**Экспериментальное исследование эффективности метода многократного сканирования в протонной терапии с помощью динамического фантома**

***Копылова Е.А.***

*Студент, 1 курс магистратуры*

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,*

*физический факультет, Москва, Россия*

*E–mail:* [*ekaterinakalip@gmail.com*](mailto:ekaterinakalip@gmail.com)

В настоящее время протонная терапия в режиме активного сканирования является одним из наиболее технологичных методов дистанционной лучевой терапии. Метод заключается в облучении опухоли тонким пучком размером порядка нескольких миллиметров, направление которого задается системой сканирующих магнитов. Основное препятствие для применения метода активного сканирования заключается во внутрифракционном движении органов. Рассинхронизация между движением опухоли и сканирующего пучка протонов приводит к ухудшению распределения дозы [2].

Чтобы минимизировать влияние движения опухоли на распределение дозы, необходимо применять методы компенсации движения, например, метод многократного сканирования [4]. Метод заключается в многократном повторном облучении мишени дозой, кратной предписанной величине дозы. Таким образом, предписанная доза достигается в результате суммирования доз, полученных при отдельных итерациях сканирования. Этот метод позволяет компенсировать области передозировки и недостаточной дозировки за счет статистического усреднения дозы. В работах [1,3] демонстрируются результаты исследования эффективности метода многократного сканирования в зависимости от параметров плана (количество полей, направления полей, количество повторных сканирований) и от параметров движения (амплитуда, начальная фаза).

Целью нашей работы была оценка эффективности метода объемного многократного сканирования с установлением нижнего порога интенсивности на комплексе протонной терапии «Прометеус», разработанном АО «Протом» [5]. Для этого сравнивались дозовые распределения движущихся мишеней с дозовым распределением неподвижной мишени. Дозовые распределения были получены с помощью радиохромных плёнок при облучении водного неантропоморфного динамичсекого фантома с аплитудами движения 2 мм, 5 мм, 10 мм.

Было обнаружено, что для мишени с амплитудой движения до 5 мм 4 итерации сканирования позволяют улучшить коэффициент однородности до 5 %, а для мишени с амплитудой движения 10 мм метод многократного сканирования не позволяет добиться желаемого уровня однородности.

*Исследование выполнено в рамках Программы развития Междисциплинарной научно-образовательной школы Московского университета «Фотонные и квантовые технологии. Цифровая медицина».*

**Список литературы:**

1. Bernatowicz, K., et. al. Comparative study of layered and volumetric rescanning for different scanning speeds of proton beam in liver patients // Phys. Med. Biol. 2013, vol.58. p. 7905–7920.
2. Bert, С., et. al. Quantification of interplay effects of scanned particle beams and moving targets // Phys. Med. Biol. 2008, vol. 53. p. 2253–2265.
3. Knopf, A.C., et. al. Scanned proton radiotherapy for mobile targets—the effectiveness of re-scanning in the context of different treatment planning approaches and for different motion characteristics // Phys. Med. Biol. 2011, vol. 56. p. 7257–7271.
4. Phillips, M., et. al. Effects of respiratory motion on dose uniformity with a charged particle scanning method // Phys. Med. Biol. 1992, vol. 37. p. 223-234.

Pryanichnikov, А., et al. Сlinical use of the proton therapy complex “Prometheus”// Phys. Part. Nuclei Lett. 2018, vol. 15. p. 981-985.