

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
биофизики и биотехнологии



В.Г. Артюхов

29.05.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
Б1.О.37 Общая и медицинская радиобиология**

- 1. Шифр и наименование специальности:** 30.05.03 Медицинская кибернетика
- 2. Специализация:**
- 3. Квалификация выпускника:** врач-кибернетик
- 4. Форма обучения:** очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** биофизики и биотехнологии
- 6. Составители программы:**  
Артюхов Валерий Григорьевич, доктор биологических наук, профессор;  
Лысенко Юлия Александровна, кандидат биологических наук
- 7. Рекомендована:** НМС медико-биологического факультета 29.05.2023, протокол № 4
- 8. Учебный год:** 2028/2029                      **Семестр(ы):** В, С

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целью освоения учебной дисциплины является изучение физической природы ионизирующих излучений и особенностей их взаимодействия с веществом для понимания сущности процессов, лежащих в основе: детекции радиоактивных излучений; защиты биосистем от негативного действия радиации; применения радиоактивных излучений в научных исследованиях; диагностики и лечения ряда заболеваний.

Задачи учебной дисциплины:

- 1) изучение физических основ явления радиоактивности, свойств ионизирующих излучений; механизмов действия радиации на биосистемы;
- 2) освоение способов детекции радиоактивных излучений, методов исследования радиочувствительности биосистем и оценки степени тяжести радиационного поражения, радиоиндикаторных методов;
- 3) изучение положений, лежащих в основе гигиенического нормирования действия радиации: современных принципов противорадиационной защиты; дозовых пределов облучения населения разных категорий; санитарных требований к организации работы в радиологической лаборатории и правил безопасной работы с открытыми и закрытыми источниками излучений; медико-санитарных мероприятий, снижающих последствия радиационных аварий;
- 4) освоение терапевтических, диагностических и исследовательских методов, в основе которых лежит использование радиоактивных излучений.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина относится к базовой части Блока 1 «Дисциплины (модули)», реализуется в семестрах В и С 6 курса (завершающие семестры подготовки специалиста). Для успешного освоения содержания дисциплины обучающиеся должны знать: строение атома, атомного ядра, основные характеристики электромагнитного излучения; теорию химических связей; физико-химические и структурно-функциональные характеристики макромолекул, входящих в состав биосистем — белков, нуклеиновых кислот, липидов, полисахаридов; особенности структурно-функциональной организации животной клетки, тканей, органов, систем органов организма человека; владеть навыками: поиска и анализа научной информации по заданной теме, математической обработки данных эксперимента, работы с биологическими объектами.

## 11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ОПК-3	Способен использовать специализированное диагностическое и лечебное оборудование, применять медицинские изделия, лекарственные средства, клеточные продукты и генно-инженерные технологии, предусмотренные порядками оказания медицинской помощи	ОПК-3.1	Оказывает медицинскую помощь с использованием специализированного диагностического и лечебного оборудования, медицинских изделий, предусмотренных для использования в профессиональной сфере	Знать: основные понятия молекулярно-клеточной радиобиологии и радиологии организма; теоретические представления о механизмах действия радиации; механизмы типовых патологических процессов и реакций, их проявления при радиационном воздействии; причины, механизмы и основные (важнейшие) проявления типовых нарушений функций органов и физиологических систем организма (радиационные синдромы); значение экспериментального метода (моделирования лучевой болезни и болезненных состояний на животных)

