**Математическое моделирование транспорта адронов и ионов в эквивалентной воксельной модели животного-опухоленосителя в интересах лучевой терапии**

***Кизилова Я.В.1, Корякин С.Н.1,2, Соловьев А.Н. 1,2***

***Научный сотрудник лаборатории медицинской радиационной физики, к.б.н., заведующий отделом радиационной биофизики, к.ф.-м.н., заведующий лабораторией медицинской радиационной физики***

*1 Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф. Цыба – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации (МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России), Обнинск, Россия*

*2 Обнинский институт атомной энергетики — филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет “МИФИ”» (ИАТЭ НИЯУ МИФИ), Обнинск, Россия*

*E–mail:* *cobaltcorsair@yandex.ru, korsernic@mail.ru, salonf@googlemail.com*

Задача транспорта ионизирующего излучения через вещество относится к фундаментальным и актуальным вычислительным потребностям, обеспечивающим эффективную и качественную оценку величин поглощённых доз и сопутствующих характеристик, ответственных за формирование повреждающего действия. В этой связи остро встаёт вопрос о создании инновационных программно-вычислительных средств, способных в наиболее короткие, допустимые для принятия врачебного решения, сроки, предоставлять данные о запланированной дозе на целевые объёмы с учётом жёстких и мягких ограничений на здоровые ткани.

В рамках рассмотренного подхода использовали программно-вычислительный комплекс на базе решения с открытым исходным кодом Geant4 [2], а также собственные разработанные программы для ЭВМ с использованием языков высокого уровня Python, C++, библиотек pytorch, а также дополнительные реализации подпрограмм на языке CUDA для графических сопроцессоров. В качестве основного объекта исследования рассмотрена воксельная модель [4] животного-опухоленосителя, полученная на базе снимков компьютерного томографа VECTOR 6 (MiLabs, Нидерланды) в режимах сканирования как всего тела, так и ультра-фокус на зону опухоли. В качестве источника излучения рассматривались спектральные характеристики ЦКП «РБС на У-70» (ионы углерода), оцененное фазовое пространство КПТ «Прометеус», а также ранее рассчитанные данные в системе моделирования общего назначения для комплекса нейтронной терапии на базе генератора НГ-24МТ [1]. К составу оцененных расчётных величин при подведении лучевой терапии зоны опухолевого узла относилась как поглощённая доза, так и величины линейной передачи энергии, в том числе для покомпонентного состава. В составе дополнительных оценок, реализуемых в составе разработанного программно-аппаратного комплекса, может быть также рассмотрена величина ожидаемых значений биологических эффективных доз.

Результаты проведённых работ служат основополагающим этапом для дальнейшего проведения проспективных оценок величин ожидаемого биологического эффекта и могут рассматриваться как в задачах оценок эффективности проводимой терапии, так и её безопасности в отношении острых и отдалённых лучевых реакций.

Эффективное использование современных средств высокопроизводительных вычислений открывает дорогу к существенному повышению качества оказываемых медицинских услуг при радиотерапии онкологических заболеваний [3].

**Литература**

1. Мардынский Ю.С., Гулидов И.А., Гордон К.Б., и др. Дистанционная нейтронная терапия: первый отечественный медицинский комплекс // Вестник Российской Академии Наук. 2024. Том 94. №1. С. 80–86.​
2. Allison J., et al. Geant4 developments and applications // IEEE Transactions on Nuclear Science. 2006. Vol. 53, No. 1. P. 270–278.​
3. Jia X., et al. GPU-based fast Monte Carlo simulation for radiotherapy dose calculation // Physics in Medicine & Biology. 2010. Vol. 55, No. 11. P. 3077–3086.
4. Stabin M.G., et al. Voxel-based mouse and rat models for internal dose calculations // Journal of Nuclear Medicine. 2006. Vol. 47, No. 4. P. 655–659.​