

<sup>2</sup>Научно-исследовательский институт онкологии Томского НИМЦ РАН,  
634009, г. Томск, пер. Кооперативный, 5  
E-mail: agrigorieva@tpu.ru

Использование радиоактивных изотопов в медицине, в частности в онкологии, на сегодняшний день повсеместно распространено и применяется как для диагностики, так и для терапии злокачественных новообразований в виде радиофармпрепаратов и облучателей [1]. С особым успехом радиоактивные изотопы используются в терапевтических установках для дистанционной лучевой терапии (ЛТ). Наиболее распространенным радионуклидом в установках подобного типа является <sup>60</sup>Co, имеющий продолжительный период полураспада (5,27 лет) и энергию излучения гамма-квантов 1,25 МэВ, достаточную, чтобы вызвать функциональные и анатомические изменения в тканях и органах тела человека [2]. Так, к настоящему моменту, в России используется 420 установок для дистанционной лучевой терапии, из них 270 являются гамма-терапевтическими установками на базе <sup>60</sup>Co [3].

При проведении сеансов лучевой терапии на гамма-терапевтических установках, необходимо подводить максимально возможную дозу облучения на патологический очаг, учитывая индивидуальные анатомические особенности каждого пациента с целью защиты здоровых тканей и органов человека [1, 4]. Таким образом, форма поля облучения для дистанционной ЛТ должна быть максимально приближена к конфигурации патологического очага. Основным недостатком гамма-аппаратов для ЛТ является отсутствие многопесткового коллиматора в системе формирования поля. Для того чтобы обеспечить конформные условия облучения, необходимо применять дополнительные устройства коллимирования полей облучения при проведении сеансов ЛТ гамма-излучателями.

Решением данной проблемы может стать изготовление индивидуальных коллимирующих устройств методами трехмерной печати. Использование технологий трехмерной печати позволит изготовить модификационные устройства для медицинского назначения за короткий срок. Применение подобного рода технологий в онкологии очень важно, поскольку некоторые онкологические заболевания характеризуются очень высокой динамикой прогрессирования и высокой реакцией на терапию. В свою очередь, подобные модификационные устройства, изготовленные методами трехмерной печати, повысят точность доставки дозы при проведении сеансов на гамма-терапевтических установках, обеспечат защиту критических органов и увеличат эффективность лечения в целом.

В рамках данной работы предлагается изготовить индивидуальный коллиматор методами трехмерной печати для формирования пучков гамма-излучения <sup>60</sup>Co медицинского назначения.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-79-10052).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bernier J., Hall E.J., Giaccia A. Radiation oncology: a century of achievements // Nature Reviews Cancer, 2004. – V. 4. – №. 9. – P. 737.
2. Audi G., Wapstra A.H., Thibault C. The AME2003 atomic mass evaluation:(II). Tables, graphs and references // Nuclear physics A, 2003. – V. 729. – №. 1. – P. 337-676.
3. Рахманин Ю.А., Костылев В.А. Анализ технического и технологического оснащения лучевой терапии в России // Альманах клинической медицины, 2006. – №. 12.
- Gerber D.E., Chan T.A. Recent advances in radiation therapy // Am Fam Physician, 2008. – V. 78. – №. 11. – P. 1254-1262.

## ЧИСЛЕННАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ВЫВОДА ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА МЕДИЦИНСКОГО УСКОРИТЕЛЯ

Милойчикова И.А.<sup>1,2</sup>, Булавская А.А.<sup>1</sup>, Черепенников Ю.М.<sup>1</sup>

Научный руководитель: Стучебров С.Г.<sup>1</sup>, к.ф.-м.н., доцент

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

<sup>2</sup>Научно-исследовательский институт онкологии Томского НИМЦ РАН,  
634009, г. Томск, пер. Кооперативный, 5  
E-mail: miloichikova@tpu.ru

Для проведения лучевой терапии используются разные виды установок, например, такие как гамма-терапевтические аппараты с радионуклидным источником <sup>60</sup>Co для дистанционной и брахитерапии, рентгеновские аппараты для близкофокусной терапии, и медицинские ускорители для высокоточного конформного облучения [1]. Для проведения лучевой терапии поверхностных и неглубоко залегающих новообразований широко используются электронные пучки медицинских ускорителей [1, 2]. С повышением требований к точности доставки дозы необходимо применять дополнительные модификаторы поля облучения. Для формирования границ фигурных полей облучения, медицинские аппараты дополнительно комплектуются набором металлических блоков. Однако, ограниченный состав таких наборов не позволяет формировать пучки произвольной сложной формы. Данные блоки устанавливаются оператором вручную для каждого сеанса облучения, что ведет к увеличению времени

