

АНАЛИТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ СИСТЕМЫ УРАВНЕНИЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РЕПАРАЦИИ ПРЯМЫХ ДВУНИТЕВЫХ РАЗРЫВОВ ДНК

Васильева М.А.¹, Бугай А.Н.^{1,2}, Душанов Э.Б.^{1,2}, Пархоменко А.Ю.¹

¹Лаборатория радиационной биологии, ОИЯИ, г.Дубна, Россия, mal2008@jinr.ru

²Кафедра биофизики, Государственный университет «Дубна», г.Дубна, Россия

Восстановление двунитевых разрывов (ДР) ДНК в клетках живых организмов, находящихся в G1 и ранней S фазах клеточного цикла, осуществляется в ходе работы негомологичного (НГСК) и микромогологичного (МГСК) соединения концов. Разработанная нами математическая модель [1-3] описывает ключевые этапы механизмов НГСК и МГСК и представляет собой систему дифференциальных уравнений, описывающих динамическое изменение внутриклеточных концентраций репаративных белков (Ku70/80, ДНК-РКcs, Artemis, ATM, XLF/XRCC4/LigIV, MRN, PARG, Fen1, Pol β) и метастабильных комплексов ДНК-белок. Начальные условия модели задаются количеством ДР ДНК, возникающих при действии ионизирующего излучения. В работе учитывается наличие пять типов ДР ДНК разной сложности: простые ДР и кластерные ДР (кДР) ДНК, содержащие поврежденное основание, одностранный разрыв ДНК и 1-2 ДР ДНК, находящиеся в пределах 10-15 пар оснований от ДР ДНК. Их выход зависит от заряда частицы и ее ЛПЭ. Тип ДР ДНК определяет выбор репарационного пути. Выход первичных повреждений ДНК определяется согласно модели [4] на основе Монте-Карло расчетов.

На основании математических свойств уравнений, а также свойств процессов взаимодействия белков репарации, было построено приближенное аналитическое решение системы уравнений модели. Это позволило определить вклад каждого пути репарации в общий процесс репарации ДР, а также провести количественную оценку каждого пути репарации.

Литература

1. *Васильева М.А. и др.* Тезисы 31 международной конференции «Математика. Компьютер. Образование.», под редакцией Ризниченко Г.Ю. и Рубин А.Б., выпуск 31, стр. 135, 2024. ISBN 978-5-4344-1012-0.
2. *Васильева М.А. и др.* Актуальные проблемы радиационной биологии. Ускоренные заряженные частицы и нейтроны в радиобиологии: к 20-летию создания Лаборатории радиационной биологии ОИЯИ, памяти Е.А. Красавина. Междунар. конф. (Дубна, 20-24 окт. 2025 г.). Матер. конф. – Дубна, ОИЯИ, стр. 42-44, 2025. – 204 с. ISBN 978-5-9530-0653-8.
3. *E.B. Dushanov et al.* Book of abstracts of The XI International Conference: Modern problems of nuclear energy and nuclear technologies. 2025. pp. 229 – 231. Tashkent. Uzbekistan.
4. *Батмунх М. и др.* Актуальные вопросы биологической физики и химии, 2019, т. 4, № 2, стр. 214–219.