

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	<p>1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки или государственным программам:</p> <p>1) <u>Диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы)</u></p> <p>2) Диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (указать название программы)</p> <p>3) Диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление)</p>	<p>Диссертационная работа соответствует приоритетному направлению развития науки «Энергия, передовые материалы и транспорт» по специализированному научному направлению «Атомная энергетика, ядерные технологии и использование атомной энергии».</p> <p>Диссертационная работа выполнена в рамках грантового проекта, финансируемого из государственного бюджета Министерством 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).</p>
2.	Важность для науки	Работа <u>вносит</u> /не вносит существенный вклад в науку, а ее важность хорошо <u>раскрыта</u> /не раскрыта	Важность диссертационной работы подробно раскрыта , и она вносит существенный вклад в развитие фундаментальной и прикладной науки в области физики низкотемпературной плазмы. Вклад диссертационной работы в развитие науки заключается в обосновании возможности использования ядерной реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$ в качестве поверхностного источника

			возбуждения газовых сред в активной зоне ядерного реактора. Разработанные в диссертационной работе экспериментальные подходы могут найти практическое применение в системах контроля функционирования ядерных реакторов, в том числе находящихся в Национальном ядерном центре и в Институте ядерной физики, а также при разработке ядерно-оптических преобразователей и нейтронных детекторов.
3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: 1) Высокий; 2) Средний; 3) Низкий; 4) Самостоятельности нет	Соискатель проявил высокую степень самостоятельности при выполнении исследований в рамках диссертационной работы. Автором самостоятельно выполнен весь цикл исследования: проведен литературный обзор, сформулированы цель и задачи исследования, рассчитаны длины свободного пробега продуктов ядерной реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$ с использованием программного комплекса LISE++. Самарханов К.К. принимал непосредственное участие в подготовке и проведении как вне реакторных, так и реакторных экспериментальных исследований, самостоятельно разрабатывал отчетную документацию и формулировал основные выводы диссертационной работы.
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации: 1) Обоснована; 2) Частично обоснована; 3) Не обоснована.	Актуальность диссертационной работы полностью обоснована. Исследования посвящены междисциплинарным задачам на стыке ядерной физики, оптики и физики низкотемпературной плазмы. В рамках литературного обзора соискателем проанализированы современные подходы к возбуждению газовых сред высокоэнергетическими частицами, выявлены ограничения существующих методов в условиях нейтронного излучения. Научные и технические предпосылки к исследованию связаны с необходимостью расширения экспериментальной базы

			<p>для изучения спектрально-временных характеристик оптического излучения в активной зоне ядерного реактора. Впервые на исследовательском реакторе ИВГ.1М успешно проведены эксперименты по люминесценции инертных газов, возбуждаемых продуктами реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$. Полученные результаты стали основой для перехода к следующему этапу – исследованию порога генерации на реакторе ИГР при плотности потока тепловых нейтронов до $7 \cdot 10^{16}$ н/см²·с. В диссертации впервые разработаны и апробированы специализированная экспериментальная установка, методика проведения внутриреакторных экспериментов на импульсном ядерном реакторе ИГР и система оптической регистрации. Диссертационная работа характеризуется внутренним единством – от четко сформулированных целей до логически взаимосвязанных теоретических расчетов и полученных практических результатов. Проведенные исследования являются актуальными и значимыми для развития фундаментальных и прикладных направлений в области физики плазмы, оптики и ядерной энергетики.</p>
		<p>4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации: 1) Отражает; 2) Частично отражает; 3) Не отражает</p>	<p>Содержание диссертации полностью отражает её тему. Диссертация состоит из пяти основных глав. Представленные главы и их содержание полностью согласуются с темой диссертации и посвящены экспериментальным исследованиям спектрально-временных характеристик оптического излучения газовых сред, возбуждаемых продуктами ядерной реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$.</p>
		<p>4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации: 1) соответствуют; 2) частично соответствуют;</p>	<p>Цель и задачи диссертационной работы полностью соответствуют её теме. Целью диссертации являлось установление основных закономерностей формирования</p>

