

Заключение диссертационного совета МГУ.013.2

по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

Решение диссертационного совета от «13» февраля 2026 г. № 4
о присуждении Золотову Сергею Александровичу, гражданину РФ,
ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Методы восстановления энергетического спектра ускоренных электронов для дозиметрического планирования радиационной обработки» по специальности 1.3.18. «Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника» принята к защите диссертационным советом 14.11.2025, протокол № 1.

Соискатель Золотов Сергей Александрович 1998 года рождения, в 2025 г. закончил аспирантуру Физического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова».

Соискатель работает на Кафедре физики ускорителей и радиационной медицины Физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова в должности младшего научного сотрудника.

Диссертация выполнена на Кафедре физики ускорителей и радиационной медицины Физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова и в Отделе ядерно-физических методов в медицине и промышленности Научно-исследовательского института ядерной физики имени Д.В. Скобельцына МГУ имени М.В. Ломоносова.

Научный руководитель – Черняев А.П., доктор физико-математических наук, профессор, заведующий Кафедрой физики ускорителей и радиационной медицины Физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, заведующий Отделом ядерно-физических-методов в медицине и промышленности НИИЯФ имени Д.В. Скобельцына МГУ имени М.В. Ломоносова.

Официальные оппоненты:

Полозов Сергей Маркович, доктор физико-математических наук, доцент, заведующий Кафедрой электрофизических установок (№14) Института ядерной физики и технологии Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»;

Чуличков Алексей Иванович, доктор-физико-математических наук, профессор, заведующий Кафедрой математического моделирования и информатики Физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова;

Лютлова Жанна Борисовна, кандидат химических наук, доцент Кафедры радиационной технологии Инженерно-технологического факультета Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета)

дали положительные отзывы на диссертацию.

Выбор официальных оппонентов обосновывался их высокой компетентностью в области физики пучков заряженных частиц и ускорительной техники, а также наличием публикаций в данной области за последние 5 лет.

На диссертацию и автореферат дополнительных отзывов не поступало.

Соискатель имеет 30 опубликованных работ, из них 9 работ по теме диссертации, все 9 опубликованы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности:

1. Landau distribution-based regularized algorithm for reconstruction of electron beam energy spectrum using depth dose distributions in targeted materials / **Zolotov S.A.**, Bliznyuk U.A., Nikitchenk A.D., Studenikin F.R., Antipina N.A., Borshchegovskaya P.Yu., Chernyaev A.P., Ipatova V.S., Toropygin M.I., Nikolaeva A.A. // *Physica Scripta* – 2025. – Vol.100, № 4. – P.045020; Импакт-фактор 2.6 (JIF), **Q2**; 1.2 п.л.; личн.вклад 80%. EDN: PGEGVM

2. Optimization Function for Determining Optimal Dose Range for Beef and Seed Potato Irradiation / Kozlova Elena, Bliznyuk Ulyana, Chernyaev Alexander, Borshchegovskaya Polina, Braun Arcady, Ipatova Victoria, **Zolotov Sergey**, Nikitchenko Alexander, Chulikova Natalya, Malyuga Anna, Zubritskaya Yana, Bolotnik Timofey, Oprunenko Anastasia, Kozlov Aleksandr, Beklemishev Mikhail, Yagudina Roza, Rodin Igor // *Foods* – 2024. – Vol.13., № 23 – P.3729; Импакт-фактор 5.1 (JIF), **Q1**; 3 п.л.; личн.вклад 30%. EDN: NIELWW

3. DosePreview Software for Rapid Planning of Radiation Processing of Biological Objects and Materials / **Zolotov S.A.**, Bliznyuk U.A., Antipina N.A., Nikitchenko A.D., Nikolaeva A.A., Studenikin F.R., Chernyaev A.P. // *Physics of Atomic Nuclei* – 2024. – Vol.87, Suppl 3. – P.S452-S.460; Импакт-фактор 0.4 (JIF), **Q4**; 0.6 п.л. личн.вклад 80%. EDN: DNYQHX

4. Радиационная обработка семенного картофеля как метод подавления различных форм ризоктониоза на клубнях нового урожая / Чуликова Н.С., Малуга А.А., Близнюк У.А., Борщеговская П.Ю., **Золотов С.А.**, Зубрицкая Я.В., Ипатова В.С., Черняев А.П., Родин И.А.// *Агрехимия* – 2023. - № 2. – С.69-78; Импакт-фактор 0.332 (РИНЦ); 1.2 п.л.; личн.вклад 15%. EDN: MSHQZY

