

**Государственное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования Московской области «Международный  
университет природы, общества и человека «Дубна»  
(университет «Дубна»)  
Факультет естественных и инженерных наук  
Кафедра Биофизики**

**УТВЕРЖДАЮ**

проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ С.В. Моржухина

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

**ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Медико-биологические основы радиационной безопасности**  
(наименование дисциплины)

**по направлению (специальности)**

**140307.65 Радиационная безопасность человека и окружающей среды**  
(№, наименование направления, специальности)

Форма обучения: очная

Уровень подготовки: специалист.

Курс (семестр): 4 курс (7 семестр)

г. Дубна, 2011г.

Автор программы: Красавин Евгений Александрович, д.б.н., профессор, профессор  
кафедры биофизики

ФИО, ученое звание, кафедра \_\_\_\_\_

(подпись)

Программа составлена в соответствии с Государственным образовательным стандартом  
высшего профессионального образования и учебным планом по направлению подготовки  
(специальности) 140307.65 Радиационная безопасность человека и окружающей среды

(код и наименование направления подготовки (специальности))

Программа рассмотрена на заседании кафедры \_\_\_\_\_

(название кафедры)

Протокол заседания № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / проф. Красавин Е.А. /

(ученое звание)

(подпись)

(фамилия, имя, отчество)

СОГЛАСОВАНО

заведующий выпускающей кафедрой<sup>1</sup> \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

(ученое звание)

(подпись)

(фамилия, имя, отчество)

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Рецензент: \_\_\_\_\_

(ученая степень, ученое звание, Ф.И.О., место работы, должность)

Руководитель библиотечной системы \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

(подпись)

(ФИО)

<sup>1</sup> Для программ общеуниверситетских кафедр

## 1. Аннотация

Специальный курс «Медико-биологические основы радиационной безопасности» для студентов специальности - 140307.65 Радиационная безопасность человека и окружающей среды предназначен для освоения студентами знаний в области фундаментальной и прикладной радиационной биологии и входит в учебный план в цикле специальных дисциплин, изучается на четвертом курсе в седьмом семестре. Целью разработанного курса является изучение слушателями наиболее значимых и актуальных вопросов современной радиобиологии. При составлении программы курса основное внимание уделено современному состоянию данной области науки. Цель теоретической части – заложить основы глубоких знаний в области фундаментальной и прикладной радиационной биологии

Настоящий курс является специальной дисциплиной в ГОС ВПО и посвящен изложению современных сведений в области фундаментальной и прикладной радиационной биологии. Курс рассчитан на студентов, обладающих определенными знаниями в области физики, молекулярной биологии, цитологии, химии, биофизики, дозиметрии.

В программу курса входят различные разделы, касающиеся молекулярных механизмов повреждений генетических структур ионизирующими излучениями разного качества, количественных закономерностей действия излучений с разными физическими характеристиками на клетки с различным уровнем организации генома (клетки прокариот, низших эукариот, клетки млекопитающих и человека), основных механизмов, лежащих в основе спонтанного и индуцированного мутационного процесса. Важным разделом курса являются вопросы формирования лучевых повреждений ДНК и механизмы их репарации. Эти базовые положения радиационной биологии являются необходимыми при усвоении материала, касающегося механизмов возникновения и развития различных форм лучевой болезни, формирования её отдалённых последствий – старения организма, возникновения раковых заболеваний, развития катаракты и других последствий облучения, применения ионизирующих излучений в клинике лучевой терапии рака.

**Тип курса** - СД (специальные дисциплины)

**Год обучения** - 4

**Семестр** – 7

<b>СД.10</b>	<b>Медико-биологические основы радиационной безопасности</b>	<b>110</b>
	Формулировка проблем радиационной безопасности; организм и клетка; основные функции клеток; ядро и цитоплазма; двойная спираль ДНК; рибосомы и синтез белка; митохондрии и другие органеллы клетки; хромосомы; генные и хромосомные мутации; схема радиолитиза воды и образование радиотоксинов; роль качества излучения; понятие ОБЭ; весовой коэффициент излучения;. проблема сравнительной клеточной радиочувствительности; шкала радиочувствительности тканей и органов млекопитающих; основные физиологические системы человека; лучевая болезнь и ее лечение; радиационный канцерогенез; радиационный риск; эквивалентная и эффективная дозы; внутреннее облучение радионуклидами; коллективная доза; социально-психологические аспекты радиационной безопасности; практическая реализация концепций радиационной безопасности	

### **Место курса в профессиональной подготовке**

Курс опирается на знания студентов, приобретенные при изучении основ общей биологии, общей физики, аналитической химии, теории вероятностей и математической статистики, линейной алгебры и обеспечивает теоретическую подготовку и практические навыки в области фундаментальной и прикладной радиационной биологии.

