

ПИСЬМЕННЫЙ ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО РЕЦЕНЗЕНТА

на диссертационную работу Самарханова Куаныша Қанатұлы на тему «**Экспериментальное исследование процессов преобразования энергии продуктов ядерной реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$ в энергию оптического излучения**», представленную на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D05301 – «Физика»

№п/п	Критерии	Соответствие критериям (необходимо отметить один из вариантов ответа)	Обоснование позиции официального рецензента
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: 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)	Диссертационная работа соответствует приоритетному направлению развития науки «Энергия, передовые материалы и транспорт» по специализированному научному направлению «Атомная энергетика, ядерные технологии и использование атомной энергии». Диссертационная работа выполнена в рамках грантового проекта, финансируемого из государственного бюджета Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан на тему «Исследование по созданию квазинепрерывного лазера на р-s-переходе атома инертного газа с возбуждением продуктами ядерной реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$» за 2020-2022 годы (AP08856017). Часть работы выполнена в рамках реализации Республиканской бюджетной программы 036 «Развитие атомных и энергетических проектов» Подпрограммы 105 «Прикладные научные исследования технологического характера в сфере атомной энергетики» мероприятия «Развитие атомной энергетики в Республике Казахстан» по теме: «Разработка физических основ вывода энергии из ядерного реактора в виде когерентного оптического излучения», финансируемого из государственного бюджета Министерства энергетики Республики Казахстан (BR09158470).
2.	Важность для	Работа <u>вносит</u> /не вносит существенный вклад в	Важность диссертационной работы хорошо раскрыта и

	науки	науку, а ее важность хорошо раскрыта /не раскрыта	соответствует современным научным приоритетам в области физики плазмы и ядерных технологий. Работа вносит существенный вклад в развитие науки, поскольку впервые на экспериментальном уровне обоснована возможность применения ядерной реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$ в качестве эффективного средства возбуждения газовых сред в условиях накачки в активной зоне ядерного реактора. Это направление остаётся слабо исследованным как в отечественной, так и в международной научной литературе, особенно в аспекте взаимодействия продуктов ядерной реакции с инертными газами и образования ядерно-возбуждаемой плазмы. Таким образом, полученные результаты восполняют важный пробел в понимании фундаментальных процессов преобразования ядерной энергии в энергию оптического излучения. В то же время работа имеет и прикладное значение: разработанные экспериментальные подходы и методики могут быть использованы при создании новых ядерно-оптических преобразователей, нейтронно-оптических детекторах в ядерных установках, такие как РГП «НЯЦ РК», РГП «ИЯФ». Таким образом, диссертация обладает высокой степенью научной новизны, демонстрирует междисциплинарный подход и вносит ценный вклад в развитие как фундаментальных представлений, так и прикладных решений в области ядерной физики и физики плазмы.
3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: 1) Высокий; 2) Средний; 3) Низкий;	Принцип самостоятельности в диссертационной работе полностью соблюден. Соискатель проявил высокий уровень самостоятельности при выполнении всех этапов исследования – от постановки задач и

		4) Самостоятельности нет	теоретического обоснования до проведения экспериментов и формулирования выводов. Ключевые элементы, подтверждающие высокий уровень самостоятельности: • самостоятельно проведённый анализ литературы и постановка цели и задач исследования; • непосредственное участие во всех этапах вне реакторных и реакторных экспериментов, включая подготовку оборудования и интерпретацию результатов; • автором проведён анализ и обработка экспериментальных данных, на основе которых сформулированы основные научные выводы диссертационной работы. Таким образом, уровень самостоятельности выполнения диссертации Самархановым К.К. оценивается как высокий.
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации: 1) Обоснована; 2) Частично обоснована; 3) Не обоснована.	Актуальность диссертационной работы полностью обоснована. Исследование направлено на решение междисциплинарных задач на пересечении ядерной физики, оптики и физики низкотемпературной плазмы, что соответствует приоритетным научным направлениям. Соискателем выполнен глубокий анализ современных методов возбуждения газовых сред, выявлены ограничения их применения в условиях интенсивного нейтронного излучения. Научная новизна и значимость работ подтверждаются успешным проведением уникальных экспериментов на исследовательских реакторах ИВГ.1М и ИГР, а также разработкой специализированной экспериментальной установки и методики внутриреакторных исследований. Диссертация демонстрирует четкую логическую структуру, начиная с формулировки целей и задач,

