

Заключение диссертационного совета МГУ.014.6
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
Решение диссертационного совета от «15» апреля 2026 г. № 191

О присуждении Щербакову Алексею Александровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Оценка влияния физических факторов на дозовое распределение в лучевой терапии» по специальности 1.5.1 Радиобиология (физико-математические науки) принята к защите диссертационным советом «04» марта 2026 протокол № 181.

Соискатель Щербаков Алексей Александрович, 1997 года рождения с 01.10.2021 года по настоящее время обучается в очной аспирантуре на кафедре физики ускорителей и радиационной медицины физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова».

Соискатель работает в должности младшего научного сотрудника кафедры физики ускорителей и радиационной медицины физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова».

Диссертация выполнена на кафедре физики ускорителей и радиационной медицины физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова».

Научные руководители – доктор физико-математических наук, профессор **Черняев Александр Петрович**, заведующий кафедрой физики ускорителей и радиационной медицины физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова», кандидат физико-математических наук **Лыкова Екатерина Николаевна**, доцент кафедры физики ускорителей и радиационной медицины физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова».

Официальные оппоненты:

Бугай Александр Николаевич – доктор физико-математических наук, Международная межправительственная научно-исследовательская организация «Объединенный институт ядерных исследований», директор Лаборатории радиационной биологии;

Максимов Георгий Владимирович – доктор биологических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», биологический факультет, профессор кафедры биофизики;

Дрошневa Инна Викторовна – кандидат медицинских наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии»

Министерства здравоохранения Российской Федерации, Московский научно-исследовательский онкологический институт имени П. А. Герцена, заведующая отделением лучевой терапии.

Выбор официальных оппонентов обосновывался тем, что **Бугай Александр Николаевич** является признанным специалистом в области радиационной биологии, обладающим высокими компетенциями в области воздействия ионизирующего излучения на биологические объекты; **Максимов Георгий Владимирович** является высококвалифицированным экспертом в области биофизических исследований и изучения ответа биологических тканей на воздействие ионизирующих излучений; **Дрошневa Инна Викторовна** является признанным практикующим специалистом в области радиологии и лучевой терапии. Публикации официальных оппонентов близки по своей направленности к теме рассматриваемой диссертационной работы.

Соискатель имеет 44 опубликованных работы, в том числе по теме диссертации 6 статей, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 1.5.1 Радиобиология (физико-математические науки):

1. **Щербаков А.А.** Некоторые физические факторы развития вторичных раков у пациентов, прошедших лучевую терапию / **Щербаков А.А.**, Храмов И.В., Лыкова Е.Н., Гаврилова С.А., Студеникин Ф.Р., Черняев А.П. // Вестник Московского университета. Серия 3. Физика. Астрономия. – 2025. – № 5. – С. 2550701. EDN: HKQLPO (Импакт-фактор 0,516 (РИНЦ), 1,7 п.л./ вклад автора 75%).

Shcherbakov A.A. Some physical factors in the development of secondary cancers in patients who have undergone radiation therapy / **Shcherbakov A.A.**, Khramov I.V., Lykova E.N., Gavrilova S.A., Studenikin F.R., Chernyaev A.P. // Moscow University Physics Bulletin. – Vol. 80. – № 5. – 2025. – pp. 859–874. EDN: GYITHV (Импакт фактор 0,4 (JIF), 1,7 п.л./ вклад автора 75%).

2. Лыкова Е.Н. Практические аспекты использования ядерно-физических методов в медицине на примере лучевой терапии / Лыкова Е.Н., Назаренко А.В., Новикова Е.А., Черняев А.П., Розанов В.В., Гаврилова С.А., Студеникин Ф.Р., **Щербаков А.А.**, Иванов Е.В., Ахметшина М.Р., Копылова Е.А. // Научные технологии. – 2025. – Т. 26. – № 6. – С. 53–70. EDN: LYWOTH (Импакт-фактор 0,328 (РИНЦ), 1,1 п.л./ вклад автора 30%).

3. Черняев А.П. Современное состояние, задачи и перспективы использования источников ионизирующих излучений в России / Черняев А.П., Ким А.А., Розанов В.В., Студеникин Ф.Р., **Щербаков А.А.** // Ядерная физика. – 2025. – Т. 88. – №1. – С. 124-136. –EDN: GRPGLI. (Импакт-фактор 0,473 (РИНЦ), 1,2 п.л./ вклад автора 25%).

4. Лыкова Е.Н. Экспериментальная оценка дисторсии изображений магнитно-резонансной томографии для планирования лучевой терапии / Лыкова Е.Н., **Щербаков А.А.**, Стрелковская А.П., Студеникин Ф.Р., Гаврилова С.А., Черняев А.П. // Вестник Московского университета. Серия 3. Физика. Астрономия. – 2024. – №4. – С. 2440703. EDN: BXSMWI (Импакт-фактор: 0,516 (РИНЦ), 0,63 п.л./ вклад автора 50%).

Lykova E.N. Experimental assessment of magnetic resonance imaging distortion for radiation therapy planning / Lykova E.N., **Shcherbakov A.A.**, Strelkovskaya A.P., Studenikin F.R., Gavrilova S.A., Chernyaev A.P. // Moscow University Physics Bulletin. – 2024. – Vol. 79. – No. 4. – pp. 524-532. EDN: FHLTUR (Импакт-фактор: 0,4 (JIF), 0,63 п.л./ вклад автора 50%).