### **Методы и формы обучения студентов:**

в ходе изучения дисциплины предусмотрены лекции по программе, разработанной проф. Красиным Е.А., проведение семинаров и самостоятельная работа студентов.

**Самостоятельная работа студентов**, предусмотренная учебным планом в объеме 2 часа, выполняется в ходе семестра в форме изучения отдельных разделов тем дисциплины, чтение студентами рекомендованной литературы и усвоение теоретического материала дисциплины; подготовку к практическим занятиям; работу с Интернет-источниками; подготовку к различным формам контроля.

**Виды текущего контроля** – контроль посещаемости лекций, проведение коллоквиумов, тестирование. выступления на семинарских занятиях, написанием тематических рефератов,

### **Форма итогового контроля**

Экзамен

## **2. Цель и задачи дисциплины**

**Целью** преподавания данной дисциплины является изложение закономерностей действия ионизирующих излучений на генетический аппарат клеток различного происхождения: бактерии, дрожжевые клетки, клетки млекопитающих и человека и основных механизмов, лежащих в основе спонтанного и индуцированного мутационного процесса.

Основными **задачами** освоения дисциплины являются знакомство студентов с премутационными повреждениями ДНК, типами мутаций (генных и структурных), количественными закономерностями мутагенного действия излучений на живые клетки, механизмами репаративного и репликативного мутагенеза у микроорганизмов, математическими моделями мутационного процесса, цитогенетическими эффектами ионизирующих излучений.

## **3. Требования к уровню освоения содержания дисциплины.**

В ходе изучения дисциплины студенты получают:

- **знания** об основных закономерностях биологического действия излучений, механизмах действия излучений разного качества на генетические структуры, математических моделях, описывающих летальные эффекты облучения, средствах профилактики и защиты от вредного действия излучений, способах и средствах практического применения ионизирующих излучений с разными физическими характеристиками.
- **умение** анализировать закономерности биологического действия ионизирующих излучений с разными физическими характеристиками на клеточном, тканевом и организменном уровнях.
- **навыки** применения полученных знаний при анализе механизмов действия излучений на генетические структуры живых систем.

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы (час):

Вид занятий	Всего часов	Семестры
		7
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>110</b>	<b>110</b>
<b>Аудиторные занятия:</b>	<b>68</b>	<b>68</b>
Лекции	34	34
Практические занятия (ПЗ)		
Семинары (С)	34	34
Лабораторные работы (ЛР)		
<b>Самостоятельная работа:</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
Курсовой проект (работа)		
Расчетно-графические работы		
Реферат		
Вид итогового контроля	<b>Экзамен</b>	<b>Экзамен</b>

#### 5. Разделы (темы) дисциплины, содержание и виды занятий

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины, содержание	Лекции	ПЗ (или С)	ЛР	Самостоятельная работа студентов
1.	Этапы развития радиобиологии Радиационная химия воды. Прямое и косвенное действие радиации	2	2		
2.	Формулировка проблем радиационной безопасности; организм и клетка; основные функции клеток; ядро и цитоплазма; двойная спираль ДНК; рибосомы и синтез белка; митохондрии и другие органеллы клетки; хромосомы; ДНК – чувствительная мишень клетки при действии радиации	2	2		
3.	Основные типы повреждений ДНК: генные и хромосомные мутации; схема радиолиза воды и образование радиотоксинов; роль качества излучения;	2	2		
4.	Кривые выживания клеток. Количественные характеристики	2	2		
5.	Математические модели кривых выживания; шкала радиочувствительности тканей и органов млекопитающих;	2	2		
6.	Проблема сравнительной клеточной радиочувствительности; мутационное действие излучений	2	2		

7.	Относительная биологическая эффективность – понятие; роль качества излучения; весовой коэффициент излучения;.	2	2		
8.	Модификация лучевых поражений; шкала радиочувствительности тканей и органов млекопитающих; основные физиологические системы человека; лучевая болезнь и ее лечение;	2	2		
9.	Кислородный эффект	4	2		
10.	Модификация лучевого поражения химическими радиопротекторами	2	2		
11.	Химические радиосенсибилизаторы	2	2		
12.	Радиочувствительность тканей, органов, организма; радиационный канцерогенез; радиационный риск; эквивалентная и эффективная дозы; внутреннее облучение радионуклидами;	2	2		
13.	Радиационные синдромы. Радиочувствительность организма; эквивалентная и эффективная дозы; коллективная доза; социально-психологические аспекты радиационной безопасности;	2	2		
14.	Применение ионизирующих излучений в медицине. Радиация и космос. Практическая реализация концепций радиационной безопасности	2	2		
15.	Характеристика солнечного и Галактического излучений. Радиационная опасность при длительных космических полетах.	2	2		2

