

ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени кандидата
физико-математических наук Лисовской Анастасии Олеговны на тему:
«Оценка поглощенной дозы в биологическом объекте при
межфракционном изменении его физических параметров в фотонной
лучевой терапии»
по специальности 1.5.1 Радиобиология

Лучевая терапия является важным компонентом при комплексном подходе к лечению онкологических заболеваний у детей. В основе последовательного проведения ряда процедур лучевой терапии лежит получение изображений компьютерной томографии (КТ). Они однократно используются перед началом курса радиотерапии для выбора направлений пучков тормозных фотонов и расчёта плана облучения пациента. Вследствие того, что в традиционной радиотерапии поглощенная доза подводится не одновременно, а в течение длительного времени отдельными сеансами, анатомия пациента между ними может заметно изменяться, при этом план облучения, чаще всего, остается прежним. Облучение пациента по этому плану приведет к изменению распределения дозы в нем, что может стать причиной рецидива опухоли и увеличить вероятность побочных эффектов. **Актуальность** данной работы заключается в необходимости отслеживать изменение анатомии пациента в течение курса лучевой терапии и адаптировать план облучения под эти изменения, чтобы добиться максимально возможной эффективности лечения.

Представленная к рассмотрению диссертация посвящена разработке собственного подхода экспресс-оценки межфракционных изменений физических параметров биологического объекта, а именно его объема и пространственного распределения линейного коэффициента ослабления с помощью конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ) для повышения качества лучевой терапии пациентов детского возраста.

Научная новизна работы заключается в получении зависимости распределения дозы от изменения распределения линейных коэффициентов ослабления с помощью численной антропоморфной модели, а также вычислении пороговых значений изменения объема мягких тканей, способных вызывать негативные радиобиологические последствия у пациентов детского возраста.

Практическая значимость работы заключается в том, что разработанный подход был апробирован и внедрен в отделении лучевой терапии НМИЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева, а также потенциально может быть применен и в других клинических центрах.

В первой главе представлен исчерпывающий обзор литературы, охватывающий ключевые физические и радиобиологические аспекты фотонной лучевой терапии в условиях изменения структуры облучаемого объекта. Структура главы (5 подразделов) логична, заключение к первой главе обоснованно указывает на необходимость создания экспресс-метода оценки поглощённой дозы без дополнительного облучения, что задаёт вектор дальнейшему исследованию.

Вторая глава подробно описывает используемые автором материалы и методы, а именно линейный ускоритель электронов с встроенным модулем КЛКТ для получения визуализационных изображений, компьютерный томограф, а также различные гетерогенные фантомы и верифицированные средства измерения поглощенной дозы, различное медицинское программное обеспечение. Приводится описание ретроспективного анализа изменений анатомии пациентов от сеанса к сеансу. Описывается процесс создания численной антропоморфной модели, используемой в данной работе для симуляции типичных изменений анатомии у детей. Описана методика поиска корреляции с помощью коэффициента Пирсона между поглощенной дозой в численной модели и изменением распределения линейного коэффициента ослабления. Особое внимание уделено методикам оценки поглощённой при КЛКТ-сканировании дозы и характеристикам качества изображений, что

подчеркивает глубину проработки вопроса. Описаны разработанные автором подходы к улучшению получаемых КЛКТ-изображений.

Третья глава последовательно излагает основные результаты диссертационной работы, демонстрируя достижение поставленных задач. Создана численная антропоморфная модель на основе компьютерных изображений реального пациента для имитации увеличения и уменьшения объема тела на уровне мишени в области живота и таза за счет изменения мягких тканей и газообразования в кишечнике у пациентов детского возраста. Определены корреляции между поглощенной при проведении лучевой терапии дозой и изменениями объема и пространственного распределения коэффициентов ослабления созданной численной модели. Установлены режимы сканирования КЛКТ на ускорителе Elekta Synergy, обеспечивающие баланс между свойствами КЛКТ-изображений и поглощенной визуализационной дозой. Это крайне важно для получения максимального количества визуализационной информации при сохранении низкого уровня дозовой нагрузки на педиатрических пациентов. Обосновано применение двух подходов к модификации КЛКТ-изображений для дозиметрического контроля осуществления планов облучения при изменениях анатомии пациентов от фракции к фракции без лишних КТ-исследований. Первый подход основан на геометрическом преобразовании воксельной решетки пространственного распределения коэффициента ослабления изображений КЛКТ. Вторым подходом является модификация КЛКТ-изображений путем преобразования линейных коэффициентов ослабления в относительную электронную плотность. Особое внимание уделено процедурам гарантии качества, валидации этих двух подходов. Высокая сходимость распределений поглощенной дозы на основе референсных изображений КТ и на основе модифицированных изображений КЛКТ подтверждена экспериментально. Разработанный на основе полученных данных алгоритм экспресс-оценки межфракционных изменений физических параметров облучаемого объекта прошел успешную апробацию в

клинической практике, продемонстрировав целесообразность и полезность при использовании в лучевой терапии детей с опухолями в области живота и таза.

Таким образом, можно заключить, что результаты проведенных исследований обоснованы, выводы и положения логически вытекают из полученных автором результатов исследований и соответствуют поставленным задачам.

Результаты диссертации опубликованы в 6 печатных работах в рецензируемых изданиях, индексируемых в базах данных Web of Science, RSCI, Scopus, а также апробированы в докладах на многих отечественных и международных конференциях

В качестве замечаний можно отметить следующее:

1. В диссертационной работе мало внимания уделено влиянию энергии и направления пучков тормозных фотонов, распределения интенсивности на величину изменения поглощенной дозы при изменении объема численной антропоморфной модели в области облучения.

2. В таблице 7 и на рисунке 40 не указаны единицы измерения, в которых выражена поглощенная доза.

3. Текст на рисунках 19, 20, 22 представлен на английском языке.

4. В некоторых местах текста диссертации присутствуют опечатки и синтаксические ошибки.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.5.1. Радиобиология (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова. Диссертационное исследование оформлено согласно требованиям Положения о совете по защите

диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Лисовская Анастасия Олеговна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.5.1. Радиобиология.

Официальный оппонент:

Доктор физико-математических наук,
профессор, руководитель отделения ядерной физики и астрофизики
Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук

Рябов Владимир Алексеевич

«25» марта 2026г.