			включая теоретические обоснования, и завершая практическими результатами, полученными в ходе оригинальных экспериментов. Таким образом, принцип внутреннего единства соблюден, а актуальность темы диссертационной работы обоснована в полном объеме.
		4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации: 1) Отражает; 2) Частично отражает; 3) Не отражает	Содержание диссертации полностью отражает ее тему. Все разделы диссертации логично структурированы и соответствуют заявленной научной проблематике. Пять основных глав посвящены исследованию спектрально-временных характеристик оптического излучения инертных газов, возбуждаемых импульсным пучком быстрых электронов и продуктами реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$, что напрямую связано с темой диссертации. Таким образом, содержание диссертации отражает тему диссертации в полном объеме.
		4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации: 1) соответствуют; 2) частично соответствуют; 3) не соответствуют	Цель и задачи диссертационной работы полностью соответствуют ее теме. Заявленная цель – установление закономерностей формирования излучающих состояний в смесях инертных газов при распылении лития продуктами ядерной реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$ – напрямую связана с тематикой диссертации. Сформулированные соискателем три основные задачи логично вытекают из цели и охватывают ключевые аспекты, необходимые для ее достижения. Таким образом, структура исследования отличается внутренней согласованностью и тематической целостностью. Таким образом, цель и задачи диссертации соответствуют ее теме.
		4.4 Все разделы и положения диссертации логически	Все разделы и положения диссертации полностью

		взаимосвязаны: 1) <u>полностью взаимосвязаны;</u> 2) взаимосвязь частичная; 3) взаимосвязь отсутствует	логически взаимосвязаны. Структура работы выстроена последовательно: от постановки цели и задач в обзорной части – к расчётно-теоретическому обоснованию, затем к поэтапному изложению внереакторных и реакторных экспериментов с последующим анализом и интерпретацией результатов. Это свидетельствует о высокой степени логической согласованности всех разделов диссертации и целостности проведённого исследования. Таким образом, диссертация представляет собой целостную и завершённую научную работу, характеризующуюся внутренним единством всех ее разделов.
		4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями: 1) <u>критический анализ есть;</u> 2) анализ частичный; 3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов; 4) анализ отсутствует.	Предложенные автором новые решения (методические подходы к исследованию ядерно-возбуждаемой плазмы, образованная при взаимодействии продуктов ядерной реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$ с газовыми смесями) аргументированы. Соискателем проведено внедрение новых методических подходов к исследованию ядерно-возбуждаемой плазмы, в том числе впервые в реакторных условиях на установках ИВГ.1М и ИГР. Разработанная экспериментальная установка, методика и система оптической регистрации адаптированы к специфике нейтронно-гамма-фона и представляют собой оригинальное техническое решение. Также в работе выполнено сравнение с ранее применяемыми методами, основанными на других ядерных реакциях, таких как ${}^3\text{He}(n,p){}^3\text{H}$, ${}^{10}\text{B}(n,\alpha){}^7\text{Li}$, и ${}^{235}\text{U}(n,f)$, что свидетельствует о наличии критического анализа известных подходов и аргументации преимуществ предложенного способа возбуждения газовых сред.
5.	Принцип	5.1 Научные результаты и положения являются	Научные результаты и положения диссертации являются

