

ОТЗЫВ

Дополнительного члена Совета ДС.ТПУ.03 Варлачева Валерия Александровича на
диссертационную работу

Понкратова Юрия Валентиновича

на тему: Экспериментальные исследования процессов взаимодействия изотопов
водорода с жидким литием в условиях нейтронного облучения
по специальности 1.3.8 - физика конденсированного состояния
на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

1. Актуальность диссертационной работы.

Управляемый термоядерный синтез может стать в будущем источником энергии для человечества. Исследования, проводимые в поддержку проектов по созданию установок управляемого термоядерного синтеза, показали, что использование в качестве обращенного к плазме материала (ОПМ) графита, бериллия, вольфрама вызывают серьезные вопросы. Решением проблем может стать использование лития в качестве ОПМ. Имеющийся к настоящему времени опыт использования литиевых технологий на действующих термоядерных установках показал, что применение лития в термоядерных реакторах (ТЯР), в качестве ОПМ, очень перспективно. Так как литий обладает высокими сорбционными свойствами по отношению к плазмообразующим газам (водород, дейтерий, тритий), то процессы транспорта этих газов в литий, особенно в условиях нейтронного облучения, являются определяющими при выборе режимов эксплуатации термоядерного реактора. Таким образом актуальным является проведение таких исследований с целью выяснения механизмов и дальнейшей разработки моделей, позволяющих описать процессы сорбции/десорбции изотопов водорода жидким литием, а также процессы генерации и выделения трития из жидкого лития в условиях нейтронного облучения.

2. Научная новизна данной работы заключается в том, что впервые были проведены эксперименты по облучению жидкого лития с одновременной масс-спектрометрической регистрацией изменения парциального давления изотопов водорода над исследуемыми образцами в реальном времени. Впервые зарегистрированы изменения скорости сорбции (десорбции) жидким литием изотопов водорода и изменения скорости выхода трития из жидкого лития в зависимости от нейтронного потока и температуры в условиях реакторного облучения. Определены параметры процессов сорбции (десорбции) изотопов водорода жидким литием, а также параметры генерации и выделения трития из жидкого лития в процессе реакторного облучения, предложены модели описывающие механизмы этих процессов

3. Достоверность полученных результатов.

Корректность теоретических и экспериментальных данных, представленных в диссертации, подтверждается оценками систематических и случайных погрешностей выполненных измерений, повторяемостью опытов при идентичных начальных значениях параметров, а также сравнением теоретических результатов с данными других авторов, представленными в научной печати. Достоверность полученных результатов подтверждается и тем, что они носят непротиворечивый характер, взаимно дополняют друг друга и соответствуют современным представлениям о механизмах рассматриваемых явлений. Материалы по теме исследования, опубликованные в рейтинговых изданиях и полученные патенты, свидетельствуют о достаточной апробации, подтверждающей достоверность полученных результатов.

4. Научная и практическая значимость данной работы заключается в том, что описание процессов взаимодействия лития с изотопами водорода в условиях одновременного воздействия нейтронного облучения и высоких тепловых нагрузок дополняет имеющуюся базу данных о свойствах лития и об изменении свойств жидкого лития в условиях реальной

работы в ТЯР. А новые экспериментальные данные позволят расчетно-экспериментальным путем обосновать использование жидкого лития в качестве плазмообращенного материала как на действующих установках управляемого термоядерного синтеза, так и при разработке будущих термоядерных реакторов. Практическая значимость работы обусловлена развитием методик и экспериментальной базы для определения параметров взаимодействия изотопов водорода с конструкционными и функциональными материалами ядерных и термоядерных установок в процессе реакторного облучения. Возможностью применения полученных экспериментальных данных для создания теоретических моделей поведения изотопов водорода в жидких металлах и сплавах в процессе облучения. А также использование результатов, полученных в работе автора при обосновании конструкций будущих термоядерных реакторов и других ядерно-энергетических установок, материалы которых будут работать в условиях одновременного воздействия изотопов водорода, тепловых нагрузок и ионизирующего излучения.

5. Анализ содержания работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы.

Во введении описывается актуальность работы, сформулированы цели и поставлены задачи исследования, указаны основные положения, выносимые на защиту, приводятся результаты исследований, обосновывающие научную новизну и практическую значимость работы.

В первой главе приведены обзор и анализ литературных данных по применению литиевых технологий в установках управляемого термоядерного синтеза. Приводится подробное описание свойств лития, а также его взаимодействия с другими химическими элементами и соединениями. Описывается концепция применения в ТЯР лития в качестве обращенного к плазме материала и рассматриваются его преимущества перед традиционными твердыми материалами. В главе сформулированы и поставлены задачи по исследованию процессов взаимодействия лития в жидкой фазе с водородом, дейтерием и тритием в условиях нейтронного облучения.