		3) не соответствуют	излучающих состояний в смесях инертных газов при распылении лития продуктами ядерной реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$. В связи с этим, соискателем сформулированы три последовательные основные задачи, решение которых необходимы для достижения поставленной цели.
		4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны: 1) <u>полностью взаимосвязаны;</u> 2) взаимосвязь частичная; 3) взаимосвязь отсутствует	Диссертация отличается четкой структурой, последовательностью изложения и внутренней логической взаимосвязанностью . Цель и задачи исследования сформулированы в обзорной части, за которой следуют расчетно-теоретические положения, обосновывающие выбранные направления исследований. Далее изложены экспериментальные исследования, сначала вне реакторные, затем реакторные, завершающиеся анализом и сопоставлением полученных данных. Таким образом, диссертация представляет собой целостную и завершенную 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 методические подходы к исследованию ядерно-возбуждаемой плазмы, образованной при взаимодействии продуктов ядерной реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$ с газовыми смесями аргументированы и впервые реализованы в условиях облучения в активной зоне реакторов ИВГ.1М и ИГР. Разработаны и апробированы новая экспериментальная установка, методика проведения экспериментов на импульсном реакторе ИГР и система оптической регистрации, адаптированные к условиям нейтронно-гамма излучения. Предложенный подход обладает преимуществами по сравнению с ранее применявшимися методами возбуждения газовых сред продуктами реакции ${}^3\text{He}(n,p){}^3\text{H}$, ${}^{10}\text{B}(n,\alpha){}^7\text{Li}$, и ${}^{235}\text{U}(n,f)$.

5.	Принцип научной новизны	<p>5.1 Научные результаты и положения являются новыми?</p> <p>1) полностью новые;</p> <p>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>Научные результаты и положения работы являются полностью новыми и вносят значимый вклад в исследования в области прямого преобразования ядерной энергии в энергию оптического излучения. Научная новизна результатов и положений диссертации подтверждается опубликованными статьями в высорейтинговых международных и отечественных научных журналах.</p>
		<p>5.2 Выводы диссертации являются новыми?</p> <p>1) полностью новые;</p> <p>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>Основные выводы диссертации являются полностью новыми, они и основаны на расчетно-экспериментальных данных и всестороннем анализе полученных результатов исследований. При этом, сформулированные выводы диссертационной работы основаны только на собственных оригинальных исследованиях.</p>
		<p>5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными:</p> <p>1) полностью новые;</p> <p>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>Технические и технологические решения, использованные в диссертации, являются полностью новыми и оригинальными. Ключевым техническим результатом работы является разработка методик проведения экспериментов по исследованию люминесценции инертных газов и процессов распыления лития в газовую среду при возбуждении наносекундным электронным пучком, а также методики внутриреакторных экспериментов по изучению спектрально-временных характеристик оптического излучения при возбуждении газовых сред продуктами ядерной реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$. Предложенные методики обладают высокой практической значимостью и могут быть успешно применены при проведении аналогичных исследований.</p>

6.	Обоснованность основных выводов	Все основные выводы основаны /не основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам)	Все основные выводы основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах и достаточно хорошо обоснованы. Основные выводы подтверждаются экспериментальными и расчетными результатами с использованием современных и хорошо апробированных методов исследования. Выводы полностью подтверждают положения диссертационной работы.
7.	Основные положения, выносимые на защиту	<p>7.1 Доказано ли положение?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) доказано; 2) скорее доказано; 3) скорее не доказано; 4) не доказано; 5) в текущей формулировке проверить доказанность положения невозможно. <p>7.2 Является ли тривиальным?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) да; 2) нет; 3) в текущей формулировке проверить тривиальность положения невозможно. <p>7.3 Является ли новым?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) да; 2) нет; 3) в текущей формулировке проверить новизну положения невозможно. <p>7.4 Уровень для применения:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) узкий; 2) средний; 3) широкий; 4) в текущей формулировке проверить уровень применения положения невозможно. <p>7.5 Доказано ли в статье?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) да; 	<p>На защиту диссертации выносятся три основных положения:</p> <ol style="list-style-type: none"> 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 ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$. <p>Создана специализированная установка, включающая газо-вакуумную систему на базе TURBOLAB 90i, информационно-измерительную систему (температурный контроль, оптическая регистрация, масс-спектрометрия) и облучательное устройство с литиевым источником возбуждения, размещаемое в активной зоне реактора ИГР.</p> <p>Для регистрации параметров оптического излучения применены спектрометр QE Pro-Abs, фотодетекторы (DET100/AM, PDA10D2), модуль ФЭУ с монохроматором МДР-204, осциллографы Tektronix с ПО Keithley KickStart.</p> <p>Разработана и апробирована методика проведения реакторных экспериментов в режиме «Вспышка», включающая пошаговую подготовку, синхронизацию с импульсом реактора и алгоритм обработки данных, обеспечивающая воспроизводимость и безопасность</p>