### Содержание разделов дисциплин

**Этапы развития радиобиологии.** Предмет и задачи радиационной биологии. Радиационная химия воды. Прямое и косвенное действие радиации. Открытие рентгеновских лучей и радиоактивности. Неионизирующие и ионизирующие излучения. Механизмы передачи энергии веществу электромагнитных видов излучений. Корпускулярные излучения. Особенности передачи энергии веществу заряженными частицами и нейтронами различных энергий.

**ДНК – чувствительная мишень клетки при действии радиации.** Свободные радикалы. Соотношение прямого и косвенного действия ионизирующего излучения на клетки организма.

**Основные типы повреждений ДНК.** Роль клеточного ядра и цитоплазмы. Задержка клеточного деления. Радиочувствительность клеток на разных стадиях клеточного цикла.

**Кривые выживания клеток. Количественные характеристики кривых выживания.** Средняя летальная доза, экстраполяционное число. Механизмы, определяющие наклон и «плечо» кривых выживания.

**Математические модели кривых выживания.** Классические модели, стохастическая модель, вероятностная модель, репарационные модели, молекулярные модели, модели, учитывающие влияние качества излучения, биофизическая модель.

**Мутационное действие излучений.** Типы мутаций. Премутационные повреждения. Особенности мутагенного действия излучений на клетки прокариот. Количественные закономерности мутагенного действия излучений. Механизмы репаративного мутагенеза. Мутагенные и немутагенные пути репарации.

**Относительная биологическая эффективность.** Методы оценки ОБЭ и её связь с линейной передачей энергии (ЛПЭ). Типы зависимостей ОБЭ(ЛПЭ). Влияние факторов физической и биологической природы на величину ОБЭ излучений. Современные представления о природе ОБЭ.

**Модификация лучевых поражений.** Особенности мутагенного действия плотноионизирующих излучений. Закономерности мутагенного действия тяжелых заряженных частиц на клетки прокариот.

**Кислородный эффект.** Закономерности проявления кислородного эффекта. Роль репарации ДНК в проявлении КЭ. Зависимость КЭ от ЛПЭ излучений. Основные гипотезы, объясняющие КЭ.

**Модификация лучевого поражения химическими радиопротекторами.** Основные типы радиопротекторов. Механизмы защитного действия сульфгидрильных соединений, индолилалкиламинов и многоатомных спиртов на клетки. Защитное действие радиопротекторов на организм. Зависимость радиозащитного эффекта от ЛПЭ.

**Химические радиосенсибилизаторы.** Особенности действия аноксических радиосенсибилизаторов. Практическое использование радиосенсибилизаторов.

**Радиочувствительность тканей, органов, организма. Радиационные синдромы.** Закон Бергонье и Трбондо. Особенности действия радиации на костный мозг и желудочно-кишечный тракт. Радиочувствительность организма. Лучевая болезнь человека. Острая лучевая болезнь. Фазы лучевой болезни. Хроническая лучевая болезнь. Процессы восстановления в облученном организме.

**Применение ионизирующих излучений в медицине.** Терапия острой лучевой болезни. Отдаленные последствия облучения. Сокращение продолжительности жизни,

возникновение злокачественных опухолей, радиационная катаракта. Механизм отдаленных последствий облучения. Принципы мишенной радиотерапии опухолей.

**Радиация и космос.** Характеристика солнечного и Галактического излучений.

Радиационная опасность при длительных космических полетах. Основные источники радиации в космосе.

