

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА В
ТКАНЕЭКВИВАЛЕНТНЫХ МАТЕРИАЛАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНСТРУМЕНТАРИЯ
GEANT4**

А.Э. Прокопьев, И.А. Милойчикова, А.А. Красных

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

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: sasha1641996@gmail.com

**NUMERICAL SIMULATION OF THE ELECTRON BEAM DISTRIBUTION IN TISSUE-
EQUIVALENT MATERIALS USING GEANT4**

A.E. Prokopyev, I.A. Miloichikova, A.A. Krasnykh

Scientific Supervisor: PhD S.G. Stuchebrov

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: sasha1641996@gmail.com

***Abstract.** The numerical model of the electron beam dose distribution in ABS and HIPS plastics was developed. The calculation results were compared with experimental data of depth dose distribution of electron beam in water phantom for applicability estimation of these polymer materials for the imitation of biological tissues.*

Введение. Электронные пучки являются важным медицинским инструментом для обеспечения точной доставки дозы при облучении поверхностных новообразований. Их применение позволяет минимизировать воздействие на здоровые ткани и органы [1]. Повышение точности процедур лучевой терапии обеспечивается дозиметрическим планированием. Для этого применяются как расчетные методы, так и экспериментальные. В работе [2] рассматривается возможность создания индивидуальных фантомов для экспериментальной верификации планов облучения, которые имитируют различные плотности тканей человека, при помощи аддитивных технологий. Методы трехмерной печати, используемые в данной работе, основаны на послойном наплавлении пластика. Одними из наиболее распространенных материалов, применяемых для этого, являются АБС и НІPS пластики.

Данная работа направлена на разработку модели прохождения электронов через АБС и НІPS пластики. Для оценки применимости исследуемых материалов для имитации биологических тканей результаты расчетов сравниваются с полученными экспериментально глубинными распределениями доз электронов в водном фантоме.

Материалы и методы. В работе использованы глубинные распределения доз электронов в воде, измеренные в отделении радиологии Московской городской онкологической больницы № 62. Для измерения использовалась камера цилиндрическая SNC125с и фантом 3D Scanner производства Sun Nuclear [3]. Источником являлся клинический ускоритель электронов ONCOR Impression Plus (Siemens) [4]. Амплитуда шумов измерений находилась в пределах 0,5%.

На первом этапе основной задачей было моделирование источника электронов с распределением энергии по Гауссу. Схема эксперимента приведена на рисунке 1.

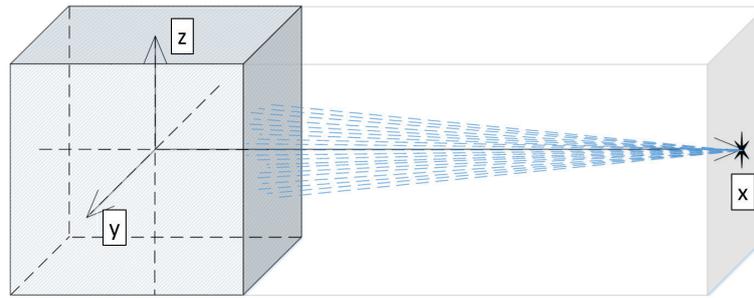


Рис. 1. Схема моделирования прохождения электронов

На расстоянии 100 см от фантома с размерами 30х30х30 см, расположен точечный источник электронов. Детектирование прохождения электронов происходит во всем объеме вещества. Начальная энергия электронов: 6, 12, 18 МэВ, что соответствует экспериментальным данным.

Результаты и обсуждения. В связи с тем, что фактическая средняя энергия и спектральное распределение энергии электронов в пучке реального ускорителя точно не известны, для моделирования необходимо провести подбор данных параметров. На рисунке 2 представлен пример расчетов глубинных распределений доз электронов (со средней энергией 5,8 МэВ) в воде с различными параметрами пучка и приведено сравнение с экспериментальными данными.

