

Отзыв научного руководителя

на диссертацию Белихина Михаила Александровича «Разработка и исследование метода компенсации движения опухолей в протонной терапии сканирующим пучком» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.5.1 – «Радиобиология»

Белихин Михаил Александрович в 2018 году окончил Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» по специальности «Электроника и автоматика физических установок». В 2018 году он поступил в аспирантуру физического факультета МГУ на кафедру физики ускорителей и радиационной медицины. За время обучения в аспирантуре Белихин М.А. вел семинары по спецкурсам «Ускорители заряженных частиц», «Взаимодействие частиц и излучения с веществом» и принимал зачеты студентов физического факультета МГУ. Белихин М.А. качественно объясняет материал и детально работает с каждым студентом. Он является одним из авторов Программы переподготовки медицинских физиков, разработанной в МГУ.

Тема диссертационной работы М.А. Белихина посвящена совершенствованию технологии протонной терапии и расширению области ее применения на лечение подвижных опухолей в случае рака легких, молочной железы и печени. Его работа включает в себя экспериментальную разработку систем отслеживания движения опухоли и нового режима работы медицинского синхротрона для синхронизации с дыханием пациента, а также ряд дозиметрических экспериментов.

Актуальность исследований Белихина М.А. обусловлена недостаточной точностью существующих методов и систем протонной терапии сканирующим пучком при лечении опухолей грудной клетки. Разработка новых методов компенсации движения опухоли и оптимизация существующих позволит достигнуть высокой эффективности протонной терапии, снизить вероятность побочных эффектов и вторичного рака, особенно при гипофракционированном лечении.

В рамках исследовательской работы Белихин М.А. приобрёл полный перечень навыков необходимых для научного сотрудника. Он освоил методы дозиметрии, разработал новые программные инструменты для обработки полученных данных, проводил экспериментальные работы на медицинском протонном синхротроне. Полученные в диссертационной работе результаты являются пионерскими, относятся к специальности «Радиобиология» и состоят в следующем:

1. Разработанный метод моделирования движения мишени и метод измерения поглощенной дозы в ней при облучении сканирующим пучком протонов может быть

основой для процедуры доклинического контроля качества протонной терапии движущихся опухолей.

2. Разработанные системы отслеживания движения опухоли, использующие воздействие неионизирующего излучения на пациента, работают в реальном времени и обеспечивают высокое временное (1-2 мс) и пространственное разрешение, что повысит точность лечения и улучшит оптимизацию распределения дозы.
3. Квадратичная модель была предложена для описания зависимости однородности поглощенной дозы в подвижной мишени от амплитуды ее движения.
4. Разработанный новый режим синхронизации синхротрона с дыханием пациента обеспечивает оптимизацию дозы при облучении подвижной мишени, оптимальный режим ускорения протонов и устойчив к нерегулярностям движения мишени до 30%.
5. Разработанный метод компенсации движения опухоли обеспечивает однородность дозы $97,4 \pm 0,3\%$ и гамма-индекс $97 \pm 2\%$ в движущейся мишени, что позволит снизить вероятность отдаленных последствий действия ионизирующего излучения. При этом длительность облучения увеличивается всего лишь на 25% по сравнению с другими методами компенсации, которые увеличивают ее более чем на 120%.

Результаты, полученные М.А. Белихиным в ходе выполнения диссертационной работы, опубликованы в 5-ти исследовательских статьях в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в Web of Science и Scopus. Одна из них опубликована в авторитетном журнале по медицинской физике с квартилем Q1. М.А. Белихин неоднократно докладывал свои результаты на российских и международных конференциях, а также принимал участие в работах по гранту ФНТП.

За время подготовки диссертации М.А. Белихин вырос в самостоятельного, заинтересованного, ответственно подходящего к работе исследователя. К настоящему времени он обладает всеми качествами, компетенциями и высокой квалификацией специалиста в области медицинской физики, радиобиологии и дозиметрии, готов к самостоятельному продолжению научной работы.

Диссертационная работа М.А. Белихина выполнена на высоком научном уровне и содержит результаты, имеющие научную и практическую ценность. Она представляет собой законченное исследование и отвечает требованиям, установленным Московским Государственным Университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту 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. Автореферат соответствует содержанию диссертации и достаточно полно описывает результаты и выводы работы.

Считаю, что М.А. Белихин достоин присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.5.1 – «Радиобиология».

Научный руководитель,
Заведующий кафедрой физики ускорителей
и радиационной медицины
д.ф.-м.н., профессор



А.П. Черняев

Подпись А.П. Черняева удостоверяю:

Ученый секретарь
физического факультета МГУ
д.ф.-м.н., профессор



В.А. Карavaев

19 сентября 2023

