, легированных редкоземельными элементами. Установлены взаимосвязи между структурными параметрами и люминесцентными характеристиками, выявлены влияния температурного режима и условий охлаждения на фазовый состав и оптические свойства. Результаты были представлены и обсуждены на
		1) полностью новые;	
		2) частично новые (новыми являются 25-75%);	
		3) не новые (новыми являются менее 25%).	

			международных научных конференциях, что подтверждает их новизну и актуальность.
		5.2 Выводы диссертации являются новыми?	Сформулированные выводы основаны на экспериментальных данных, полученных лично автором, и имеют оригинальный характер. Впервые показано влияние метода синтеза и скорости охлаждения на изменение структуры и интенсивности люминесценции, в том числе на переход от зелёного к синему свечению. Новыми являются выводы о стабилизации окисленных форм ионов в кристаллической решётке, а также об управлении оптическими характеристиками материалов на основе боратов. Подтверждением научной новизны выводов служат публикации в высокорейтинговых международных журналах (в том числе Crystal Growth & Design, IF = 6.3, Q1).
		1) полностью новые;	
		2) частично новые (новыми являются 25-75%);	
		3) не новые (новыми являются менее 25%).	
		5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными:	Разработаны и внедрены новые подходы к синтезу и модификации боратных люминофоров с контролируемыми спектральными характеристиками. Предложены оригинальные температурные режимы отжига и охлаждения, обеспечивающие высокую фазовую чистоту и стабильность материала. Практическая значимость работы подтверждается созданием прототипа светодиода, демонстрирующего эффективное излучение при возбуждении УФ-лампой, и получением патента на способ получения люминесцентных материалов. Полученные решения обладают прикладным потенциалом в разработке современных источников света и оптических элементов.
		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).	Все основные выводы диссертационной работы обоснованы и подкреплены весомыми научными доказательствами. Они основаны на результатах, полученных в ходе тщательно спланированных и воспроизводимых экспериментов, включающих твердофазный и раствор-расплавный синтез, рентгенофазовый анализ, структурные исследования методом Ритвельда, термический и спектроскопический анализ. Надёжность полученных данных подтверждается их согласованностью между различными методами анализа, а также сопоставлением с существующими литературными данными.
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 $KSr(Y,Tb)(BO_3)_2$ в зависимости от состава образца обеспечивается только отжигом в атмосфере водорода с последующим медленным охлаждением со скоростью 5°C/ч. 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;**	**Положение 1.** Это положение является научно доказанным на основе данных рентгенофазового анализа и уточнения параметров кристаллической решётки. Оно не является тривиальным, поскольку подобная зависимость β-угла от условий термообработки ранее не была очевидна и требует строго определённого синтетического подхода. Полученный результат является новым для исследуемого класса боратных соединений и отражает оригинальность подхода к управлению структурными характеристиками. Учитывая универсальность подхода, данное положение имеет широкий потенциал применения при конструировании других боратных и оксидных матриц с заданными кристаллохимическими свойствами. Актуальность и достоверность вывода подтверждены публикацией результатов в высокорейтинговом международном журнале Crystal Growth & Design (Q1, Web of Science).

		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 $KSr(Y,Tb)(BO_3)_2$ максимальная интенсивность люминесценции тербия при длине волны 552 нм наблюдается для образца состава $KSrY_{0,9}Tb_{0,1}(BO_3)_2$, полученного методом твердофазного синтеза с последующим отжигом в атмосфере водорода и медленным охлаждением со скоростью 5°C/ч.	**Положение 2.** Данный результат подтверждён данными фотолюминесцентного анализа и спектральных измерений, что свидетельствует о его научной достоверности. Вывод представляет собой новое знание в области оптимизации спектральных характеристик боратных люминофоров, ранее не описанное в научной литературе. Благодаря возможности получения высокоинтенсивного зелёного свечения, данное положение имеет широкий потенциал для практического использования в светодиодных
		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.	источниках и других оптических устройствах. Апробация и признание данного результата подтверждаются публикацией в журнале Crystal Growth & Design и включением в патент на способ получения новых люминесцентных материалов.
		Положение 3. • Изменение скорости охлаждения после отжига в атмосфере водорода образцов $KSrY_{0,1}Tb_{0,9}(BO_3)_2$ и $KSrY_{0,9}Tb_{0,1}(BO_3)_2$ приводит к изменению цветовой характеристики люминесценции при УФ-возбуждении (λex = 375 нм) от зеленой к синей области спектра..	**Положение 3.** Данный вывод подтверждён результатами спектроскопических исследований и анализом координат цветности на диаграммах CIE, что делает его научно обоснованным. Наблюдаемый эффект нельзя считать очевидным, поскольку влияние скорости охлаждения на