	научной новизны	новыми? 1) <u>полностью новые</u>; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	полностью новыми. Работа посвящена малоизученному направлению – исследованию процессов прямого преобразования энергии продуктов ядерной реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$ в энергию оптического излучения в газовых средах, что само по себе является новым подходом. Впервые реализованы эксперименты по люминесценции инертных газов под действием продуктов этой реакции в активной зоне исследовательских реакторов, разработаны оригинальные экспериментальные установки и методики. Достоверность и новизна результатов подтверждается публикациями в рецензируемых научных изданиях.
		5.2 Выводы диссертации являются новыми? 1) <u>полностью новые</u>; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Основные выводы диссертации являются полностью новыми. Выводы сформулированы на основе оригинальных расчетно-экспериментальных данных, полученных автором в ходе как вне реакторных, так и внутри реакторных исследований. Они опираются на всесторонний анализ спектрально-временных характеристик излучения, возникающего при взаимодействии продуктов реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$ с газовыми смесями, и не заимствованы из ранее опубликованных источников.
		5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными: 1) <u>полностью новые</u>; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Технические и технологические решения, использованные в диссертации, являются полностью новыми и обоснованными. Автором впервые разработаны и реализованы методики проведения экспериментов по возбуждению инертных газов наносекундным электронным пучком, а также оригинальные методики внутри реакторных исследований с использованием продуктов реакции

			${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$. Эти решения отличаются высокой степенью оригинальности , адаптированы к условиям нейтронно-гамма-облучения, и обладают подтвержденной прикладной значимостью для проведения аналогичных исследований.
6.	Обоснованность основных выводов	Все основные выводы <u>основаны</u> /не основаны на весомах с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам)	Основные выводы диссертационной работы основаны на весомах с научной точки зрения доказательствах и являются достаточно хорошо обоснованными . Они подтверждаются совокупностью экспериментальных данных и расчетных результатов, полученных с использованием современных, валидированных и апробированных методов. В работе прослеживается четкая взаимосвязь между поставленными задачами, методами их решения и сформулированными выводами. Все положения диссертации логично вытекают из результатов исследования, что свидетельствует о высокой степени научной обоснованности .
7.	Основные положения, выносимые на защиту	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;	На защиту диссертации выносятся три основных положения: 1. Разработана и впервые реализована экспериментальная установка и методика проведения внутриреакторных экспериментов на реакторе ИГР для исследования спектрально-временных характеристик излучения газовых смесей, возбуждаемых продуктами ядерной реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$. Сконструирован специализированный комплекс, включающий газо-вакуумную систему на базе TURBOLAB 90i, интегрированную информационно-измерительную систему, а также облучательное устройство, загружаемую непосредственно в центральный канал активной зоны реактора ИГР. Для регистрации излучения использован современный

		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.	диагностический инструментарий: спектрометр QE Pro-Abs, фотодетекторы DET100/AM, PDA10D2, блок фотонного умножения с монохроматором МДР-204, а также осциллографы Tektronix, сопряжённые с программным обеспечением Keithley KickStart. Методика проведения экспериментов в импульсном режиме («Вспышка») включает регламентированный порядок подготовки, синхронизацию с реакторным импульсом и алгоритм сбора и обработки данных, что обеспечивает высокую воспроизводимость и безопасность исследований. 7.1 Положение доказано 7.2 Положение не является тривиальным 7.3 Положение является новым 7.4 Уровень для применения широкий 7.5 Положение доказано в статьях 2. Получены новые экспериментальные данные по спектрально-временным характеристикам оптического излучения при распылении лития в инертный газ под воздействием ионизирующего излучения. В серии экспериментов, проводимых с использованием наносекундного ускорителя электронов установлено, что при 650–680 К в спектрах инертных газов появляются характерные линии атомарного лития. Их интенсивность возрастает с повышением температуры. Синхронная регистрация излучения атомов инертного газа и лития показала, что максимум интенсивности наступает через 20–30 нс после воздействия электронного импульса. Во внутриреакторных условиях на реакторе ИГР впервые получены воспроизводимые спектры и временные осциллограммы излучения, возбуждаемого продуктами ядерной реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$. Надёжно
--	--	---	--