				<p>в изучении патологических процессов; его возможности, ограничения и перспективы;</p> <p>Уметь: применять современные методы радиодиагностики и лучевой терапии опухолей (гамма-сцинтиграфия, дистанционная лучевая терапия источниками Co-60, на ускорителе электронов, внутрисполостная терапия источниками гамма- и нейтронного излучения и внутритканевая терапия закрытыми источниками гамма-излучений);</p> <p>Владеть навыками: работы с закрытыми и открытыми источниками ионизирующих излучений при строгом соблюдении правил безопасного обращения с ними; радиометрии и дозиметрии излучений с использованием ионизационных (ионизационная камера, счетчик Гейгера — Мюллера) и сцинтилляционных (жидких и твердых) детекторов; использования радиоиндикаторного метода изучения биологических процессов; анализа паспортных данных меченого препарата, определения возможного объема экспериментальной работы с ним, расчета необходимой активности и концентрации препарата, приготовления рабочих растворов; практического определения и расчета толщины материала для защиты от излучений различных типов; расчета лучевой нагрузки на организм и органы при внешнем облучении и при внутреннем облучении радионуклидами; оценки тяжести лучевого поражения животных по изменению их массы тела и органов, динамике и глубине изменений: количества лейкоцитов и эритроцитов в крови и клеток в костном мозге; во фракционном составе белков плазмы крови, а также в числе и спектре хромосомных aberrаций в лимфоцитах периферической крови; использования радиоиндикаторного метода для исследования фармакокинетики лекарственных средств; использования радиоиммунного метода определения гормонов в сыворотке крови животных и человека; анализа формы гибели клеток и определение радиочувствительности клеток по кривым доза — эффект</p>
--	--	--	--	---

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 6 / 216.

Форма промежуточной аттестации зачет (семестр В), экзамен.(семестр С)

### 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость			
		Всего	По семестрам		
			В	С	...
Аудиторные занятия		96	58	38	
в том числе:	лекции	24	14	10	
	практические	-	-	-	
	лабораторные	52	30	22	
	групповые консультации	20	14	6	
Самостоятельная работа		84	50	34	
в том числе: курсовая работа (проект)		-	-	-	
Форма промежуточной аттестации зачет, экзамен		36	-	36	
Итого:		216	108	108	

#### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК*
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Предмет и задачи общей и медицинской радиобиологии. Введение в дисциплину	Содержание предмета радиобиологии. Цель, задачи, методы исследования. Связь радиобиологии с ядерной физикой, общей биологией, цитологией, генетикой, биохимией, биофизикой, фармакологией, гигиеной и клиническими дисциплинами. Исторический очерк открытия ионизирующих излучений и явления радиоактивности. Открытие В.К. Рентгеном X-лучей и А. Беккерелем излучения урана. Вклад М. Склодовской-Кюри и П. Кюри, Э. Резерфорда, И. Кюри и Ф. Жолио-Кюри, Э. Ферми, И.В. Курчатова, Г.Н. Флерова и других исследователей в изучение явления радиоактивности, свойств ионизирующих излучений и в разработку методов искусственного получения радионуклидов. Открытие и изучение биологического действия ионизирующих излучений. Этапы развития радиобиологии. Труды И.Р. Тарханова, Е.С. Лондона по радиобиологии. Роль Н.В. Тимофеева-Ресовского, Д.Э. Ли, К. Циммера в развитии количественной радиобиологии. Значение работ Б.Н. Тарусова, П.Д. Горизонтова, Н.В. Лучника, В.И. Корогодина, Н.П. Дубинина, А.М. Кузина в создании современных теорий механизма формирования радиобиологического эффекта. Клиническая радиобиология. Радиобиологические принципы оптимизации лучевых методов терапии онкологических заболеваний. Ядерная энергия. Ядерное оружие и ядерная энергетика. Трагедия Хиросимы и Нагасаки. Уроки Чернобыля. Перспективы ядерных отраслей хозяйства. Современная противорадиационная защита	
1.2	Физические основы радиобиологии	Суть явления радиоактивности и основные типы радиоактивных превращений ядер (альфа-распад, бета-превращения ядер, изомерный переход, спонтанное деление	