		7.1 Доказано ли положение?	спектральный сдвиг в боратных системах не описано в предыдущих работах. Таким образом, положение обладает признаками научной новизны. Практическая значимость обусловлена возможностью тонкой настройки цвета излучения без изменения химического состава, что расширяет область применения в дизайне адаптивных светодиодных систем. Результаты по данному положению представлены в публикациях и докладах, в том числе на международных конференциях, что подтверждает признание их оригинальности научным сообществом.
		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:	В работе подробно описаны и обоснованы используемые подходы к синтезу и исследованию соединений. Выбор твердофазного и раствор-расплавного методов синтеза обусловлен задачами получения как мелкокристаллических, так и монокристаллических образцов боратов. Подходы к легированию и контролю условий термообработки соответствуют современным требованиям к точности и воспроизводимости химических экспериментов.
	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:	Все экспериментальные результаты получены с применением современных научных методов: рентгенофазового и рентгеноструктурного анализа, сканирующей электронной микроскопии с энергодисперсионной спектроскопией, термогравиметрического анализа, спектрорадиометрии, спектрофлуориметрии. Для обработки и интерпретации экспериментальных данных использовались программные средства, в том числе метод Ритвельда для уточнения параметров кристаллической решетки, что обеспечивает высокую точность полученных 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):	Все ключевые положения, выводы и установленные закономерности имеют экспериментальное подтверждение. Взаимосвязь между структурными параметрами, составом, условиями синтеза и люминесцентными характеристиками систематически исследована, что позволяет считать сделанные выводы доказанными и воспроизводимыми.
		1) да;	
		2) нет.	

		8.4 Важные утверждения **подтверждены**/частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу.	Все важные научные утверждения и положения обоснованы с опорой на авторитетные источники. Литературный обзор включает ссылки на актуальные международные и отечественные публикации, охватывающие как общие сведения о боратных системах, так и современные достижения в области люминесцентных материалов (всего 131 наименований).
		8.5 Использованные источники литературы **достаточны**/не достаточны для литературного обзора.	Список использованных источников включает 131 наименование, что отражает полноту анализа существующих исследований и обеспечивает надёжную теоретическую базу для проведённой работы.
9	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение:	Работа вносит вклад в развитие фундаментальных представлений в области химии твёрдого тела и материаловедения. Установлены кристаллохимические особенности формирования боратных соединений, содержащих катионы I-, II- и III-валентности, а также выявлены закономерности, связывающие условия синтеза с фазовыми, структурными и люминесцентными свойствами. Эти знания расширяют научную базу по фазообразованию, легированию и управлению люминесцентными характеристиками в боратных матрицах.
		1) да;	
		2) нет.	
		9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике:	Установленные в работе оптимальные параметры синтеза (температурные режимы, атмосфера, скорость охлаждения) позволяют получать люминесцентные материалы с заданными свойствами, высокой фазовой чистотой и стабильной структурой. Такие материалы имеют потенциал применения в составе люминесцентных компонентов для светодиодов,
		1) да;	
		2) нет.	