Radiation Processing of Seed Potatoes as a Method for Suppressing Various Forms of Rhizoctonia in New Crop Tubers // Chulikova N.S., Malyuga A.A., Bliznyuk U.A., Borshchegovskaya P.Yu., **Zolotov S.A.**, Zubritskaya Ya.V., Ipatova V.S., Chernyaev A.P., Rodin I.A. // *Russian agricultural sciences* – 2023 – Vol.49, Suppl 1 – P.S104-S112; Импакт-фактор 0.332 (РИНЦ); 1.2 п.л.; личн.вклад 15%. EDN: KQSUTQ

5. Восстановление глубинных распределений поглощенной дозы при прохождении пучков электронов через вещество / Близнюк У.А., Борщеговская П.Ю., **Золотов С.А.**, Ипатова В.С., Крусанов Г.А., Никитченко А.Д., Студеникин Ф.Р.,

Черняев А.П. // Физика элементарных частиц и атомного ядра – 2023. – Т.54, № 4. – С. 728-737; Импакт-фактор 0.485 (РИНЦ); 0.8 п.л.; личн.вклад 20%. EDN: IHPHEV

Reconstruction of Depth Dose Distributions in Materials Created by Electron Beam / Bliznyuk U.A., Borshchegovskaya P.Yu, **Zolotov S.A.**, Ipatova V.S., Krusanov G.A., Nikitchenko A.D., Studenikin F.R., Chernyaev A.P. // Physics of Particles and Nuclei – 2023. – Vol.54. – P. 575-580; Импакт-фактор 0.5 (JIF), **Q3**; 0.8 п.л.; личн.вклад 20%. EDN: LSHINT

6. Комбинация алюминиевых пластин различной толщины для повышения однородности радиационной обработки ускоренными электронами / **Золотов С.А.**, Близнюк У.А., Студеникин Ф.Р., Борщеговская П.Ю., Крусанов Г.А. // Письма в журнал Физика элементарных частиц и атомного ядра – 2023 – Т.20, № 4(249); Импакт-фактор 0.274 (РИНЦ); 0.6 п.л.; личн.вклад 25%. EDN: FNRKXL

Combination of Aluminum Plates of Different Thicknesses to Increase the Homogeneity of Radiation Treatment by Accelerated Electrons / **Zolotov S.A.**, Bliznyuk U.A., Studenikin F.R., Borshchegovskaya P.Yu., Krusanov G.A. // Physics of Particles and Nuclei Letters – 2023. – Vol.20. – P.954-958; Импакт-фактор 0.4 (JIF), **Q4**; 0.6 п.л.; личн.вклад 25%. EDN: YMTFLC

7. Electron Beam Irradiation to Control Rhizoctonia solani in Potato / Chulikova Natalya, Malyuga Anna, Borshchegovskaya Polina, Zubritskaya Yana, Ipatova Victoria, Chernyaev Alexander, Yurov Dmitry, **Zolotov Sergei**, Nikitchenko Alexander, Bliznyuk Ulyana, Rodin Igor // Agriculture-Basel – 2023. – Vol.13, № 6. – P.1221; Импакт-фактор 3.6 (JIF), **Q1**; 2 п.л.; личн.вклад 15%. EDN: WXKDDQ

8. Electron beam modification for improving dose uniformity in irradiated objects / Studenikin F.R., Bliznyuk U.A., Chernyaev A.P., Krusanov G.A., Nikitchenko A.D., **Zolotov S.A.**, Ipatova V.S. // European Physical Journal: Special Topics – 2023. – Vol.232. – P.1631-1635; Импакт-фактор 2.3 (JIF), **Q2**; 0.6 п.л.; личн.вклад 25%. EDN: TKYBTG

9. Влияние пучка ускоренных электронов с энергией 1 МэВ на рост и микрофлору картофеля / Чуликова Н.С., Малюга А.А., Близнюк У.А., Черняев А.П., Борщеговская П.Ю., **Золотов С.А.**, Никитченко А.Д., Зубрицкая Я.В., Юров Д.С. // Известия РАН. Серия физическая – 2022. – Т.86, № 12. – С. 1817-1824; Импакт-фактор 0.695 (РИНЦ); 1 п.л.; личн.вклад 20%. EDN: AYDYPE