#### Тематика семинарских занятий

№	Тема семинарского задания	Неделя
1	Этапы развития радиобиологии Радиационная химия воды. Прямое и косвенное действие радиации. Механизмы передачи энергии веществу электромагнитных видов излучений. Корпускулярные излучения. Особенности передачи энергии веществу заряженными частицами и нейтронами различных энергий.	1
2	ДНК – чувствительная мишень клетки при действии радиации. Свободные радикалы. Соотношение прямого и косвенного действия ионизирующего излучения на клетки организма.	2
3	Основные типы повреждений ДНК. Задержка клеточного деления. Радиочувствительность клеток на разных стадиях клеточного цикла.	3
4	Кривые выживания клеток. Количественные характеристики. Механизмы, определяющие наклон и «плечо» кривых выживания.	4
5	Математические модели кривых выживания. Классические модели, стохастическая модель, вероятностная модель, репарационные модели, молекулярные модели, модели, учитывающие влияние качества излучения, биофизическая модель.	5
6	Мутационное действие излучений. Мутагенные и немутагенные пути репарации.	6
7	Относительная биологическая эффективность. Методы оценки ОБЭ и её связь с линейной передачей энергии (ЛПЭ). Типы зависимостей ОБЭ(ЛПЭ). Влияние факторов физической и биологической природы на величину ОБЭ излучений. Современные представления о природе ОБЭ.	7
8	Модификация лучевых поражений. Зависимость радиозащитного эффекта от ЛПЭ.	8
9	Кислородный эффект. Роль репарации ДНК в проявлении КЭ. Зависимость КЭ от ЛПЭ излучений.	9
10	Основные гипотезы, объясняющие КЭ	10
11	Модификация лучевого поражения химическими радиопротекторами.	11
12	Химические радиосенсибилизаторы. Особенности действия аноксических радиосенсибилизаторов. Практическое использование радиосенсибилизаторов.	12
13	Радиочувствительность тканей, органов, организма. Лучевая болезнь человека. Острая лучевая болезнь. Фазы лучевой болезни. Хроническая лучевая болезнь. Процессы восстановления в облученном организме.	13
14	Радиационные синдромы. Радиочувствительность организма. Механизм отдаленных последствий облучения.	14
15	Формирование отдалённых последствий – старения организма,	15



	возникновения раковых заболеваний, развития катаракты и других последствий облучения, применения ионизирующих излучений в клинике лучевой терапии рака.	
16	Применение ионизирующих излучений в медицине.	16
17	Характеристика солнечного и Галактического излучений. Радиационная опасность при длительных космических полетах.	17

## 6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### Основная литература

1. Ярмоненко С.П. «Радиобиология человека и животных» М. Высш. Школа, 2004
2. Кудряшов Ю.Б. «Радиационная биофизика» М., Физматлит, 2004
3. Разин С.В., Быстрицкий А.А. Хроматин: упакованный геном. Изд.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009, 171 стр. // ЭБС «КнигаФонд». – URL: <http://www.knigafund.ru/books/42613> (дата обращения: 30.08.2011).-Режим доступа: с компьютеров ун-та «Дубна».
4. Курчанов Н.А. Генетика человека с основами общей генетики: учебное пособие. Изд.: СпецЛит, 2009, 192 стр. // ЭБС «КнигаФонд». – URL: <http://www.knigafund.ru/books/87674> (дата обращения: 30.08.2011).-Режим доступа: с компьютеров ун-та «Дубна».

### Дополнительная литература

1. Потапенко А.Я., Ремизов А.Н., Максина А.Г. Медицинская и биологическая физика: учебник для вузов. Изд.: Дрофа, 2008, 560 стр. // ЭБС «КнигаФонд». – URL: <http://www.knigafund.ru/books/38245> (дата обращения: 30.08.2011).-Режим доступа: с компьютеров ун-та «Дубна».

## 7. Технические и электронные средства обучения

Лекционные материалы в виде Power Point – презентации.

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

*(указываются специализированные лаборатории и классы, основные приборы, установки)*

- Мультимедийный проектор,
- Проектор «overhead»

## 9. Формы контроля

Занятия по курсу « Медико-биологические основы радиационной безопасности » проводятся в виде лекций и семинаров. В ходе изучения дисциплины используются различные вида контроля студента: опросы, контрольные работы, решение задач на семинарах и в домашних условиях.

### **Перечень обязательных видов работы студента:**

- посещение лекционных занятий;
- ответы на теоретические вопросы на семинаре;
- решение практических задач и заданий на семинаре;
- выполнение самостоятельных работ;
- выполнение контрольных работ;

В ходе изучения дисциплины предусматриваются текущий контроль знаний, промежуточная и итоговая аттестации.

Текущий контроль знаний организуется путем краткого опроса по пройденному на предыдущем семинаре материалу и проверки домашних заданий и самостоятельных работ.

Итоговая аттестация проводится в виде зачета. Зачет проводится на 17-ой неделе семестра и формируется на основе текущего контроля успеваемости, а также проведенного опроса.