		зафиксированы спектральные линии на длинах волн 750,4 нм (Ar) и 823 нм (Xe), соответствующие эмиссии атомов инертных газов и продуктов взаимодействия. 7.1 Положение доказано 7.2 Положение не является тривиальным 7.3 Положение является новым 7.4 Уровень для применения широкий 7.5 Положение доказано в статьях 3. Выявлены механизмы заселения и дезактивации энергетических уровней на $2p-1s$ переходах атомов инертных газов и определена кинетика плазменных процессов в ядерно-возбуждаемой плазме. По результатам внереакторных экспериментов установлено, что начальное заселение возбуждённых уровней атомов лития происходит вследствие поверхностной ионизации, инициируемой взаимодействием подогретой литиевой мишени с метастабильными атомами инертного газа. Дальнейшее возбуждение и эмиссия происходят в объёме газа в результате плазмохимических реакций. Во внутриреакторных исследованиях были идентифицированы ключевые каналы плазмохимических реакций, включая реакцию Пеннинга как основной механизм заселения возбужденных состояний атомов лития. Дезактивация нижнего уровня переходов $2p-1s$ инертных газов преимущественно осуществляется за счёт тушения атомами лития. Анализ данных, как внереакторных, так и реакторных экспериментов позволил выявить общие закономерности возбуждения плазмы при различных типах ионизирующего излучения. 7.1 Положение доказано
--	--	---

			7.2 Положение не является тривиальным 7.3 Положение является новым 7.4 Уровень для применения широкий 7.5 Положение доказано в статьях
8.	Принцип достоверности Достоверность источников и предоставляемой информации	8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана 1) <u>да</u>; 2) нет	Выбор методов исследования в диссертационной работе обоснован и подробно описан. Применён комплексный подход, сочетающий физическое моделирование, численные расчёты и прямые измерения, что соответствует поставленным целям и задачам. Метод возбуждения газовой среды продуктами реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$ реализован впервые и логично обоснован в рамках концепции исследования. Надёжность результатов обеспечена воспроизводимостью экспериментов, как в внереакторных, так и в реакторных условиях, использованием сертифицированного оборудования, а также многократной верификацией результатов различными независимыми методами (оптическая спектроскопия, временная развертка, масс-спектрометрия и др.). Таким образом, диссертационная работа соответствует принципу достоверности, а представленные сведения и выводы обоснованы, воспроизводимы и опираются на корректные источники научной информации.
		8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий: 1) <u>да</u>; 2) нет	В диссертации применён широкий спектр современных научных методов, включая физическое и численное моделирование. Для расчета тепловых и нейтронных характеристик использовались лицензионные и признанные в научном сообществе программные продукты ANSYS и MCNP, а для расчета длин свободного пробега продуктов ядерной реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$ использовался программный комплекс

			программа LISE++. Обработка экспериментальных данных спектрально-временных характеристик велась с использованием современных лицензионных программных средств OceanView, SpectraSuite и Keithley KickStart, что обеспечивает высокую точность интерпретации и воспроизводимость результатов.
		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): 1) <u>да</u>; 2) нет	Все теоретические положения диссертации прошли экспериментальную проверку. Установлены характерные особенности формирования ядерно-возбуждаемой плазмы при взаимодействии продуктов реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$ с инертными газами в условиях реакторного излучения. Эксперименты подтвердили основные каналы заселения и дезактивации энергетических уровней, включая реакции Пеннинга и механизмы тушения излучающих состояний, а также позволили уточнить кинетику и временные характеристики оптического излучения, что подтверждает достоверность выявленных закономерностей.
		8.4 Важные утверждения <u>подтверждены</u>/частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу	В диссертационной работе все ключевые положения и выводы опираются на актуальные и авторитетные источники научной литературы, включая публикации в международных рецензируемых изданиях. Ссылки на современные исследования обеспечивают не только обоснованность выбранных подходов, но и достоверность использованных данных для численного моделирования и интерпретации экспериментальных результатов. Это свидетельствует о высоком уровне проработки теоретической базы исследования.