Impact of 1-MeV Electron Beam Irradiation on the Phenology and Microflora of Potatoes / Chulikova N.S., Malyuga A.A., Bliznyuk U.A., Chernyaev A.P., Borshchegovskaya P.Yu., **Zolotov S.A.**, Nikitchenko A.D., Zubritskaya Ya.V., Yurov D.S. // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics – 2022. – Vol.86, № 12. – P. 1549-1556; Импакт-фактор 0.253 (SJR), **Q3**; 1 п.л.; личн.вклад 20%. EDN: IYCPME

При непосредственном участии соискателя получены 3 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ:

1. DEMETRA by IRT : свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023669934 /Черняев А.П., Ханкин В.В., Близнюк У.А., Золотов С.А., Студеникин Ф.Р.; правообладатель – ООО «Промышленные радиационные технологии». — 22.09.2023; личн.вклад 80%.

2. Dose Preview by IRT : свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023669628 / Черняев А.П., Ханкин В.В., Близнюк У.А., Золотов С.А., Студеникин Ф.Р.; правообладатель – ООО «Промышленные радиационные технологии». — 18.09. ; личн.вклад 80%.

3. Система планирования промышленной радиационной обработки "Туя" : свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025691280 / **Золотов С.А.**, Близнюк У.А., Борщеговская П.Ю., Никитченко А.Д., Родин И.А., Студеникин Ф.Р., Черняев А.П.; правообладатель — Золотов Сергей Александрович. — 13.11.2025; личн.вклад 80%.

Соискателем лично выполнены все представленные в работах компьютерные моделирования с использованием инструментария Geant4. Им построен аналитический оператор эволюции энергетического спектра электронного пучка при его распространении в воздухе и получено устойчивое решение задачи его обращения. Соискатель принимал участие в планировании и проведении экспериментов на ускорителях электронов, верификации разработанных алгоритмов, анализе и интерпретации результатов, а также в подготовке публикаций и докладов по теме диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании результатов выполненных автором исследований предложен новый метод обратного восстановления энергетического спектра ускоренных электронов по центрально-осевым глубинным дозовым распределениям, учитывающий изменение энергетического спектра электронов при их распространении в воздухе на пути от выхода пучка до поверхности дозиметрического фантома. Предложенный метод расширяет теоретические основы решения обратных задач дозиметрии электронных пучков и повышает точность расчетов дозовых полей. Полученные научные результаты использованы при разработке программных средств дозиметрического планирования радиационной обработки ускоренными электронами и внедрены в практику дозиметрического планирования в центре промышленной электронно-лучевой обработки «Axenter» (г. Дубна) для расчета распределений поглощенной дозы по объему обрабатываемой продукции и выбора оптимальных режимов облучения.

Диссертация представляет собой законченное самостоятельное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. Энергетический спектр ускоренных электронов с максимальной энергией 25 МэВ, прошедших в воздухе путь до 140 см, описывается в виде интегральной свертки исходного спектра электронов с ядром, выражающимся через распределение Ландау.

2. Уравнение Фредгольма 1-го рода, описывающее ослабление энергетического спектра электронов по мере их распространения в воздухе, допускает устойчивое обращение методом SVD-разложения с фильтрацией сингулярных чисел. При отсутствии шума во входных данных исходный спектр восстанавливается однозначно.

3. Представление энергетического спектра ускоренных электронов в виде суммы основной компоненты, выражающейся через интегральную свертку распределений Ландау и Гаусса, и поправочной компоненты, рассчитываемой методом А.Н. Тихонова, позволяет восстановить его по глубинным дозовым распределениям с шагом 0.1 МэВ и погрешностью не более 5%.

4. Использование восстановленных энергетических спектров ускоренных электронов при проведении компьютерного моделирования с помощью метода Монте-Карло поглощенной дозы в объектах произвольной формы и химического состава позволяет рассчитывать ее распределения с погрешностью не более 5%, а также выявлять локальные неоднородности в дозовых полях на этапе планирования радиационной обработки.

На заседании 13 февраля 2026 г. диссертационный совет принял решение присудить Золотову Сергею Александровичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 5 докторов наук по специальности 1.3.18 Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 15, против 0, недействительных бюллетеней 1.

Заместитель председателя диссертационного совета

Д.О.Еременко

Ученый секретарь
диссертационного совета

Л.И. Галанина