

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук Товмасын Дианы Анатольевны

на тему: «Метод портальной дозиметрии на медицинском ускорителе

TomoTherapy с комплексным использованием встроенных детекторов»

по специальности 1.5.1. – «Радиобиология»

Развитие методов дистанционной лучевой терапии в последние десятилетия привело к усложнению применяемых методик облучения. Например, обозначился переход к технологиям лучевой терапии с модуляцией интенсивности (ЛТМИ), что позволяет конформно облучать мишени с одновременным уменьшением воздействия на окружающие нормальные ткани. Это привело к повышению требований, предъявляемых к точности подведения дозы пациентам. Процедуры контроля качества до и во время лечения необходимы для достижения высокой эффективности лечения и уменьшения осложнений, в том числе связанных с повреждением нормальных тканей. Ограничения стандартных методов дозиметрии обуславливают необходимость разработки новых нестандартных подходов, позволяющих получать дополнительную информацию о работе аппарата и о точности подведения дозы непосредственно в процессе облучения. Диссертация Товмасын Д.А. посвящена разработке такого метода портальной дозиметрии на медицинском ускорителе TomoTherapy, который дает возможность увеличить спектр и объем анализируемых дозиметрических данных. Поэтому **актуальность темы не вызывает сомнений.**

Текст диссертации Товмасын Д.А. представлен на 127 страницах со следующей в целом классической структурой: введение, четыре главы с описанием проведенных оригинальных исследований, заключение, список сокращений, список литературы из 138 наименований и листа с благодарностями. Текст хорошо проиллюстрирован и пояснен с помощью 13 таблиц и 51 рисунка.

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы цель и задачи работы, обоснована научная новизна и практическая значимость. Работа прошла апробацию на профильных центральных российских и международных конференциях. Результаты работы отражены в 20 публикациях, включая 1 свидетельство на программу для ЭВМ.

В первой главе приведен подробный обзор и анализ литературы, показывающий важность портальной дозиметрии и её место в процедурах гарантии качества лучевой терапии. Приведены исследования, в которых используются встроенные детекторы стандартных линейных ускорителей и показаны ограничения их применения. Довольно подробно описаны работы, проводимые на медицинском ускорителе TomoTherapy с использованием встроенных детекторов. Указано на отсутствие полноценного метода портальной дозиметрии на данном аппарате.

Вторая глава диссертации содержит подробную характеристику медицинского ускорителя TomoTherapy и его встроенных детекторов, являющихся объектом данного исследования. Проанализирована модель источника фотонного излучения и алгоритмы расчета дозы в системе планирования аппарата. Дано описание стандартных методов дозиметрии, фантомов и ионизационных камер, используемых в работе. Приведено описание программной среды MatLab и описана реализация на ней метода гамма-анализа – метода, сравнивающего два дозовых распределения (экспериментально измеренное и теоретически рассчитанное) и оценивающего критерий разницы доз.

В третьей главе приводится описание разработанного авторского алгоритма обработки данных со встроенных детекторов, который позволяет учитывать факторы, влияющие на различие теоретических и экспериментальных дозовых данных: геометрия детектора, фоновое излучение, спад сигнала в области полутени. Исследуются разные факторы влияния на различие данных теории и эксперимента. Отдельно стоит выделить предложенный автором способ учета влияния модуляции интенсивности

излучения на сигнал, учитывающий время открытия двух соседних лепестков и количество открытых лепестков коллиматора. Это позволило получить уникальные зависимости сигнала на детекторе от среднего времени открытия соседних лепестков, от количества открытых лепестков и т.д. Найдено минимальное время задержки открытия лепестков в 20 мс. В этой же главе обосновывается и описывается создание специализированного программного обеспечения для импорта данных со встроенных детекторов аппарата TomoTherapy, в том числе для загрузки теоретического массива данных с проведением последующего сравнительного их гамма-анализа.

В главе 4 приводится материал о практическом применении и апробации разработанного метода портальной дозиметрии в трёх основных направлениях: для проверки индивидуальных планов лучевой терапии пациентов, для проверки работы различных характеристик аппарата и для оценки точности позиционирования пациента непосредственно во время облучения. Применение метода для верификации планов лучевой терапии дало возможность оценивать несколько тысяч точек по всей области облучения, а также уменьшить время, затрачиваемое на такую проверку. Это ценно для отделений лучевой терапии с большим потоком пациентов. Автором показана возможность оценивать работу каждого лепестка коллиматора и выявлять неисправности в их работе. Также дополнительно на основе материалов исследования стало возможным оценивать точность синхронизации источника излучения и терапевтического стола. Экспериментально установлено, что при нормальной работе аппарата воспроизводимость данных с детекторов соответствует гамма-индексу $>95\%$. Наибольшие изменения гамма-индекса в течение курса облучения были выявлены в области тазовых костей пациента, что послужило основой рекомендации включать область таза в область сканирования.