			фотонных устройств и других оптоэлектронных систем. Выявленная возможность управления цветностью люминесценции в зависимости от метода синтеза также открывает путь к целенаправленному созданию функциональных материалов для светотехнических и сенсорных приложений.
		9.3 Предложения для практики являются новыми: **1) полностью новые;** 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%).	Разработанные методики синтеза боратов, содержащих редкоземельные элементы, и условия термообработки, влияющие на структурные параметры и оптические свойства, являются оригинальными. Предложенные подходы не только научно обоснованы, но и технологически воспроизводимы. Особенно важно, что экспериментально продемонстрирована возможность создания прототипа светодиодного устройства на основе разработанного люминофора, что подтверждает прикладной характер диссертации и перспективу практической реализации полученных результатов.
10.	Качество написания и оформления	Качество академического письма: 1) высокое; 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.	Качество написания и оформления диссертации можно оценить как высокое. Материал изложен логично, последовательно и научным стилем. Терминология использована корректно, структура соответствует требованиям к оформлению диссертационных работ, разделы логически взаимосвязаны и раскрывают тему исследования в полном объёме. Иллюстрации, таблицы и ссылки оформлены грамотно и в соответствии с нормами. Объём и глубина литературного обзора достаточны, ссылки актуальны. Язык изложения научный, без

			фактических и стилистических ошибок, что свидетельствует о внимательном подходе автора к оформлению работы и владении академическим письмом.
11.	Замечания к диссертации	1. В тексте диссертационной рукописи имеются единичные опечатки, а также сложные по структуре предложения, восприятие которых затруднено из-за перегруженности специальной терминологией. 2. В диссертации встречаются технические опечатки, например, на стр. 79 пишется, что в рамках проекта.... 3. В пункте 3.1.2 «Легирование $KSrY(BO_3)_2$ ионами церия» указано, что уточнение структуры проведено методом Ле Бэйля, тогда как в разделе «Заключение» упоминается метод Ритвельда. Чем обусловлено использование различных методов уточнения? 4. Отмечается несоответствие между заявленным цветом свечения прототипа светодиода (ярко-красный) и приведёнными координатами цветности на диаграмме CIE (x = 0,2570, y = 0,1691), которые находятся ближе к синей области спектра. Следует пояснить причину этого расхождения: возможно, это связано с ошибкой интерпретации координат, опечаткой или некорректной калибровкой измерений. 5. В разделе «Выводы» приводится таблица. Следует пояснить её необходимость в данном разделе: как она дополняет или обобщает полученные результаты? 6. Представляется целесообразным включить в работу сравнение полученных люминофоров с коммерческими аналогами либо с другими синтезированными соединениями, для оценки эффективности предложенных материалов.	
12.	Научный уровень статей докторанта по теме исследования (в случае защиты диссертации в форме серии статей официальные рецензенты комментируют научный уровень каждой статьи докторанта по теме исследования)	Публикации включают статьи в авторитетных международных рецензируемых научных журналах, входящих в первую квартильную группу (Q1) базы данных Web of Science, таких как Crystal Growth & Design и Journal of Alloys and Compounds, что указывает на признание научного сообщества и высокий импакт-фактор изданий. Тематика статей напрямую соответствует теме диссертационной работы и охватывает ключевые направления исследования: синтез, структурные особенности и люминесцентные свойства боратов, легированных редкоземельными элементами. В статьях представлены оригинальные результаты, включая синтез новых соединений, уточнение их кристаллической структуры, экспериментальные данные по фотолюминесценции, и обсуждение взаимосвязи между условиями синтеза и оптическими характеристиками. Доказательная база подкреплена современными методами анализа, такими как РФА, РСА, спектроскопия, СЭМ и термический анализ. Личный вклад докторанта в публикации подтверждён проведением ключевых экспериментальных этапов, участием в анализе и интерпретации данных. Это свидетельствует о его высокой научной квалификации и	

		активности в международной научной среде. Таким образом, научный уровень публикаций соответствует требованиям, предъявляемым к диссертационным исследованиям PhD.
13.	Решение официального рецензента (согласно пункту 28 настоящего Типового положения)	Решение официального рецензента: 1) присудить степень доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D05301 – «Химическая технология неорганических веществ».

Официальный рецензент:
главный научный сотрудник
лаборатории термохимических процессов
Химико-металлургического института им. Ж.Абишева
д.х.н., профессор, **Ш.Б. Касенова**

Подпись д.х.н., проф., г.н.с. лаборатории термохимических процессов ХМИ им. Ж.Абишева Касеновой Ш.Б. заверяю.

Заместитель директора по научной работе ХМИ им. Ж.Абишева,
к.т.н. **Н.Ю. Лу**