		<p>2) нет;</p> <p>3) в текущей формулировке проверить доказанность положения в статье невозможно.</p>	<p>экспериментов.</p> <p>7.1 Положение доказано</p> <p>7.2 Положение не является тривиальным</p> <p>7.3 Положение является новым</p> <p>7.4 Уровень для применения широкий</p> <p>7.5 Положение доказано в статьях</p> <p>2. Получены новые экспериментальные данные по спектрально-временным характеристикам оптического излучения при распылении лития в инертный газ под воздействием ионизирующего излучения. Серия экспериментов с облучением литиевого слоя пучком быстрых электронов (150 кэВ, 5 нс) показала, что при температурах 650-680 К в спектрах инертных газов (Ar, Kr, Xe) появляются линии лития, интенсивность которых возрастает с ростом температуры. Излучение на переходах атомов лития и инертных газов возникает синхронно и достигает максимума через 20-30 нс после импульса. Во внутрореакторных экспериментах на ИГР (мощность до 9,5 ГВт) с газовыми смесями He-Ar и He-Xe (100 кПа и 99,4 кПа, соотношение 100:1) впервые зарегистрированы воспроизводимые спектры и осциллограммы излучения, возбуждаемого продуктами реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$, на длинах волн 750,4 нм и 823 нм соответственно.</p> <p>7.1 Положение доказано</p> <p>7.2 Положение не является тривиальным</p> <p>7.3 Положение является новым</p> <p>7.4 Уровень для применения широкий</p> <p>7.5 Положение доказано в статьях</p> <p>3. Выявлены механизмы заселения и дезактивации</p>
--	--	---	---

			<p>энергетических уровней на $2p-1s$ переходах атомов инертных газов и определена кинетика плазменных процессов в ядерно-возбуждаемой плазме.</p> <p>В результате внереакторных экспериментов установлено, что заселение уровней лития инициируется поверхностной ионизацией при взаимодействии литиевого слоя с метастабильными атомами инертного газа, а последующее возбуждение и излучение происходит в объеме газа и образуется в ходе плазмохимических реакций в объеме газа. Реакторные эксперименты позволили идентифицировать ключевые плазмохимические реакции и определить скорости протекающих процессов. Основным каналом заселения уровней лития является реакция Пеннинга, а тушение нижнего уровня $2p-1s$-переходов осуществляется атомами лития. Сопоставление данных реакторных и внереакторных исследований выявило единые закономерности возбуждения плазмы при различных типах ионизирующего воздействия.</p> <p>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</p>
8.	Принцип достоверности Достоверность источников и предоставляемой информации	8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана 1) да ; 2) нет	Выбор методов исследования в диссертации обоснован, подробно описан и соответствует целям и задачам работы. Применённые методы основаны на комплексном подходе, включающем физическое моделирование процессов возбуждения газовых смесей в условиях воздействия ионизирующего излучения, численные расчёты характеристик возбуждающих частиц, а также прямые спектрально-временные измерения.

			<p>Использование метода возбуждения газовой среды продуктами ядерной реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$ является новым и аргументированным решением. Экспериментальные методы, реализованные как во вне реакторных, так и в реакторных условиях, обеспечивают высокую достоверность полученных данных. Подбор измерительной аппаратуры, методика проведения экспериментов на импульсном ядерном реакторе ИГР и система оптической регистрации были специально адаптированы к условиям нейтронно-гамма излучения, что позволило провести уникальные измерения в условиях, ранее недоступных для подобного рода исследований.</p>
		<p>8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий: 1) да; 2) нет</p>	<p>Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и обработки данных. Были использованы различные методы исследований в том числе как физического и компьютерного моделирования. В частности, для расчётов тепловых и нейтронных характеристик облучательных устройств применялись лицензионные программы ANSYS (теплофизическое моделирование) и MCNP (нейтронно-физические расчёты), для расчета длин свободного пробега продуктов ядерной реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$ использовался программный комплекс LISE++. Экспериментальные данные спектрально-временных характеристик обрабатывались с использованием лицензионного ПО OceanView, SpectraSuite и Keithley KickStart.</p>
		<p>8.3 Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены экспериментальным исследованием (для направлений подготовки по педагогическим</p>	<p>Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности подтверждены экспериментальными данными. Они позволили установить характерные особенности формирования</p>