### **Перечень вопросов и заданий для самостоятельной работы:**

- Развитие представлений в интерпретации «Радиобиологического парадокса»
- «Принцип попадания» в радиобиологии
- Классические модели кривых выживания
- Роль ядра и цитоплазмы в радиочувствительности различных клеток
- Задержка клеточного деления
- Различие в радиочувствительности клеток на разном уровне клеточной дифференциации
- Радиация в медицине
- Радиация и космос

### **Перечень примерных контрольных вопросов, выносимых на экзамен:**

1. Предмет и задачи радиационной биологии. Радиационная химия воды. Прямое и косвенное действие ионизирующих излучений. Соотношение прямого и косвенного действия ионизирующего излучения на клетки организма.
2. Повреждения ДНК при действии ионизирующей радиации (повреждения оснований, одно- и двунитевые разрывы, AP сайты, сшивки, кластерные повреждения) и УФ-света.

3. Повреждения ДНК при действии алкилирующих и фотосенсибилизирующих агентов. Мутагены, вызывающие дезаминирование оснований ДНК.
4. Типы репарационных процессов. Фотореактивация.
5. Ферменты, участвующие в репарации ДНК: репарационные эндонуклеазы, ДНК-Н-гликозилазы, ДНК-полимеразы, экзонуклеазы, полинуклеотидлигаза (свойства, механизмы действия).
6. Механизм репарации однонитевых разрывов ДНК: сверхбыстрая, быстрая и медленная репарации. Генетический контроль, основные ферменты.
7. Механизм эксцизионной репарации. Основные этапы и генетический контроль. Репарация короткими и длинными фрагментами.
8. SOS-репарация.
9. Механизм пострепликативной репарации. Генетический контроль процесса рекомбинации и пострепликативной репарации.
10. Роль клеточного ядра и цитоплазмы в клеточной радиочувствительности. Задержка клеточного деления. Радиочувствительность клеток на разных стадиях клеточного цикла. Формы клеточной гибели.
11. Кривые выживания клеток. Количественные характеристики кривых выживания. Средняя летальная доза, экстраполяционное число. Механизмы, определяющие наклон и «плечо» кривых выживания.
12. Математические модели кривых выживания: классические модели, стохастическая модель, вероятностная модель, репарационные модели, молекулярные модели, модели, учитывающие влияние качества излучения, биофизическая модель.
13. Мутагенное действие излучений. Типы мутаций. Премутационные повреждения. Особенности мутагенного действия излучений на клетки прокариот. Количественные закономерности мутагенного действия излучений.
14. Механизмы репаративного мутагенеза. Мутагенные и немутагенные пути репарации. Механизмы репликативного мутагенеза. Мутатест, SOS-хроматест, люкс-тест, лямбда-тест.
15. Мутагенное действие излучений на клетки эукариот. Цитогенетические эффекты облучения. Типы хромосомных и хроматидных aberrаций. Количественные закономерности цитогенетического действия излучений. Методы изучения цитогенетических нарушений при облучении (анафазный, метафазный методы, FISH-техника).
16. Относительная биологическая эффективность (ОБЭ) излучений. Методы оценки ОБЭ и её связь с линейной передачей энергии (ЛПЭ). Типы зависимостей ОБЭ(ЛПЭ).

Влияние факторов физической и биологической природы на величину ОБЭ излучений.  
Современные представления о природе ОБЭ.

17. Особенности мутагенного действия плотноионизирующих излучений. Закономерности мутагенного действия тяжелых заряженных частиц на клетки прокариот. Цитогенетические эффекты плотноионизирующих излучений.
18. Кислородный эффект (КО) при облучении. Закономерности проявления кислородного эффекта. Роль репарации ДНК в проявлении КО. Зависимость КО от ЛПЭ излучений. Основные гипотезы, объясняющие КЭ. Кислородный эффект в терапии злокачественных опухолей.
19. Химические радиопротекторы и радиосенсибилизаторы. Основные типы радиопротекторов. Механизмы защитного действия сульфгидрильных соединений, индолилалкиламинов и многоатомных спиртов на клетки. Защитное действие радиопротекторов на организм. Особенности действия аноксических радиосенсибилизаторов. Практическое использование радиосенсибилизаторов.
20. Радиочувствительность тканей, органов, организма. Радиационные синдромы. Особенности действия радиации на костный мозг и желудочно-кишечный тракт. Радиочувствительность организма. Лучевая болезнь человека. Острая лучевая болезнь. Фазы лучевой болезни. Хроническая лучевая болезнь. Механизм отдаленных последствий облучения. Применение ионизирующих излучений в медицине. Радиация и космос.