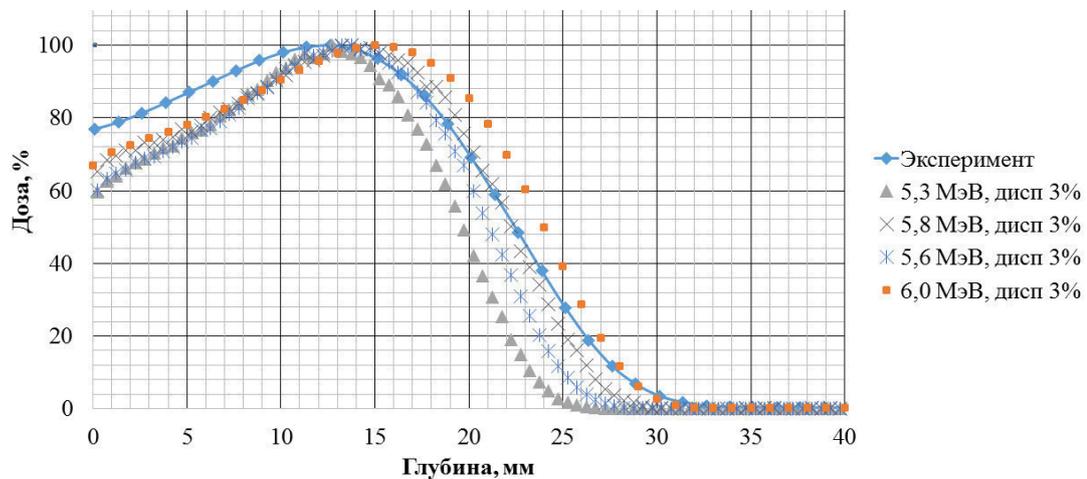


Рис. 2. Расчет глубинных распределений доз электронов (со средней энергией близкой к 6 МэВ) в воде с различными параметрами пучка и сравнение с экспериментальными данными

По рисунку 2 видно, что наибольшее соответствие эксперименту наблюдается при средней энергии электронов 5,8 МэВ с дисперсией 3%. Для энергии 12 МэВ данные параметры равны 11,3 МэВ с дисперсией 3%. Для энергии 18 МэВ – 17,9 МэВ с дисперсией 3%.

На следующем этапе было проведено сравнение расчетных глубинных распределений доз электронов в воде и пластиках. На рисунке 3 представлены результаты для разных энергий электронов.

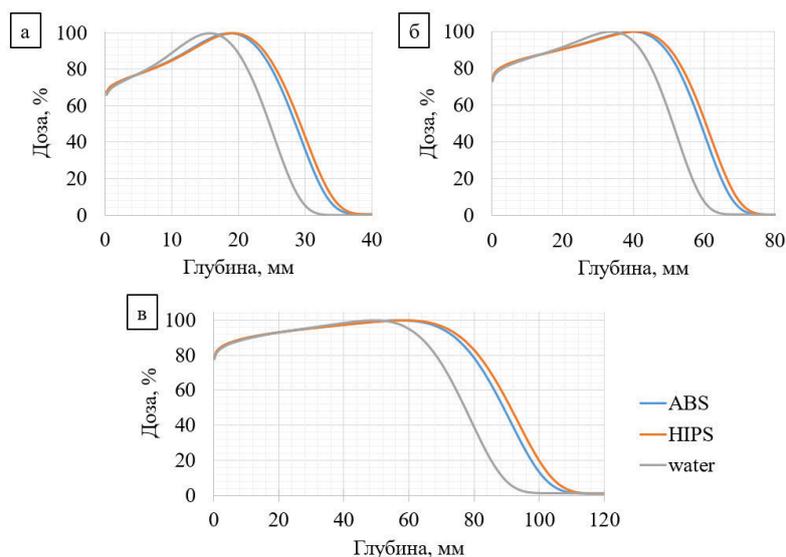


Рис. 3. Расчетные процентные глубинные распределения доз электронов в тканезквивалентных средах
а – электроны с энергией 6 МэВ; б – 12 МэВ, в – 18 МэВ

Как видно из рисунка 3, глубинные распределения доз в пластиках имеют очень близкие формы. Глубина максимума поглощения дозы в воде меньше чем в пластиках, что влияет на общую разницу в полученных зависимостях.

Заключение. В рамках данного исследования были разработаны модели источника излучения и материалов – воды, АБС и НПС пластика. На основе экспериментальных данных были подобраны оптимальные энергетические характеристики моделируемых пучков для энергий 6, 12 и 18 МэВ. Было проведено сравнение глубинных распределений доз электронов в воде, АБС и НПС пластиках. Несмотря на имеющиеся отличия распределений глубинных доз в пластиках от распределений в воде, их можно использовать в качестве тканезквивалентных материалов с применением соответствующих поправочных коэффициентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Podgorsak E. B. Radiation oncology physics: a handbook for teachers and students. International Atomic Energy Agency, 2005. 657 p.
2. Данилова И.Б., Красных А.А., Милойчикова И.А., Стучебров С.Г. Моделирование взаимодействия гамма-излучения и АБС-пластика с различными металлическими примесями // Вестник национального исследовательского ядерного университета «МИФИ». – 2017. – Т. 6 - № 1. – С. 78–82.
3. Sun Nuclear Corporation [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.sunnuclear.com/>. – 12.02.2018.
4. Siemens Linear Accelerator Comparison Chart [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.oncologysystems.com/radiation-therapy/linear-accelerators/siemens-linear-accelerators-chart.php>. – 12.02.2018.