

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
по диссертации Шейн Татьяны Викторовны
«Оптимизация системы формирования пучка нейтронов для бор-нейтронозахватной
терапии», представленной на соискание ученой степени кандидата
физико-математических наук по специальности

1.3.18. Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника
в диссертационный совет 24.1.162.02 (ИЯФ СО РАН, г. Новосибирск)

• **АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Компьютерные схемы численного статистического моделирования (они же – алгоритмы метода Монте-Карло) давно и успешно используются для решения прикладных задач, связанных с переносом разного рода излучений (можно прежде всего вспомнить историю расчетов по созданию ядерных реакторов в середине прошлого века); здесь велики и широко известны достижения отечественных ученых (включая, конечно же, представителей новосибирской школы методов Монте-Карло) – см. в первую очередь классическую книгу

Марчук Г. И., Михайлов Г. А., Назаралиев М. А., Дарбинян Р. А., Каргин Б. А., Елепов Б.С. Метод Монте-Карло в атмосферной оптике. – Новосибирск: Наука, 1976.

По инициативе «выпускника» упомянутой новосибирской школы С. А. Бреднихина, сотрудника Института проблем безопасного развития атомной энергетики РАН, был разработан современный код (пакет прикладных программ – ППК) под названием NMC (Neutral particles Monte Carlo code) для статистического моделирования переноса нейтральных частиц в среде.

Следует специально отметить, что опыт прикладных расчетов показывает, что никакой ППК не дает возможности учесть все детали той или иной конкретной прикладной задачи; в лучшем случае он дает определенную основу для кропотливого и трудоемкого создания специализированного кода для решения этой задачи.

Все эти обстоятельства проявились в рецензируемой диссертационной работе Т. В. Шейн в полной мере, в данном случае – для расчетов по различным аспектам технологии бор-нейтронозахватной терапии – БНЗТ, которая является одним из наиболее перспективных новых методов лучевой терапии онкологических заболеваний. Здесь автору диссертации пришлось существенно переработать код NMC для получения нужных характеристик изучаемых процессов.

СОДЕРЖАНИЕ И НАУЧНАЯ НОВИЗНА РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертация, объемом в 117 страниц, состоит из Введения, пяти глав, Заключения и списка цитируемой литературы (74 наименований).

Результаты, определившие новизну проведенных исследований, содержатся во второй главе диссертации, в которой описаны преобразования кода NMC для расчетов по технологии БНЗТ. В свою очередь, в первой, вводной главе, описаны особенности этой технологии и требования к выбору ее параметров. В главах 3-5 описаны многочисленные приложения разработанных компьютерных кодов.

Автору отзыва, в силу его научных интересов, хотелось бы выделить следующие оригинальные результаты, полученные Т. В. Шейн.

1. В код NMC добавлен источник нейтронов на основе реакции ${}^7\text{Li}(p, p'\gamma){}^7\text{Be}$ источник 478-кэВ фотонов от реакции ${}^7\text{Li}(p, p'\gamma){}^7\text{Li}$, источник фотонов в нейтронных реакциях,

перенос γ -излучения, блок для обработки рассеяния тепловых нейтронов и функционал для расчета дозы.

2. С помощью разработанного кода методом численного моделирования переноса нейтронов и γ -излучения реализовано следующее:

- определен оптимальный для БНЗТ диапазон энергии нейтронов, энергии протонов, размер и материал замедлителя, размер и материал отражателя;

- оптимизирована система формирования пучка нейтронов с замедлителем из кристаллов фторида магния и с отражателем из свинца и графита, удовлетворяющая рекомендациям МАГАТЭ, предъявляемым к терапевтическому пучку нейтронов для БНЗТ;

- обоснована целесообразность применения системы формирования пучка нейтронов с водородосодержащим замедлителем с объемным вкраплением висмута для терапии поверхностных опухолей и для проведения научных исследований с клеточными культурами и лабораторными животными;

- обеспечена возможность определения компонент доз ионизирующего излучения и плотности потока и энергетического спектра нейтронов и фотонов, используемых при планировании ряда успешно проведенных научных исследований с клеточными культурами, лабораторными животными и крупными домашними животными со спонтанными опухолями.

Особо отметим, что в группе д.ф.-м.н. С. Ю. Таскаева (ИЯФ СО РАН), занимающейся разработкой технологии БНЗТ, имеется оборудование, позволившее верифицировать результаты расчетов Т. В. Шейн; соответствующее сравнение показано хорошее соответствие расчетных данных измеренным.

СТЕПЕНЬ ОБОСНОВАННОСТИ И ДОСТОВЕРНОСТЬ НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫВОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ, СФОРМУЛИРОВАННЫХ В ДИССЕРТАЦИИ

Основные выводы диссертации Т. В. Шейн определяются «доказательными» (показательными) результатами расчетов и натуральных экспериментов, что является вполне оправданным, учитывая сложность рассматриваемых прикладных задач: для них получение аналитических конструкций (уравнений, теорем) затруднено.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ РАБОТЫ

С помощью расчетов и натуральных экспериментов удалось существенно уточнить параметры технологии БНЗТ (в частности, изучен вопрос о выборе энергии протонов при генерировании нейтронов в реакции ${}^7\text{Li}(p, n){}^7\text{Be}$). Предложенные параметры и режимы предполагается использовать при лечении онкологических больных методикой БНЗТ в Национальном медицинском исследовательском центре онкологии им. Н. Н. Блохина Минздрава России (г. Москва).

ЗАМЕЧАНИЯ ПО РАБОТЕ

Диссертационная работа Т. В. Шейн написана ясным, доступным языком и содержит много удачных поясняющих схем и иллюстраций. У автора отзыва возникло только одно общее методическое замечание.

Очевидно, что важным моментом диссертации является то, что автор работы сумел провести целый ряд содержательных прикладных компьютерных расчетов. Однако детали этих расчетов, внесенные изменения в код NMC описаны схематично, скупно, с обильными ссылками на описания из «внешних» работ. В результате из текста довольно трудно понять, какие вероятностные распределения моделируются (и как это делается), как реализуется

свободный пробег частиц и взаимодействие со средой, как алгоритмически учитывается изменение энергии частиц, что определяло точность расчетов и т. п., а главное – насколько все это вычислительно трудоемко, какие вычислительные ресурсы здесь потребовались.

ОБЩЕЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Научный уровень диссертации Т. В. Шейн является весьма высоким. Результаты работы опубликованы в рецензируемых научных изданиях (10 статей) и представлены на целом ряде представительных научных форумов.

Диссертационная работа **«Оптимизация системы формирования пучка нейтронов для бор-нейтронозахватной терапии»** удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.18. Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника. **Считаю, что соискатель Шейн Татьяна Викторовна достойна присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук.**

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОППОНЕНТ:

главный научный сотрудник лаборатории стохастических задач
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института вычислительной математики и математической геофизики
Сибирского отделения Российской академии наук
(630090, г. Новосибирск, пр. Академика М.А. Лаврентьева, 6;
тел. +7(383) 330 83 53, contacts@scc.ru, <http://www.icmmg.nsc.ru>),
персональный e-mail: vav@osmf.scc.ru
доктор физико-математических наук (01.01.07 – Вычислительная математика),
профессор



Войтишек Антон Вацлавович

Я, Войтишек Антон Вацлавович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

28.05.2026