		8.5 Используемые источники литературы <u>достаточно</u> /не достаточны для литературного обзора	Литературный обзор, представленный в диссертационной работе, базируется на достаточном количестве актуальных и релевантных источников, охватывающих ключевые направления исследования, а также методами спектрально-временной диагностики. Приведённые публикации обеспечивают теоретическую обоснованность исследования , отражают современное состояние научной проблемы и служат надёжной основой для построения и реализации экспериментальной части работы.
9.	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: 1) <u>да</u> ; 2) нет	Диссертационная работа обладает значительным теоретическим значением . Полученные результаты могут быть использованы при разработке и уточнении физических моделей формирования ядерно-возбуждаемой плазмы, а также в более широком контексте – моделирования плазменных процессов , происходящих под действием ионизирующего излучения. Выявленные закономерности, а также описанная кинетика возбужденных состояний инертных газов и лития формируют основу для дальнейших теоретических и аналитических исследований в области ядерной и плазменной физики.
		9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: 1) <u>да</u> ; 2) нет	Диссертация обладает высокой прикладной ценностью , поскольку разработанные экспериментальные методики, включая специализированную установку, систему оптической регистрации и облучательное устройство с литиевым источником, уже прошли успешную апробацию в условиях реактора ИГР. Эти наработки могут быть адаптированы и применены на других исследовательских и энергетических ядерных установках .

		9.3 Предложения для практики являются новыми? 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Сформулированные в диссертационной работе предложения для практического применения являются полностью новыми. Впервые предложен и реализован новый способ возбуждения газовых сред продуктами ядерной реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$ в условиях реакторного облучения. Разработанные технические решения и методики могут найти применение в разработке лазеров с ядерной накачкой, а также при создании нейтронных детекторов и ядерно-оптических преобразователей. Предложенные подходы обладают потенциалом практического применения в научно-исследовательских учреждениях, работающих в сфере лазеров с ядерной и электронной накачкой.
10.	Качество написания и оформления	Качество академического письма: 1) высокое; 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.	Качество академического письма диссертации оценивается как высокое. Работа выполнена на высоком научном уровне и представляет собой завершенное научно-исследовательское исследование, соответствующее требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание степени PhD.
11.	Замечания к диссертации	- В тексте диссертации требуется дополнительно проверить корректность оформления ссылок на источники. Рекомендуется привести все ссылки в единый формат и соответствие требованиям ГОСТ, что улучшит качество работы и повысит ее научную ценность. - Некоторые рисунки в работе приведены с подписями и обозначениями на английском языке. Необходимо привести все подписи к рисункам и обозначения в соответствие с языком изложения диссертации. - В ряде мест (например, в списке сокращений и в тексте глав) встречаются неоднородности в форматировании аббревиатур и ссылок на источники, которые желательно унифицировать в соответствии с требованиями ГОСТ. - Также, в тексте диссертации имеются отдельные орфографические и пунктуационные ошибки, а также стилистические неточности, которые рекомендуется устранить при окончательном редактировании. Однако, вышеприведенные замечания не снижают научно-практической ценности диссертации, которая выполнена на высоком научном уровне и представляет собой законченную самостоятельную научно-исследовательскую работу.	

12.	Научный уровень статей докторанта по теме исследования	Научный уровень публикаций соискателя оценивается как высокий . Опубликованные материалы (5 статей в журналах, индексируемых в базах данных <i>Scopus</i> и/или <i>Web of Science</i> , а также патент на полезную модель) полноценно отражают основные результаты диссертационной работы. Публикации содержат оригинальные или апробированные научные подходы к решению поставленных задач и подтверждают самостоятельность и научную состоятельность автора в выбранной области исследований.
13.	Решение официального рецензента	Диссертационная работа Самарханова Қ.Қ. на тему «Экспериментальное исследование процессов преобразования энергии продуктов ядерной реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$ в энергию оптического излучения» выполнена на высоком научном уровне и представляет собой завершенное самостоятельное научно-исследовательское исследование. Работа соответствует всем требованиям Правил присуждения степеней Комитета по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан. Учитывая изложенное, считаю, что Самарханов Куаныш Қанатұлы, несомненно, заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D05301 – «Физика».

Официальный рецензент:

доктор физико-математических наук,
академик НАН РК при Президенте
Республики Казахстан, профессор
кафедры плазмы, нанотехнологии и
компьютерной физики физико-
технического факультета НАО
«Казахский национальный университет
имени аль-Фараби»

Қолын растадым
Подпись: _____

Шаркеева М.А.



Рамазанов Т.С.