		<p>наукам результаты доказаны на основе педагогического эксперимента):</p> <p>1) <u>да</u>;</p> <p>2) нет</p>	<p>ядерно-возбуждаемой плазмы при взаимодействии продуктов реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$ с инертными газами в поле ядерного реакторе, определить основные каналы заселения и дезактивации энергетических уровней, а также уточнить кинетику оптического излучения.</p>
		<p>8.4 Важные утверждения <u>подтверждены</u>/частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу</p>	<p>Важные утверждения <u>подтверждены</u> ссылками на актуальную и достоверную научную литературу, что обеспечивает обоснованность и актуальность проводимых исследований, а также достоверность используемых в диссертации данных для проведения численных и экспериментальных исследований.</p>
		<p>8.5 Используемые источники литературы <u>достаточны</u>/не достаточны для литературного обзора</p>	<p>Используемые в диссертации источники литературы <u>достаточны</u> для проведения литературного обзора. Используемые источники охватывают основные аспекты исследованной соискателем темы диссертации и обеспечивают достаточную обоснованность для проведения исследований.</p>
9.	Принцип практической ценности	<p>9.1 Диссертация имеет теоретическое значение:</p> <p>1) <u>да</u>;</p> <p>2) нет</p>	<p>Диссертация имеет большое теоретическое значение. Полученные соискателем результаты диссертации могут быть использованы в различных теоретических и аналитических исследованиях по моделированию плазменных процессов, при разработке физических моделей ядерно-возбуждаемой плазмы.</p>
		<p>9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике:</p> <p>1) <u>да</u>;</p> <p>2) нет</p>	<p>Диссертация имеет большое практическое значение и ее результаты могут быть использованы на практике. Разработанная и апробированная методика проведения реакторных экспериментов, включая экспериментальную установку, систему оптической регистрации и облучательное устройство с литиевым источником, может быть использована на других ядерных установках для исследования процессов возбуждения газовых сред и создания ядерно-оптических преобразователей, детекторов нейтронного</p>

		<p>9.3 Предложения для практики являются новыми?</p> <p>1) полностью новые;</p> <p>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>потока в условиях нейтронного облучения.</p> <p>Предложения для практики, сформулированные в диссертации, являются полностью новыми. Они включают новый способ возбуждения газовых сред в условиях реакторного облучения. Полученные в диссертационной работе технические решения и экспериментальные методики могут быть использованы в исследованиях ядерно-возбуждаемой плазмы, при создании детекторов нейтронного потока и ядерно-оптических преобразователей. В полученных результатах могут быть заинтересованы научно-исследовательские организации, занимающиеся вопросами газовых лазеров с ионизирующей накачкой, мощных лазеров с возбуждением электронным пучком.</p>
10.	Качество написания и оформления	<p>Качество академического письма:</p> <p>1) высокое;</p> <p>2) среднее;</p> <p>3) ниже среднего;</p> <p>4) низкое.</p>	<p>Качество академического письма диссертации высокое. Диссертация выполнена на высоком научном уровне и представленной собой законченную научно-исследовательскую работу.</p>
11.	Замечания к диссертации	<p>- В тексте диссертации имеются орфографические ошибки и неточности (например, стр. 58 – «второй глава», стр. 68 – «внутриреакторных экспериментов» и т.д.)</p> <p>- Некоторые рисунки в диссертации приведены на английском языке (например, рисунки 8, 16, 34, 35, 41, 50), что снижает целостность восприятия текста. Следовало бы привести все надписи и обозначения на указанных рисунках в соответствие с языком изложения диссертации.</p> <p>- В тексте диссертации наряду с системой СИ используются внесистемные единицы измерения давления (Торр). Для соблюдения требований единообразия оформления научной работы следует привести все значения давления в унифицированных единицах системы СИ (Па, кПа).</p> <p>Однако, вышеприведенные замечания не снижают научно-практической ценности диссертации, которая выполнена на высоком научном уровне и представляет собой законченную самостоятельную научно-исследовательскую работу.</p>	
12.	Научный уровень статей докторанта по	<p>Научный уровень статей соискателя по теме исследования высокий. Публикации (5 статей в журналах, индексируемых в базе Scopus и/или Web of Science, патент на полезную модель) отражают основные результаты диссертации и содержат оригинальные или апробированные подходы к решению поставленных</p>	

	теме исследования	задач.
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 уровне, представляет собой самостоятельную научно-исследовательскую работу. Диссертационная работа полностью соответствует требованиям правил присуждения степеней Комитета по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан. В связи с вышесказанным, Самарханов Қуаныш Қанатұлы заслуживает присуждения искомой степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D05301 – «Физика».

Официальный рецензент:

**кандидат физико-математических наук,
 начальник отдела ядерной физики
 Республиканского государственного
 предприятия на праве хозяйственного
 ведения «Институт ядерной физики»
 Министерства энергетики Республики
 Казахстан**

Т.К.Жолдыбаев

**Подпись Т.К. Жолдыбаева заверяю, ученый
 секретарь Республиканского государственного
 предприятия на праве хозяйственного ведения
 «Институт ядерной физики» Министерства
 энергетики Республики Казахстан**



К.М. Мунасбаева