

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»

Онкологические заболевания относятся к социально-значимым заболеваниям и занимают второе место по смертности в России и первое в США, Японии и Европе. Современные методы лечения онкологических заболеваний показывают высокую эффективность. К ним относятся и методы лучевой терапии, использующие воздействие на целевую область разного типа ионизирующих излучений. Одним из прогрессивных методов высокоточной лучевой терапии является технология томотерапии, реализуемая на линейном ускорителе TomoTherapy.

Конструкция установки позволяет осуществлять облучение опухолевых зон большой протяженности с высокой степенью однородности, что является незаменимым при необходимости облучения костного мозга или всего тела пациента.

При этом обеспечение гарантии качества лучевой терапии сопряжено с развитием и обеспечением эффективных, интегрированных с лучевой установкой, методов дозиметрии.

Диссертационная работа Товмасын Дианы Анатольевны посвящена актуальной задаче по разработке и апробации метода портальной дозиметрии с использованием детекторов ускорителя TomoTherapy для определения и контроля качества результата облучения на всех этапах работы установки.

Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения. Материалы изложены на 127 страницах машинописного текста, список литературы содержит 138 наименований.

Во **Введении** диссертации приведен анализ актуальности работы, описаны исследования по тематике диссертации опубликованные в печати на

момент постановки задачи и сформулированы основные задачи работы. Обоснована практическая значимость и научная новизна работы, описывается личный вклад автора и приводится список публикаций и докладов на конференциях.

Первая глава посвящена физическим и радиобиологическим основам лучевой терапии, ограничениям, существующим в стандартных методах дозиметрии и важность разработки методов портальной дозиметрии. Отдельно рассмотрены вопросы дозиметрии с помощью ионизационных камер, их преимущества в использовании в лучевой терапии. На фоне существующих публикаций о портальной дозиметрии на аппарате TomoTherapy показаны существующие ограничения и необходимость разработки метода, позволяющего применять встроенные детекторы как до, так и во время процедур облучения.

Вторая глава посвящена анализу используемых в работе методов, включая метод гамма-анализа, а также стандартные методы измерения дозы с помощью ионизационных камер и фантомов двух типов: тканеэквивалентные и антропоморфные. Приведено описание используемой программной среды и её графического интерфейса. Даны основные характеристики установки

Третья глава посвящена разработке алгоритма, позволяющего обрабатывать данные со встроенных детекторов и сравнивать их с теоретическими данными из системы планирования TomoTherapy. Предложены новые подходы к учету различных геометрических и физических факторов, влияющих на отличие экспериментальных и расчетных данных. Представлены результаты исследования различных конфигураций радиационных полей и их влияние на сигнал с детекторов. Найдены минимальные задержки открытия каждого лепестка коллиматора. Также приведена программная реализация разработанного метода обработки данных с детекторов.

Четвертая глава посвящена клиническому применению 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 пациентов непосредственно во время облучения. Здесь автором разработан комплекс процедур, позволяющий выявить неточность в работе отдельных лепестков коллиматора, а также неточность синхронизации источника излучения и терапевтического стола. Важнейшим результатом является клиническая апробация метода для 135 сеансов облучения пациентов. Результаты полученные в этой части диссертации, обладают высокой **практической значимостью** и могут служить важнейшим индикатором необходимости проведения адаптивной лучевой терапии.

В Заключении сформулированы результаты диссертационной работы.

В диссертационной работе Товмасын Д.А. выполнены все поставленные ею задачи, необходимые для реализации поставленной цели исследований, а также сформулированы положения, выносимые на защиту.

Основным результатом диссертационной работы Товмасын Д.А. является разработанный ею метод портальной дозиметрии, позволяющий работать с данными с детекторов и использовать их в клинических целях. Следует отметить, что автором установлен критерий прохождения верификации лечебных планов: гамма-индекс выше 90%. Найдены отклонения в работе отдельных лепестков (гамма-индекс которых опускался до 85%), а также отклонения в факторе синхронизации источника излучения и стола (менее 0,5 %).

Безусловной **научной новизной** обладают следующие результаты работы: автором предложены новые подходы к систематическому отслеживанию отклонений в работе медицинского ускорителя, а также впервые выходной сигнал с детекторов был использован для детектирования изменений в положении тела пациента.

Сформулированные выводы логическим образом вытекают из представленного материала, их **достоверность и научная значимость** не вызывает сомнений.

На защиту автором выносятся следующие научные положения:

1. Разработанный метод портальной дозиметрии обеспечивает дополнительный контроль точности выполнения процедур лучевой терапии за счет увеличения спектра и объема доступных для анализа дозиметрических данных.

2. Использование разработанного метода позволяет проводить верификацию лечебных планов лучевой терапии пациентов по всей области облучения.

3. Метод портальной дозиметрии позволяет оценить отклонения в синхронизации движения источника излучения и лечебного стола, а также позволяет зафиксировать отклонения в работе многолепесткового коллиматора.

4. Разработанный метод портальной дозиметрии позволяет детектировать изменения в положении тела пациента непосредственно в процессе облучения.

Данные положения убедительно обоснованы и соответствуют специальности 1.5.1. Радиобиология, а именно следующим её направлениям: основы медицинской физики и клинической радиобиологии; принципы и методы радиационного мониторинга. Автореферат полностью отражает содержание работы.

Результаты диссертации опубликованы в 20 печатных работах, а также апробированы в докладах на многих отечественных и международных конференциях. Следует отметить наличие свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ (№ 2023614195).

Следует отметить ряд замечаний. Замечание по оформлению:

-- В списке литературы приведено недостаточно русскоязычных источников.

-- В таблице 4.2 по результатам верификации лучевой терапии не аккуратно представлены целая и дробная части чисел. Кроме того, в описании таблицы говорится о трех методах, а в таблице представлены только два из них.

Замечания по существу:

-- Представленный в третьей главе алгоритм обработки данных со встроенных детекторов даёт информацию об актуальном потоке излучения, при этом для расчета актуальной дозы используется дополнительное программное обеспечение, что делает процесс перерасчета дозы менее удобным и более трудоемким в клинической практике.

-- не представлен анализ эффективности применения аппаратных функций и их верификации; не ясно насколько применение найденных функций улучшает результат и влияет на сходимость расчетных и экспериментальных данных.

-- Представленное применение метода портальной дозиметрии во время лечения пациентов требует определения более четких критериев оценки для различных типов облучения.

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, 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 физико-математических наук, старший научный сотрудник РАН
Высококвалифицированный ведущий научный сотрудник
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический институт имени П. Н. Лебедева Российской академии наук

Завестовская Ирина Николаевна

11 мая 2023 года

Контактные данные:

тел.: 8 (910) 427-80-74, e-mail: zavestovskayain@lebedev.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:

01.04.21 - лазерная физика

Адрес места работы:

117198, г. Москва, Ленинский проспект, д. 53,

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический институт имени П. Н. Лебедева Российской академии наук

Тел.: 8 (910) 427-80-74, e-mail: zavestovskayain@lebedev.ru

ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ

Помощник
директора

12.05.23

Сазонов С.Ю.