5. Chernyaev A.P. Geant4 simulation of photoneutron spectrum from medical linear accelerator / Chernyaev A.P., Belikhin M.A., Lykova E.N., **Shcherbakov A.A.** // Quantum Beam Science. – 2023. – Vol. 7. – No. 3. – P. 27. EDN: HXCAQW (Импакт-фактор 1,7 (JIF), 1,02 п.л. / вклад автора 60%).

6. Черняев А.П. Вклад вторичных частиц в формирование поглощенной дозы в процессе лучевой терапии / Черняев А.П., Лыкова Е.Н., **Щербаков А.А.** // Российские нанотехнологии. – 2023. – Т. 18, № 4. – С.540-546. EDN: QAYWBS (Импакт фактор: 0,452 (РИНЦ), 0,5 п.л./ вклад автора 40%).

Chernyaev A.P. On the contribution from secondary particles to absorbed-dose formation in the process of radiotherapy / Chernyaev A.P., Lykova E.N., **Shcherbakov A.A.** // Nanobiotechnology Reports. – 2023. – Vol. 18. – No. 4. – pp. 617-623. EDN: CWCRRXV (Импакт-фактор: 0.15 (SJIR), 0,6 п.л./ вклад автора 40%).

На автореферат поступило 4 дополнительных отзыва, все положительные.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертационная работа на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решены вопросы, имеющие значение для развития радиобиологии, а именно **впервые**: (1) проведена комплексная оценка вкладов неучтенных доз, возникающих на этапах лучевой диагностики, планирования и лучевого лечения, в величину и распределение дозы, получаемой пациентом; (2) выполнена количественная оценка вклада вторичных нейтронов, образующихся при работе медицинского ускорителя с максимальной энергией фотонов 20 МэВ, в эквивалентную дозу, получаемую пациентом; (3) проведена оценка дозовых вкладов, обусловленных утечками через многолепестковые коллиматоры медицинского линейного ускорителя, с учётом их влияния на облучение тканей за пределами целевого объёма.

Теоретическая и практическая значимость. Результаты работы расширяют возможности экспериментальной и расчетной оценки физических факторов, способных вносить вклад в величину и распределение дозы при проведении лучевого лечения. Разработанный метод изготовления фантома на основе модульных конструкций из стандартных элементов и предложенный подход к оценке геометрических искажений МР-изображений расширяют возможности контроля качества диагностических данных, используемых при планировании и проведении облучения. Практическая значимость определяется возможностью применения верифицированной компьютерной модели медицинского линейного ускорителя для оценки дозовой нагрузки, связанной с вторичными нейтронами. Использование комплексного подхода позволяет учитывать совокупное влияние искажений МР-снимков, нейтронной компоненты и утечек излучения через многолепестковые коллиматоры на распределение дозы в органах пациента и, при необходимости, уточнять план лечения.

Диссертация представляет собой самостоятельное исследование, обладающее внутренним единством. **Положения, выносимые на защиту**, содержат новые научные результаты:

1. Учет геометрических искажений изображений опухоли на МР-снимках позволяет повысить точность планирования дозового распределения при лучевом воздействии.
2. Разработанная математическая модель линейного ускорителя электронов дает возможность оценить неучтенную дозу от нейтронов на этапе планирования лучевого лечения на медицинском линейном ускорителе с максимальной энергией тормозных фотонов 20 МэВ, которая составляет до 1,61% в мишени и 2,5% вне поля облучения от суммарной дозы за полный курс лечения, соответственно.
3. Экспериментально измеренные дозовые распределения пучков тормозных фотонов свидетельствуют, что утечки излучения через многолепестковый коллиматор медицинского линейного

ускорителя увеличивают дозовую нагрузку на ткани пациента в области геометрической тени по сравнению с рассчитанным планом лечения на 2%.

4. Предложенный комплексный подход к оценке неучтенных доз, возникающих на этапах подготовки, планирования и проведения лучевой терапии на пучках тормозных фотонов с энергией до 20 МэВ, позволяет оценить вклад геометрических искажений МР-изображений, вторичных нейтронов и утечек излучения через многолепестковые коллиматоры в величину и распределение дозы, который может достигать 4% от предписанной дозы в мишени.

Личный вклад автора заключается в проведении анализа литературных источников, участии в постановке задач и формулировании целей исследования, в постановке и проведении экспериментов и анализе их результатов. Автором разработана модель медицинского ускорителя, проведены модельные расчеты с использованием программного кода GEANT4, обработка экспериментальных данных, оценка неопределённостей на различных этапах лучевой терапии и их влияния на риск развития вторичных онкологических заболеваний. Личный вклад автора в совместных публикациях основополагающий.

На заседании «15» апреля 2026 года диссертационный совет принял решение присудить Щербакову Алексею Александровичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 10 докторов наук по специальности 1.5.1 Радиобиология (физико-математические науки), участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав, проголосовали: за – 18, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Заместитель председателя диссертационного совета,
доктор биологических наук, профессор

_____ Максимов Г. В.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат химических наук

_____ Северин А.В.

«15» апреля 2026 г.