Вторая глава посвящена технике и методикам проводимых экспериментов. В ней приводится описание исследовательской ядерной установки ИВГ.1М, и описание экспериментального стенда, предназначенного для проведения работ по изучению процессов взаимодействия изотопов водорода с различными материалами в условиях реакторного облучения. Описываются ампульные устройства (АУ), предназначенные для проведения экспериментов по облучению лития в жидкой фазе и жидкого лития, стабилизированного в металлической матрице, так называемой капиллярно-пористой структуре (КПС). Приводятся результаты нейтронно-физических и теплофизических расчетов, разработанных АУ. Описываются верифицированные методики проведения реакторных экспериментов с жидким литием, разработанные с использованием абсорбционного, термодесорбционного, масс-спектрометрического методов.

В третьей главе описываются сценарий и ход проведения экспериментов, и приводятся полученные экспериментальные данные. Исследования процессов взаимодействия лития с изотопами водорода в условиях нейтронного облучения проводились с использованием метода газовой абсорбции. В результате были получены значения абсолютного давления водорода в АУ в зависимости от температуры исследуемых образцов и плотности нейтронного потока. Также в главе приводится описание экспериментов по исследованию генерации и выделению трития из жидкого лития с использованием масс-спектрометрического метода. В результате экспериментов были зарегистрированы изменения значений парциального давления трития и тритий содержащих молекул в образцах жидкого лития в зависимости от температуры и плотности нейтронного потока.

Четвертая глава содержит теоретический анализ экспериментальных данных, полученных в результате проведенных исследований взаимодействия жидкого лития и литиевой КПС с изотопами водорода при нейтронном облучении.

В заключении приводятся основные выводы, сделанные по результатам проведенного анализа и моделирования на основе экспериментальных данных.

В диссертации представлены основные выводы и защищаемые положения, сформулированные на основе результатов выполненных исследований.

6. Личный вклад автора состоит в постановке цели и задач исследования. Разработке ампульных устройств, участие в разработке методики реакторных экспериментов. Участие в проведении методических, дореакторных и облучательных экспериментах на реакторе ИВГ.1М. Обработке и анализе полученных результатов, разработке моделей, описывающих процессы взаимодействия жидкого лития с изотопами водорода в условиях высоких тепловых и радиационных нагрузок.

7. Содержание автореферата соответствует основному содержанию рукописи диссертационной работы.

8. Достоинство и недостатки в содержании и оформлении диссертации.

В целом, содержание текста диссертации последовательно и непротиворечиво. Текст написал и оформлен хорошо. Однако, при ознакомлении с диссертацией возникают следующие вопросы и замечания:

1. Каким методом получены данные по плотности потока нейтронов различных энергий в таблице 2.1? Стр. 50.
2. Как получены кривые, приведенные на рисунках 2.2-2.5? С помощью расчетов или экспериментально?
3. Зачем в диссертации приведен рисунок 2.3? Стр. 51. Где здесь спектр гамма-квантов?
4. Зачем вообще было проводить исследования с литиевой КПС, если целью диссертации является исследование процессов взаимодействия жидкого лития с изотопами водорода в условиях нейтронного облучения?
5. Как распределена по образцу скорость наработки трития в жидком литии в условиях нейтронного облучения? (стр. 118)

Отмеченные недостатки не снижают ценности, полезности и общего высокого уровня диссертационной работы в целом.

Заключение.

Принимая во внимание вышеизложенное, считаю, что диссертация «Экспериментальные исследования процессов взаимодействия изотопов водорода с жидким литием в условиях нейтронного облучения» по содержанию, объёму, новизне, научной и практической значимости результатов, полученных в работе, отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, изложенным в п. 2.1 Порядка присуждения ученым степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете. Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, а Понкратов Юрий Валентинович заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – физика конденсированного состояния.

Я, Варлачев Валерий Александрович, даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Дополнительный член диссертационного совета ДС.ТПУ.03, доктор технических наук (1.3.8-физика конденсированного состояния), заведующий лабораторией № 33 Инженерной школы

ядерных технологий федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (634050, г. Томск, пр. Ленина, 30; +7 (3822) 60-63-22, tpu@tpu.ru, <https://tpu.ru/>)

Варлачев Валерий Александрович

Юридический адрес: 634034, Томск, проспект Ленина 30, Национальный исследовательский Томский политехнический университет.

e-mail: varlachev@tpu.ru тел. +7 47.

Подпись Варлачева В.А. подтверждаю.

Учёный секретарь учёного совета федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», кандидат технических наук

Кулинич Екатерина Александровна

634050, г. Томск, пр. Ленина 30, НИ ТПУ, Главный корпус НИ ТПУ, офис 330

Тел. +7 (3822) 60-62-60

E-mail: kulinich@tpu.ru

23 ноября 2023 г.