

## О Т З Ы В

официального оппонента на диссертационную работу Соколовой Евгении Олеговны «Исследование и оптимизация тонкой литиевой мишени для генерации нейтронов», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.18 – физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника.

Диссертационная работа Е.О. Соколовой посвящена изучению процессов взаимодействия ускоренного протонного пучка с так называемой «тонкой» литиевой мишенью применительно к ее использованию в источниках интенсивных потоков нейтронов для бор-нейтронозахватной терапии лечения злокачественных опухолей (БНЗТ). Само по себе исследование в данной области представляется актуальным уже по определению, поскольку оно направлено непосредственно на решение важной социальной задачи сохранения здоровья людей. Конкретная задача исследований диссертационной работы, целью которой, в конечном счете, является создание литиевой мишени для эффективной генерации нейтронов с высоким ресурсом, также представляется актуальной, поскольку ее решение будет способствовать созданию ускорительной установки для реального применения в 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 127 страниц текста, 67 иллюстраций, 3 таблицы, список литературы включает 99 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 5 статей в ведущих по направлению диссертационных исследований отечественных и зарубежных реферируемых журналах (Приборы и техника эксперимента, NIM in Physics Research B, Metals, Journal of Instrumentation, Applied Radiation and Isotopes). Результаты проведенных исследований докладывались и обсуждались на 5 Международных и Российских конференциях. Созданные в процессе работы «системы, устройства и методы снижения деформации и сопротивления металлических тел» защищены международным патентом США. Исследования по теме диссертационной работы поддержаны грантами РНФ и РФФИ, персональной стипендией Президента РФ для молодых ученых и аспирантов, а также международным исследовательским контрактом. Из вышеизложенного однозначно следует, что 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 достоверности полученных результатов, представлены выносимые на защиту научные положения. Отмечены ключевые моменты, определяющие личный вклад автора. Несмотря на относительно небольшой объем этого раздела, его важность для оценки диссертационной работы неизмеримо высока. По сути, введение представляет собой квинтэссенцию всей диссертационной работы, и в принципе только по введению, можно уже составить вполне обоснованное мнение по диссертационной работе.

В первой главе, которая является обзорной или вводной для проведения исследований представлен квалифицированный анализ современного состояния развития в мире ускорительной техники для БНЗТ. Обращено внимание на преимущества и проблемы использования мишени из твердотельного лития. Достаточно подробно

описано исходное состояние на момент начала работы по теме диссертации разработки и исследования такой мишени в ИЯФ СО РАН.

Следующие три главы диссертационной работы представляют результаты экспериментальных исследований. Следует обратить внимание на использования в работе самого передового современного оборудования и диагностик. Таким возможностям, доступ к которым обусловлен выполнением диссертационной работы в ведущем отечественном институте РАН мирового уровня, можно только похорошему позавидовать.

Вторая глава посвящена исследованиям процессов радиационного блистеринга подложек из меди, на которые нанесен в результате напыления тонкий слой лития. Обращает на себя внимание тщательность и детальная проработки всех проводимых исследований и измерений. И главное, по результатам проведенных исследований сформулирован позитивный и оптимистичный вывод о незначительном влиянии блистеров и молекул водорода на деградацию выхода нейтронов.

В третьей главе приводятся результаты исследований обнаруженной люминесценции поверхности литиевой мишени, подверженной бомбардировке ускоренными протонами. Наряду с изучением параметров и свойств этой люминесценции, обоснована возможности ее использования для оценки размеров и области локализации протонного пучка на поверхности литиевой мишени.

В четвертой главе описан реализованный метод оценки в режиме реального времени (*in situ*) толщины пленки лития. Метод основан на регистрации выхода  $\gamma$  – квантов в ядерной реакции сопровождающей, процессе облучения пленки лития протонами.

Научная новизна и практическая значимость результатов исследований диссертационной работы заключается в обосновании возможности использования твердотельной напыляемой литиевой мишени для генерации потоков нейтронов в ускорителях протонов для БНЗТ, в разработке и создании экспериментального образца такой мишени и ее использования в исследовательских отечественных и зарубежных ускорительных центрах.

Достоверность полученных результатов работы подтверждается систематическим характером экспериментальных исследований, непротиворечивостью и обос-

нованностью качественных объяснений физических процессов, а главное использованием созданных литиевых мишеней в реальных условиях их применения.

В целом диссертационная работа выполнена на характерном для научной школы ИЯФ СО РАН высоком уровне исследований, сочетающем оригинальность подхода к решению научных задач, «культуру» проведения трудоемких экспериментов, а также высокий уровень проработанности технических решений, делающих успешным использование созданных приборов и устройств, как для научных исследований, так и для решения прикладных задач.

Замечания по диссертационной работе:

1. Если исходить из общепринятого подхода к представлению выносимых на защиту научных положений, которые должны являться продолжением фразы: «Я утверждаю, что ...», то второе и третье научные положения, несмотря на то, что они действительно отражают новизну результатов исследований, тем не менее, их формулировки следует признать не вполне удачными.

2. В весьма квалифицированно написанной первой главе, отражающей высокий уровень знания и понимая соискателем основных достижений и проблем развития ускорительной техники для БНЗТ, отсутствуют выводы и заключения, на основе которых должны были сформулированы конкретные задачи научных исследований.

3. В диссертации явно недостаточно проработаны вопросы, проясняющие сущность физических процессов и механизмов, обуславливающих выявленные закономерности и сформулированные выводы. По-видимому, соискатель сосредоточился в своих исследованиях на решении главной задачи – создании литиевой мишени, привлекательной для практического использования в ускорителях протонов БНЗТ. Следует выразить надежду в том, что успешное решение этой задачи соискателем, несомненно, будет способствовать дальнейшему развитию этой научной тематики в направлении достижения более полного понимания общей физической картины изучаемых процессов.

Сформулированные замечания отражают, прежде всего, интерес к проделанной работе и полученным результатам исследований. Они носят рекомендательно-

редакционный характер и никоим образом не снижают общую положительную оценку диссертационной работы.

Таким образом, диссертационная работа Соколовой Евгении Олеговны «Исследование и оптимизация тонкой литиевой мишени для генерации нейтронов» представляет собой решение актуальной научной проблемы, имеющей важное практическое значения 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 п. 9 «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, Соколова Евгения Олеговна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.18. Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника.

Я, Окс Ефим Михайлович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Соколовой Евгении Олеговны, 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 кафедрой физики Федерального государственного бюджетного 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

15 ноября 2022 г.



Окс Ефим Михайлович

Подпись руки Ефима Михайловича Окса удостоверяю:

Секретарь ученого совета ТУСУР




Прокопчук Елена Викторовна