

## О Т З Ы В

официального оппонента на диссертационную работу Бикчуриной Марины Игоревны «Исследование генерирующих свойств литиевой мишени», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.18. Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника.

Бор-нейтронозахватная терапия (БНЗТ) представляет собой один из современных и перспективных методов лучения онкологических заболеваний. Диссертационная работа Бикчуриной М.И. по своей направленности относится к физике пучков заряженных частиц и ядерной физике, применительно к ядерной медицине и вносит вклад в детальное изучение выходных параметров тонкой литиевой мишени в качестве источника эпитепловых нейтронов для БНЗТ. В диссертационной работе поставлены и успешно решены конкретные задачи, связанные с достоверным измерением выхода нейтронов и сечения ядерной реакции взаимодействия протона с ядром лития, а также выявлением роли и степени влияния примесей литиевой мишени на выход нейтронов.

Само по себе исследование в данной области представляется актуальным уже по определению, поскольку оно направлено непосредственно на решение важной социальной задачи сохранения здоровья людей. Результаты проведенных исследований имеют значение для создания отечественной ускорительной установки реального применения для БНЗТ.

По своей тематике рецензируемая диссертационная работа соответствует специальности 1.3.18. Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника по отрасли физико-математических наук (паспорт специальности 1.3.18. п. 7. Расчетно-теоретические и экспериментальные исследования взаимодействий пучков заряженных частиц с электромагнитными полями, друг с другом, с молекулами остаточного газа и мишенями).

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав и заключения, содержит 138 страниц текста, 44 иллюстрации, 10 таблиц, список литературы включает 164

наименований. Диссертация четко структурирована и написана простым и ясным русским языком, что облегчает при ее чтении восприятие и понимание полученных результатов.

По теме диссертационной работы опубликованы 4 статьи, 2 из которых опубликованы в ведущих по данной специальности высокорейтинговых международных реферируемых журналах: NIM in Physics Research B и Journal of Neutron Research. Другие две статьи опубликованы в специальном выпуске «БНЗТ: от ядерной физики до биомедицины» высокорейтингового журнала Biology, что обеспечило их крайне высокую читаемость и цитируемость. Результаты проведенных исследований также докладывались и обсуждались на 4 международных и 3 российских конференциях. Исследования по тематике диссертационной работы поддержаны грантами РФФИ, грантами молодежного конкурса, а также международным исследовательским контрактом. Таким образом, тематика проводимых исследований актуальна и востребована, результаты исследований, представленные в рецензируемой диссертационной работе, достаточно полно опубликованы, они апробированы и известны научной общественности.

Автореферат полностью и правильно отражает содержание диссертации.

Не отвлекаясь на детальное изложение содержания рецензируемой диссертационной работы, тем не менее, остановимся на ключевых моментах каждого из разделов диссертации.

Во введении традиционно обосновывается актуальность, цель, научная новизна, теоретическая и практическая значимость исследований, степень разработанности тем исследований, методология и методы исследования, степень достоверности и апробация полученных результатов, публикации по теме диссертации, представлены выносимые на защиту научные положения. Отмечены ключевые моменты, определяющие личный вклад автора.

В первой главе, которая обозначена, как обзор методов измерений представлен квалифицированный детальный анализ современного состояния и характеристик ускорителей для бор-нейтронозахватной терапии в мире.

Следующие три главы диссертационной работы посвящены последовательному решению трех основных задач: измерению выхода нейтронов из литиевой мишени,



измерению элементного состава литиевой мишени, измерению сечения ядерной реакции литий с протоном с выходом двух альфа-частиц.

Основной результат по измерению выхода нейтронов заключается в выборе экспериментальной методики с использованием спектрометра  $\gamma$ -излучения на основе германиевого детектора, обеспечивающего точность измерений практически совпадающей с расчетной.

При исследовании элементного состава литиевой мишени и влияния примесей кислорода и углерода, а также плотности мощности протонного пучка при длительном облучении на параметры функционирования мишени сделаны позитивные заключения о том, что ни сами эти примеси, ни рост толщины покрытий в процессе работы, а также изменение фазового состояния литиевого покрытия не оказывают существенного влияния на снижение нейтронно-генерирующих свойств мишени.

