

РАСЧЁТ ВЫХОДА ДВУНИТЕВЫХ РАЗРЫВОВ ДНК В ОПУХОЛЕВЫХ КЛЕТКАХ В МОДЕЛИ НЕЙТРОНОЗАХВАТНОЙ ТЕРАПИИ

Э. Б. Душанов^{1,2}, Т. Тогтохтур¹, Т. А. Кулагова³, В. К. Кулик³, А. Н. Бугай^{1,2}

¹Лаборатория радиационной биологии, ОИЯИ, Дубна, Россия

²Государственный университет «Дубна», Дубна, Россия

³Институт ядерных проблем, БГУ, Минск, Беларусь

Бор-нейтронозахватная терапия (БНЗТ) является известным и перспективным методом лечения труднодоступных злокачественных опухолей головы и шеи [1, 2]. В результате реакции захвата нейтрона атомами бора образуются короткопробежные альфа-частицы и ядра лития с высокой биологической эффективностью, которые и приводят к поражению опухолевых клеток и тканей. Ключевое отличие БНЗТ от традиционной лучевой терапии заключается в том, что таргетность излучения достигается за счёт избирательной концентрации препаратов бора в опухоли, а не нацеливанием пучка.

В настоящей работе с помощью методов Монте Карло, реализованных в пакете GEANT4 [3], нами проведено моделирование взаимодействия пучка нейтронов с энергиями диапазоне от 0,0253 эВ до 10 кэВ и наночастицами ^{10}B с концентрациями от 10 до 100 мкг/г на масштабе отдельной опухолевой клетки. С использованием пакета GEANT4-DNA рассчитано число повреждений ДНК в моделях ядра глиальных клеток сферической и эллипсоидальной формы. Расчёты по физике взаимодействий нейтронов в модели показали их соответствие экспериментальным данным. Получено распределение событий энерговыделения при взаимодействии ДНК с продуктами реакции захвата нейтрона и других физических процессов. Для расчёта индукции двунитевых разрывов (ДР) ДНК, дающих основной вклад в клеточную гибель, использован алгоритм DBSCAN [4]. В работе проанализирован выход ДР ДНК в ядре клетки при различных распределениях наночастиц бора: в ядре, цитоплазме и на поверхности мембраны клетки, что позволит в дальнейшем оптимизировать схемы адресной доставки препаратов в опухоль.

Библиографические ссылки

1. Таскаев С. Ю., Каныгин В. В. Бор-нейтронозахватная терапия. Новосибирск : Издательство СО РАН, 2016.
2. Boron neutron capture therapy: current status and challenges / S. Wang [et al.] // Front. Oncol. 2022. Vol. 12. P. 788770.
3. Moghaddasi L., Bezak E. Geant4 beam model for boron neutron capture therapy: investigation of neutron dose components // Australasian Physical & Engineering Sciences in Medicine. 2018. Vol. 41, iss. 1. P. 129–141.
4. Calculation of DNA damage in the tumor cell on boron neutron capture therapy / T. Togtokhtur [et al.] // PEPAN Letters. 2024. Vol. 21, iss. 4 (in press).