

# МОДЕЛИРОВАНИЕ НАРУШЕНИЯ НЕЙРОГЕНЕЗА ПРИ ДЕЙСТВИИ ТЯЖЕЛЫХ УСКОРЕННЫХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ И ЕГО ВЛИЯНИЯ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ГИППОКАМПА

Батмунх М., Бугай А.Н., Колесникова Е.А.

Объединенный институт ядерных исследований, Россия, 141980, Дубна,  
ул. Жолио-Кюри 6, (496)2162147, bugay@jinr.ru

В последние годы развитие радиационной терапии опухолей головного мозга, а также опасность для дальних космических полетов, возникающая от потока галактического излучения из тяжелых частиц, привели к пересмотру устоявшихся положений о радиорезистентности центральной нервной системы (ЦНС) [1]. В экспериментальных условиях были выявлены нарушения различных видов памяти, обучения, моторных функций и другие расстройства. Анализ современных исследований свидетельствует о том, что гиппокамп является одним из наиболее чувствительных участков ЦНС при облучении. Субгранулярная зона гиппокампа содержит радиочувствительную популяцию делящихся клеток, участвующих в нейрогенезе, поэтому детальное исследование данных процессов является очень важной задачей. Однако, чтобы предсказать какую-либо когнитивную дисфункцию, существующие модели нейрогенеза должны дополняться функциональными моделями нейронных сетей, отражающими специфическое функционирование нервных клеток, чему и посвящена настоящая работа.

В работе произведено обобщение известных моделей [2] протекания нейрогенеза гиппокампа после облучения пучками протонов и тяжелых ионов различной энергии и доз. Гибель клеток-предшественников и незрелых нейронов, вызванная облучением, здесь рассчитывалась на основе модели выживаемости, основанной на детальном учете клеточных событий. Начальными условиями в ней служили зависимости выхода труднорепарируемых двунитевых разрывов ДНК от параметров облучения, вычисленные методом Монте-Карло моделирования процессов в треках заряженных частиц с использованием кода Geant4-DNA. Кинетические уравнения, описывающие численность нейронов, решались численно в системе Wolfram Mathematica, а нейронные сети зубчатой извилины (*dentate gyrus*) и аммонового рога (*cornu Ammonis*) гиппокампа моделировались с использованием пакета NEURON. Показано, что для небольших доз тяжелых ионов модификация сети, вызванная изменением соотношения между зрелыми и незрелыми нейронами, а также клетками различной морфологии, приводит к значительному изменению активности и нарушению обработки информации.

## Литература.

1. Григорьев А.И., Красавин Е.А., Островский М.А. К оценке риска биологического действия галактических тяжёлых ионов в условиях межпланетного полёта // *Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова* **99**, 2013, 273-280.
2. Casao E., Cucinotta F.A. Modeling Heavy-Ion Impairment of Hippocampal Neurogenesis after Acute and Fractionated Irradiation // *Radiation Research* **186**, 2016, 624-637.