подготовки к лечению, а человеческий фактор вносит погрешность в точность доставки дозы [1]. Для модуляции глубинного распределения дозы используются тканеэквивалентные болусы, которые располагаются в непосредственном контакте с пациентом, либо металлические компенсаторы, которые располагаются на заданном расстоянии от поверхности кожи [3].

Болус и компенсатор необходимо изготавливать индивидуально для каждого пациента. Авторами [4] предложено использовать технологии трехмерной печати для изготовления подобных элементов, формирующих глубинное распределение медицинского электронного пучка. При выборе материалов необходимых для печати подобных объектов, разработке их геометрии и оценке сформированного ими дозного распределения, необходимо проводить численное моделирование с применением метода Монте-Карло [5].

В рамках данной работы была создана численная модель системы вывода электронного пучка медицинского ускорителя с использованием инструментария Geant4 [5]. Получены результаты численного моделирования глубинного распределения дозы и поперечного профиля электронного пучка с номинальной энергией 12 МэВ в водном фантоме.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 19-79-10014).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Khan F.M., Gibbons J.P. Khan's the physics of radiation therapy. – Fifth edition. – Lippincott Williams & Wilkins, 2014. – 572 p.
2. Hogstrom K.R., Almond P.R. Review of electron beam therapy physics // *Physics in Medicine & Biology*, 2006. – V. 51. – №. 13. – P. R455.
3. Mahdavi H., Jabbari K., Roayaei M. Evaluation of various boluses in dose distribution for electron therapy of the chest wall with an inward defect // *Journal of Medical Physics/Association of Medical Physicists of India*, 2016. – V. 41. – №. 1. – P. 38.
4. Miloichikova I. et al. Feasibility of clinical electron beam formation using polymer materials produced by fused deposition modeling // *Physica Medica*, 2019. – V. 64. – P. 188-194.
5. Allison J. et al. Recent developments in Geant4 // *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 2016. – V. 835. – P. 186-225.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА И ПЛОТНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПОМОЩЬЮ ТОМОГРАФИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Чернова О.С., Григорьева А.А., Черепенников Ю.М.

Научный руководитель: Стучебров С.Г., к.ф.-м.н., доцент

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: osc6@tpu.ru

Медицинская визуализация позволила достичь высокой эффективности диагностики онкологических заболеваний. Основными высокоэффективными методам медицинской визуализации являются магниторезонансная томография, позитронно-эмиссионная томография и компьютерная томография [1].

Компьютерная томография – метод, основанный на облучении исследуемого объекта рентгеновским излучением под разными углами. За счет высокой точности данный метод является наиболее эффективным при диагностике различных заболеваний головного мозга, легких, сердечно-сосудистой системы и других органов [2]. Контроль работы томографа проводится на специализированных макетах, называемых фантомами, которые должны иметь области с разной рентгеновской плотностью для имитации различных структур человеческого тела.

В данной работе было проведено облучение образцов разной рентгеновской плотности импульсным источником рентгеновского излучения с целью определения плотностей материалов, из которых изготовлены фантомы, и параметров их изготовления путем сравнения его рентгеновского снимка со снимками тестовых образцов. В ходе обработки результатов была составлена таблица, включающая в себя данные RGB-профилей образцов материалов и тестовых моделей.

В результате был определен состав исследуемого фантома путем сравнения плотности просвечивания тестовых образцов и его материалов.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-79-10052).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аврунин О.Г., Семенец В.В., Борисовна Щ.А Методы визуализации внутримозговых структур на современном этапе // *Радиоэлектроника и информатика*, 1999. – №4 (9). – С. 107-108.
2. Марусина М.Я., Казначеева А.О. Современное состояние и перспективы развития томографии // *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*, 2007. – №42. – С. 3-13.

## ИЗМЕРЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ В ПОПЕРЕЧНОМ СЕЧЕНИИ РЕНТГЕНОВСКОГО ПУЧКА С ПОМОЩЬЮ