В заключении диссертации подведены итоги проделанной работы и перечислены основные ее результаты.

Автореферат диссертации в целом правильно отражает постановку цели и задач исследования, изложен на 28 страницах и кратко содержит все основные результаты и выводы по диссертации.

По теме диссертации у Товмасян Д.А. имеется 20 опубликованных работ, из которых 6 – в рецензируемых изданиях, индексируемых в базах данных Web of Science, RSCI, Scopus, две статьи из которых опубликованы в международных журналах уровня Q1. Также еще 4 статьи опубликовано в журнале «Медицинская физика», входящем в перечень ВАК и 1 публикация – это свидетельство на программу для ЭВМ, что дополнительно подтверждает новизну основных результатов исследования.

Анализ представленного диссертационного исследования и его результатов в целом позволяет сделать следующие выводы. Все изложенные в диссертации результаты проведенных исследований **обоснованы**, все выводы и положения логически вытекают из полученных автором собственных результатов исследований и соответствуют поставленным задачам. Вклад автора в работу был определяющим. Одним из важнейших результатов работы является то, что разработанный метод дозиметрии можно применять непосредственно во время процедур облучения. Предложенный математический алгоритм обработки данных со встроенных детекторов аппарата TomoTherapy позволяет обеспечить дополнительный контроль точности выполнения процедур лучевой терапии, верифицировать реализацию плана лучевой терапии и оценивать изменения в доставленной пациенту поглощенной дозе. В частности, полученные автором данные позволили модифицировать протокол сканирования пациентов с протяженными мишенями для более точной укладки пациентов. Таким образом, представленный в диссертации подход и разработанный метод портальной дозиметрии имеют высокую **практическую значимость** для отделений лучевой терапии, оснащенных аппаратом TomoTherapy.

Научная новизна исследования определяется по совокупности полученных новых научных результатов и суммарно заключается в том, что

впервые сигнал со встроенных детекторов аппарата TomoTherapy был использован для детектирования изменений в положении тела пациентов непосредственно во время лечения и впервые для этого разработан алгоритм проверки выполнения индивидуальных планов лучевой терапии.

Но по тексту диссертации и автореферата **имеются замечания:**

1. В главе 2 не приведены промежуточные выводы по результатам этого фрагмента исследований.

2. В главе 3, п.3.3, и в соответствующем разделе автореферата нет необходимых пояснений, как «576 каналов были преобразованы в 800 точек». Нет обоснования, почему точек именно 800? Не указано, как «создавалась» функция, интерполирующая дискретные значения матрицы данных системы планирования в непрерывное распределение.

3. В главе 4 в таблице 4.2 указано для сравнения два метода верификации планов лучевой терапии, в то время как в заголовке к таблице речь идет о трех различных методах. Также к этой таблице не дано пояснений, как сравнить числовые результаты двух методов, если они даны в таблице в сравнении. Например, для всего тела пациента гамма-индекс получен в диапазоне $91.44 \pm 1.2\%$, а отклонение от запланированной дозы при стандартной проверке на фантоме оценено в $2.28 \pm 0.47\%$. И какой из этих результатов более достоверный, лучше или точнее?

Однако высказанные замечания не снижают общего высокого научного и технического уровня проведенного исследования и не умоляют его результаты. На основе проведенного анализа можно сделать следующий **вывод:**

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, а также


оформлена 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, Товмасын Диана Анатольевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.5.1. – «Радиобиология».

Официальный оппонент:

Доктор технических наук, доцент
Заведующий лабораторией медико-физических исследований
ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского»

Рогаткин Дмитрий Алексеевич


02 мая 2023 года

Контактные данные:

тел.: 8 (985) 767-01-38, e-mail: d.rogatkin@monikiweb.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:
05.11.17 - Приборы, системы и изделия медицинского назначения

Адрес места работы:

129090, Москва, Россия, Проспект Мира, 61/2,
ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского», лаборатория медико-физических исследований

Тел.: 8 (495) 681-89-84, e-mail: d.rogatkin@monikiweb.ru

Подпись *д.т.н. Рогаткина Д.А.*
ЗАВЕРЯЮ
Ученый секретарь института
д.м.н., профессор Берестень Н.Ф.

