

## АНАЛИЗ ПОВРЕЖДЕНИЙ ДНК В ОПУХОЛЕВЫХ КЛЕТКАХ ЧЕЛОВЕКА В МОДЕЛИ БОР-НЕЙТРОНОЗАХВАТНОЙ ТЕРАПИИ

Тогтохтур Т.<sup>1</sup>, Душанов Э.<sup>1,2</sup>, Кулагова Т.<sup>3</sup>, Кулик В.<sup>3</sup>, Батмунх М.<sup>1</sup>, Бугай А.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Лаборатория радиационной биологии, ОИЯИ, Дубна, Россия, dushanov@jinr.ru

<sup>2</sup>Государственный университет «Дубна», Дубна, Россия

<sup>3</sup>Институт ядерных проблем, БГУ, Минск, Беларусь

Бор-нейтронозахватная терапия (БНЗТ) является перспективным методом лечения таких злокачественных опухолей, которые признаны неизлечимыми: меланома, гепатоцеллюлярная карцинома, глиобластома, менингиома, мезотелиома плевры и опухоль шеи. Подходом с БНЗТ можно целенаправленно уничтожать только раковые клетки, оставляя нетронутыми здоровых. Метод Монте Карло, реализованной в пакете GEANT4, позволяет оценить не только влияние продуктов выхода бор-нейтронозахватной реакции в клеточную среду, но и полезного вклада дозы нейтронов для эффективной терапии.

В данном этапе исследования нами проведён расчёт вклада дозы вторичных частиц ядерной реакции между нейтронами, в энергетическом диапазоне от 0,0253 эВ до 10 кэВ, и наночастицами <sup>10</sup>B различных концентраций. Для расчёта использована модель глиальной клетки человека. Наночастицы бора, с концентрациями от 10 до 100 мкг/г, были случайно распределены в ядре, цитоплазме и надмембранной областях клетки. Наиболее эффективной оказалась эпитеpmальная энергетическая область нейтронов, от 1 эВ до 1 кэВ, где их абсорбция доминирует. С использованием утилиты GEANT4-DNA оценено число повреждений ДНК в двух, сферической и эллипсоидной формах модели клетки. Расчёты физических параметров ядерной реакции нейтронов с наночастицами бора проведены утилитой DNAPhysics, которые показали достоверность нашего подхода, путём сравнения расчётных данных с экспериментальными. Данная физическая модель использована алгоритме DBSCAN, для расчёта повреждений, в виде двунитевых разрывов ДНК. Полученные результаты показывают, в подходе к лечению опухолей с помощью БНЗТ, важность учёта не только вторичных частиц с высоким ЛПЭ, но и тип, концентрацию и геометрию расположения наночастиц бора в опухолевой клетке.

### Литература

1. Таскаев С.Ю., Каныгин В.В. *Бор-нейтронозахватная терапия* // Издательство СО РАН, Новосибирск, 2016, 215 стр., ISBN 978-5-7692-1500-1.
2. Wang S, Zhang Z, Miao L and Li Y (2022) *Boron Neutron Capture Therapy: Current Status and Challenges* // Front. Oncol. 12:788770. doi: 10.3389/fonc.2022.788770.
2. Moghaddasi, L., & Bezak, E. (2018). *Geant4 beam model for boron neutron capture therapy: investigation of neutron dose components* // Australasian Physical & Engineering Sciences in Medicine, 41(1), 129–141. doi:10.1007/s13246-018-0617-z.