

Отзыв научного руководителя  
на диссертацию Золотова Сергея Александровича «Методы восстановления  
энергетического спектра ускорителя электронов для дозиметрического  
планирования радиационной обработки» на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.18 –  
Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника

Золотов Сергей Александрович поступил на физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова в 2015 году, где последовательно окончил бакалавриат (2019), магистратуру (2021) и аспирантуру (2025) по кафедре физики ускорителей и радиационной медицины. В настоящее время работает младшим научным сотрудником кафедры.

За время обучения в аспирантуре Золотов С.А. вел семинары и принимал зачеты по спецкурсам «Моделирование ядерно-физических экспериментов с использованием инструментария Geant4», «Ускорители в современном мире»; вел семинары по курсам общей физики на факультетах психологии, фундаментальной медицины. С 2022 года читает лекции «Ядерно-физические методы в медицине» на физическом факультете МГУ в г. Баку. Задействован в реализации программы дополнительного образования медицинских физиков для отделений лучевой терапии, занимался разработкой программы повышения квалификации в области обработки продуктов питания ионизирующими излучениями. Под его руководством защищено пять курсовых работ.

Тема диссертационной работы Золотова С.А. посвящена разработке методов восстановления энергетического спектра ускорителя электронов для повышения точности дозиметрического планирования радиационной обработки объектов произвольной формы и химического состава. Его работа включает в себя расчетно-теоретическую разработку нового метода восстановления энергетического спектра ускорителя электронов, учитывающего ослабление пучка по мере распространения в воздухе, и его экспериментальную проверку на ускорителях электронов с энергией до 10 МэВ.

Актуальность исследований обусловлена необходимостью повышения точности расчета пространственного распределения поглощённой дозы при радиационной обработке пучками ускоренных электронов медицинских изделий, полимерных материалов и пищевой продукции.

В процессе работы Золотов С.А. приобрёл полный перечень навыков необходимых для научного сотрудника. Он овладел современными методами моделирования взаимодействия излучений с веществом, методами регуляризации некорректно поставленных задач и обработки экспериментальных данных; проводил серии компьютерных моделей методом Монте-Карло с использованием инструментария Geant4, а также серии экспериментальных измерений на ускорителях электронов Varian TrueBeam (Varian Medical Systems, США), УЭЛР-10-15С (производитель НИИЯФ МГУ совместно с АО НПП «ТОРИЙ», г. Москва, Россия) и Mevex MB 10-30 SC900 (Mevex Corporation, Канада).

Основные научные результаты, полученные в диссертации Золотова С.А., состоят в следующем:

1. Установлена зависимость изменения энергетического спектра ускоренных электронов с энергией до 25 МэВ по мере их распространения в воздухе, описываемая интегральной свёрткой спектра источника с ядром, выражющимся через распределение Ландау.
2. Получено устойчивое решение обратной задачи восстановления спектра источника по спектру, измеренному в произвольной точке на траектории пучка, с использованием SVD-разложения с фильтрацией малых сингулярных чисел оператора ослабления энергетического спектра ускоренных электронов, записанного в матричном виде.
3. Разработан метод восстановления энергетического спектра ускорителя по глубинным дозовым распределениям, обеспечивающий устойчивость формы спектра при изменении параметра регуляризации в методе А.Н. Тихонова и точность восстановления до 5 %.
4. Сформирована физически обоснованная методология дозиметрического планирования радиационной обработки объектов произвольной формы и химического состава на радиационно-технических установках на базе

Теоретические результаты исследования положены в основу систем дозиметрического планирования радиационной обработки «Demetra by IRT» и «DosePreview by IRT», внедрённых в практику в центре промышленной радиационной обработки «Axenter» (г. Дубна).

Золотов С.А. проявил себя как компетентный и творчески мыслящий исследователь, способный самостоятельно формулировать и решать научные задачи. Диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне, сочетает теоретическое обоснование и экспериментальную проверку разработанных методов, содержит новые научные результаты, имеющие как фундаментальную, так и практическую ценность. Работа полностью соответствует требованиям к кандидатским диссертациям по специальности 1.3.18 – Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника (физико-математические науки), установленным п.п. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова.

Научный руководитель,  
Заведующий кафедрой физики  
ускорителей и радиационной  
медицины физического факультета  
МГУ имени М.В. Ломоносова,  
д.ф.-м.н., профессор



А.П. Черняев.

Подпись А.П. Черняева удостоверяю:  
Ученый секретарь ученого совета  
Физического факультета МГУ,  
д.ф.-м.н., профессор



С.Ю. Стремоухов