

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Щербакова Алексея Александровича «Оценка влияния физических факторов на дозовое распределение в лучевой терапии», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.5.1 – Радиобиология

Актуальность темы

Диссертационная работа Щербакова А.А. посвящена решению важной проблемы современной радиобиологии и клинической радиологии – комплексной оценке неучтенных дозовых нагрузок на пациента при лучевой терапии. В условиях, когда точность доставки дозы непосредственно связана с эффективностью лечения и риском развития отдаленных последствий (включая индуцированные злокачественные новообразования), выявление и количественное описание физических факторов, вносящих систематические погрешности на этапах диагностики, планирования и проведения облучения, является крайне актуальным. Особую значимость работе придает тот факт, что большинство исследований рассматривают указанные неопределенности изолированно, тогда как в реальной клинической практике они действуют совместно. Комплексный подход, предложенный автором, позволяет приблизить оценку реально получаемой пациентом дозы к клиническим требованиям и обосновать необходимость дополнительного контроля качества лечения.

Научная новизна и практическая значимость

Научная новизна работы не вызывает сомнений. Впервые:

- Проведена комплексная количественная оценка вкладов трех разнородных физических факторов (геометрических искажений МР-изображений, вторичных нейтронов на ускорителе с энергией 20 МэВ и утечек через многолепестковый коллиматор) в итоговое дозовое распределение.
- Выполнена количественная оценка вклада фотонейтронов в эквивалентную дозу для медицинского ускорителя с максимальной энергией тормозных фотонов 20 МэВ с учетом энергетической зависимости взвешивающих коэффициентов (по НРБ-99/2009).
- Предложен и апробирован доступный модульный фантом из стандартных элементов для оценки дисторсии МР-снимков в широком диапазоне размеров.

Практическая значимость работы определяется:

- возможностью использования разработанного фантома в клиниках, не имеющих дорогостоящих специализированных средств контроля качества МРТ;
- созданной и верифицированной компьютерной моделью ускорителя, позволяющей прогнозировать неучтенную нейтронную дозу;
- экспериментально полученными поправками (2% в области тени от утечек коллиматора; 1,6–2,5% по эквивалентной дозе от нейтронов), которые могут быть интегрированы в системы планирования облучения;
- наглядным примером для предстательной железы, показывающим, что суммарная неучтенная доза на мочевой пузырь (до 2,77 Гр) превышает дозу одной фракции, что клинически значимо.

Оценка содержания работы

Автореферат написан понятным языком, четко структурирован и позволяет проследить логику исследования. Разбиение на главы выглядит естественным. В нем последовательно изложено: постановка проблемы (глава 1). В следующих трёх главах отдельно представлены подходы и методика (экспериментальные фантомы, моделирование в GEANT4, верификация) для оценки каждого из трех исследуемых факторов. В пятой главе проведена их комплексная оценка на клиническом примере. Выводы, представленные в заключении конкретны, обоснованы проделанным исследованием и соответствуют поставленным задачам. Достоверность результатов обеспечена использованием сертифицированного оборудования, верификацией расчетов экспериментальными данными (включая сравнение спектров нейтронов с опубликованными работами) и соответствием процедур рекомендациям МАГАТЭ и МКРЗ. Публикаций (6 статей в изданиях из перечня МГУ) достаточно для кандидатской диссертации.

Замечания и дискуссионные вопросы

При общей положительной оценке работы имеются следующие замечания и пожелания:

В работе рассмотрены три фактора, однако сам автор в автореферате указывает (стр. 21), что «перечень возможных физических факторов неопределенностей существенно шире». Остается неясным, насколько доминирующими являются именно изученные вклады по сравнению с, например, позиционированием пациента, движением органов, ошибками калибровки детекторов. Было бы полезно кратко обосновать, почему выбраны именно эти факторы (МР-дисторсия, нейтроны, утечки коллиматора) как наиболее значимые для рассмотренных клинических сценариев.

Клинический пример приведен только для рака предстательной железы. В то же время искажения МР-снимков могут быть критически важны, например, для мелких мишеней в головном мозге, а нейтронный вклад – для ускорителей, используемых при лечении глубокорасположенных опухолей. Кроме того, ошибки локализации, полученные из результатов МР-снимков существенно растут к периферии снимков. Желательно в тексте автореферата указать, насколько выводы (4% дополнительной дозы) могут быть экстраполированы на другие локализации (например, голову и шею, легкие).

Несмотря на то, что автореферат написан ясным языком и аккуратно оформлен, есть мелкие недочёты в оформлении, например, в качестве знака, отделяющего целые значения от дробной, используется то запятая, то точка (на графиках и в формулах). Однако эти недочеты не влияют на понимание сути работы и на её общее восприятие.

Указанные замечания носят рекомендательный характер и не снижают общей высокой оценки диссертационного исследования.

Заключение

Диссертационная работа Щербакова Алексея Александровича «Оценка влияния физических факторов на дозовое распределение в лучевой терапии» является законченным, самостоятельно выполненным научным исследованием, содержащим решение актуальной задачи радиобиологии – комплексной оценки вклада неучтенных доз от геометрических искажений МР-изображений, вторичных нейтронов и утечек через многолепестковый коллиматор в итоговое дозовое распределение.

По актуальности, научной новизне, практической значимости и объему публикаций диссертационная работа соответствует требованиям п. 2.1-2.5 «Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова», предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор работы, Щербаков Алексей Александрович, заслуживает присуждения искомой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.5.1 – Радиобиология.

Сведения о рецензенте:

Доктор физико-математических наук,
директор Лаборатории нейтронной физики
Объединённого института ядерных исследований
141980, г. Дубна, Московская обл., ул. Жолио-Кюри, д.6

Лычагин Е.В.

«03» апреля 2026 г.