В процессе определения сечения реакции литий с протоном достигнута высокая точность измерений. Достижение столь высокой точности обусловлено использованием оригинального метода измерения в реальном времени (*in situ*) толщины лития. Обратим внимание на верификацию полученного результата, сделанную пятью независимыми методами. Важно отметить также тот факт, что измеренное в определенном диапазоне энергий протонов 0,6 – 2 МэВ, сечение взаимодействия совпадает с одной из используемых баз данных ядерных реакций.

Научная новизна и практическая значимость результатов исследований диссертационной работы заключается в достоверном экспериментальном определении ключевых параметров генерации потоков нейтронов при бомбардировке литиевой мишени ускоренными протонами, и оценки влияния примесей мишени и ее трансформации в процессы функционирования на эволюцию этих параметров.

Достоверность полученных результатов диссертационной работы подтверждается систематическим характером экспериментальных исследований, использованием многочисленных дублирующих экспериментальных методик, совпадением полученных результатов с ранее полученными результатами и используемыми базами данных, непротиворечивостью и обоснованностью качественных объяснений физических процессов, а главное использованием исследуемых литиевых мишеней в реальных условиях их применения для БНЗТ.

Диссертационная работа выполнена на характерном для научной школы под руководством д.ф.-м.н. С.Ю. Таскаева высоком уровне исследований, сочетающем оригинальность подхода к решению научных задач, «культуру» проведения трудоемких экспериментов, их конкретность и высокую степень направленности на решение актуальной научно-технической проблемы, имеющей высокую социальную значимость и потребность.

Замечания по диссертационной работе:

1. Выносимые на защиту научные положения в целом правильно представляют основные результаты диссертационной работы, тем не менее, редакция их изложения в виде излишне сжатых формулировок не в полной мере отражает специфику и конкретные условия проводимых исследований.

2. Для прояснения сущности физических процессов и механизмов, обуславливающих выявленные в диссертационной работе закономерности и сформулированные выводы, желательно в дальнейшем провести специальные исследования.

3. Выбор термического испарения для создания литиевых покрытий во многом решает проблему. Тем не менее, в процессе развития этого направления следовало бы обратить внимание на другие возможности осаждения литиевых покрытий (магнетрон, электронно-лучевое, лазерное испарение), которые обеспечивают более высокую адгезию покрытий и их качество.

Сформулированные замечания отражают, прежде всего, интерес к проделанной работе и полученным результатам исследований. Они носят редакционный и рекомендательный характер и никаким образом не снижают общую высокую оценку диссертационной работы.

В заключении следует отметить, что диссертационная работа Бикчуриной Марины Игоревны «Исследование генерирующих свойств литиевой мишени», представляет собой успешное решение актуальной научной проблемы, имеющей важное практическое значение для создания эффективного отечественного ускорительного оборудования и технологии бор-нейтронозахватной терапии. Выводы и заключения по результатам исследований обоснованы. Диссертационная работа по своей актуальности, научной новизне, практической значимости, обоснованности и достоверности выводов



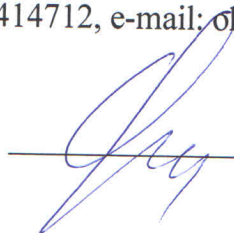
полностью соответствует требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Бикчурина Марина Игоревна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.18. Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника, главным образом за постановку и использование оригинальных методик проведения сложных физических экспериментов, результаты которых имеют важное практическое значение в области ядерной медицины.

Я, Окс Ефим Михайлович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Бикчуриной Марины Игоревны и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент:

Окс Ефим Михайлович, доктор технических наук по специальности 05.27.02 – «Вакуумная и плазменная электроника», профессор по кафедре «физики», заведующий лабораторией плазменной электроники/заведующий кафедрой физики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники», 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40. Тел.: (3822)-414712, e-mail: oks@fet.tusur.ru

24 июля 2024 г.

 Окс Ефим Михайлович

Подпись Ефима Михайловича Окса удостоверяю:

Секретарь ученого совета ТУСУР



 Прокопчук Елена Викторовна