

Д.В. Григорьева И.В. Горудко Г.Г. Мартинович

ДЕЙСТВИЕ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА БИООБЪЕКТЫ

Допущено
Министерством образования
Республики Беларусь
в качестве учебного пособия
для студентов учреждений высшего
образования по специальности
«Ядерная физика и технологии»



Минск
«Вышэйшая школа»
2023

Григорьева, Д. В. Действие ионизирующих излучений на биообъекты : учебное пособие / Д. В. Григорьева, И. В. Горудко, Г. Г. Мартинович. — Минск : Вышэйшая школа, 2023. — 263, [1] с.

УДК 539.16.04(075.8)

ББК 22

Чит. зал №1 — 2 экз.

Отражены современные представления о действии ионизирующих излучений на живые организмы. Систематически изложены молекулярно-клеточные основы структурно-функциональной организации живых систем. Освещены вопросы взаимодействия ионизирующих излучений с веществом, приведены основные дозиметрические величины, используемые в радиобиологии и радиационной безопасности. Подробно рассмотрены биофизические механизмы действия ионизирующих излучений на разных уровнях организации живых систем (молекулярном, клеточном и организменном). Особое внимание уделено факторам, модифицирующим действие ионизирующего излучения, а также проблеме действия ионизирующего излучения на живые системы в малых дозах.

Для студентов учреждений высшего образования по специальности «Ядерная физика и технологии». Может быть полезно магистрантам и аспирантам физических, технических, биологических и медицинских специальностей.

ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК ОСНОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ	3
ВВЕДЕНИЕ	4
Глава 1. Молекулярные основы жизни	8
1.1. Уровни организации живых организмов	8
1.2. Химический состав живых систем: микро- и макроэлементы	8
1.3. Химические соединения в живых организмах: органические и неорганические	9
1.4. Основные функциональные группы биомолекул	11
1.5. Важнейшие классы биомолекул: углеводы, липиды, белки, нуклеиновые кислоты	13
1.5.1. Углеводы	13
1.5.2. Липиды	15
1.5.3. Белки	17
1.5.4. Нуклеиновые кислоты	22
Глава 2. Структурно-функциональная организация живых организмов: от клетки до ткани и систем органов	26
2.1. Строение эукариотических и прокариотических клеток	26
2.1.1. Основные органеллы животных клеток	26
2.1.2. Молекулярная организация биологических мембран	29
2.1.3. Транспорт веществ через плазматическую мембрану	32
2.2. Ткани животных	35
2.2.1. Эпителиальная ткань	35
2.2.2. Соединительная ткань	39
2.2.3. Мышечная ткань	50
2.2.4. Нервная ткань	54
2.3. Системы органов человека	57
2.3.1. Сердечно-сосудистая система	57
2.3.2. Эндокринная система	60
2.3.3. Кожа	62
2.3.4. Опорно-двигательная система	64
2.3.5. Нервная система	68
2.3.6. Пищеварительная система	71
2.3.7. Дыхательная система	73
2.3.8. Иммунная система	75
2.3.9. Мочевыделительная система	77
2.3.10. Репродуктивная система	80
Глава 3. Общая характеристика взаимодействия ионизирующего излучения с веществом	81
3.1. Взаимодействие нейтронов с веществом	82
3.2. Взаимодействие γ -квантов с веществом	86
3.3. Взаимодействие заряженных частиц с веществом	92
3.3.1. Взаимодействие тяжелых заряженных частиц с веществом	93
3.3.2. Взаимодействие β -частиц с веществом	96

Глава 4. Дозиметрия ионизирующих излучений	101
4.1. Основные нормируемые дозиметрические величины в радиобиологии и радиационной биофизике	103
4.2. Основные операционные дозиметрические величины в радиобиологии и радиационной биофизике	109
Глава 5. Инкорпорированные радионуклиды	112
5.1. Пути поступления радионуклидов внутрь организма	112
5.2. Распределение радионуклидов в организме человека	114
5.3. Выведение радионуклидов из организма человека	115
5.4. Миграция радионуклидов	117
5.5. Формирование дозы излучения инкорпорированных радионуклидов	119
5.6. Закономерности формирования радиоактивного загрязнения территории Республики Беларусь	122
Глава 6. Действие ионизирующих излучений на биомакромолекулы	127
6.1. Прямое и косвенное действие ионизирующих излучений	127
6.2. Стадии развития радиационного поражения биологических объектов	129
6.3. Радиационно-химические превращения молекул воды	129
6.4. Активные формы кислорода	133
6.5. Окислительный стресс	143
6.6. Антиокислительная система организма	144
6.7. Радиационно-химические повреждения органических макромолекул	151
6.7.1. Радиационно-химические модификации белков	151
6.7.2. Радиационно-химические модификации нуклеиновых кислот	153
6.7.3. Радиационно-химические модификации липидов	154
6.7.4. Радиационно-химические модификации углеводов	157
Глава 7. Действие ионизирующего излучения на клетку	159
7.1. Радиочувствительность клеток на разных стадиях жизненного цикла	160
7.2. Хромосомные aberrации в облученных клетках	164
7.3. Репродуктивная и интерфазная гибель клетки	167
7.4. Апоптоз и некроз	169
7.5. Восстановление клеток от радиационных повреждений. Система репарации ДНК	173
7.6. Радиационно-индуцированная нестабильность генома и канцерогенез	180
7.6.1. Мутации	180
7.6.2. Радиационно-индуцированная нестабильность генома	182
7.6.3. Радиационно-индуцированный канцерогенез	184
Глава 8. Действие ионизирующего излучения на целостный организм	187
8.1. Радиационные факторы, определяющие радиобиологический эффект	188
8.2. Биологические факторы, определяющие радиобиологический эффект	191
8.3. Радиационные синдромы: костномозговой, кишечный, церебральный	194
8.3.1. Костномозговой синдром	195
8.3.2. Кишечный синдром	198
8.3.3. Церебральный синдром	200
8.4. Радиочувствительность и лучевые реакции отдельных органов и тканей	200

8.5. Острая и хроническая лучевая болезнь	202
8.5.1. Острая лучевая болезнь	202
8.5.2. Хроническая лучевая болезнь	204
8.6. Отдаленные последствия облучения	205
8.6.1. Соматические детерминированные отдаленные последствия облучения	205
8.6.2. Соматические стохастические отдаленные последствия облучения	210
8.6.3. Генетические стохастические отдаленные последствия облучения	215
Глава 9. Теоретическое моделирование радиобиологических процессов	217
9.1. Кривые «доза – эффект»	217
9.2. Гипотеза «точечного тепла»	219
9.3. Принцип попадания и концепция мишени	220
9.4. Анализ одиночных и множественных попаданий в мишень	220
9.5. Влияние биологической вариабельности. Стохастическая концепция	229
Глава 10. Модификация радиочувствительности организмов	231
10.1. Модифицирующее действие кислорода	231
10.2. Модифицирующее действие температуры	238
10.3. Роль молекул-примесей	241
10.3.1. Радиозащитные средства (радиопротекторы), их классификация и механизмы действия	242
10.3.2. Радиосенсибилизаторы	250
Глава 11. Влияние малых доз ионизирующего излучения на живые организмы	252
11.1. Роль естественного радиационного фона	252
11.2. Границы малых доз	253
11.3. Линейная беспороговая теория радиационного воздействия	254
11.4. Радиационный гормезис	254
ЛИТЕРАТУРА	259