		<p>тяжелых ядер).</p> <p>Природные радионуклиды. Радиоактивные ряды. Радионуклиды, не входящие в ряды, существующие с момента образования Земли, и постоянно образующиеся в атмосфере под влиянием космических лучей.</p> <p>Искусственная радиоактивность. Методы искусственного получения радионуклидов. Закон радиоактивного распада. Физические свойства ионизирующих излучений. Особенности взаимодействия тяжелых и легких заряженных частиц с веществом. Ионизационные потери энергии. Линейные потери энергии и их зависимость от заряда и скорости частицы и плотности вещества. Радиационные потери энергии (связь с энергией и массой частицы и с атомным номером вещества). Пробег заряженных частиц в разных материалах. Ослабление интенсивности электромагнитных излучений в веществе за счет фотоэффекта, комптон-эффекта и эффекта образования электрон-позитронных пар. Линейный и массовый коэффициенты ослабления. Характер взаимодействия нейтронов с веществом. Ядерные реакции. Явление наведенной радиоактивности. Особенности взаимодействия разных видов излучений с биологическим веществом. Космические лучи. Характеристика первичного и вторичного космического излучения. Искусственные источники ионизирующих излучений. Принцип устройства и работы ядерного реактора. Ядерные реакции, протекающие в нем. Радионуклиды, появляющиеся в окружающей среде при радиационных авариях. Ускорители заряженных частиц. Принципы физической защиты от ионизирующих излучений. Методы регистрации ионизирующих излучений (ионизационный, сцинтилляционный, химический и др.), применяемые, в медико-биологических исследованиях. Радиометрия. Мера радиоактивности. Единицы активности (Бк, Ки). Абсолютная и относительная радиометрия. Эффективность счета. Дозиметрия. Экспозиционная доза и единицы экспозиционной дозы (Кл/кг, Р). Поглощенная доза и единицы измерения поглощенной дозы (Гр, рад).</p>	
1.3	Понятие радиочувствительности	<p>Энергетический парадокс в радиобиологии. Особенности взаимодействия ионизирующих излучений с биологическим веществом. Понятие относительной биологической эффективности. Понятие радиочувствительности. Межвидовые, внутривидовые, индивидуальные, возрастные, сезонные различия радиочувствительности. Радиочувствительность органов, тканей и клеток животных. Правило Бергонье и Трибондо. Анализ радиочувствительности клеток в культуре. Кривые доза-эффект. Параметры радиочувствительности, определяемые по кривым доза-эффект (<math>D_0</math>, <math>D_{37}</math>, <math>D_q</math>, <math>n</math>). Радиочувствительность ядра и цитоплазмы.</p>	
1.4	Первичные радиобиологические процессы	<p>Прямое и косвенное действие ионизирующих излучений. Преобразование энергии ионизирующих излучений в биологическом материале. Радиолит воды и водных растворов биомолекул. Основные продукты радиолита воды и их роль в инактивации биомолекул. Влияние на ход радиолита ЛПЭ излучений, мощности дозы, присутствия кислорода в облучаемой среде. Радиационно-химический выход продуктов радиолита воды. Уравнение Харта. Эффект Дейла. Вклад прямого и косвенного действия ионизирующих излучений в развитие радиобиологического эффекта.</p>	
1.5	Молекулярные и клеточные эффекты ионизирующей	<p>Радиационно-химические превращения нуклеиновых кислот. Действие ионизирующих излучений на первичную, вторичную и третичную структуры ДНК. Радиолит азотистых</p>	

	радиации	<p>оснований, моносахаридов, нуклеозидов, нуклеотидов и нуклеиновых кислот.</p> <p>Одиночные и двойные разрывы ДНК. Разрывы водородных связей. Образование внутримолекулярных и межмолекулярных сшивок. Действие излучений на аминокислоты и белки. Радиационно-химические превращения жирных кислот и фосфолипидов. Образование пероксидов липидов. Радиационно-химические изменения порфиринов, гемов, гемопротейдов. Оценка радиочувствительности основных биомолекул по величине радиационно-химического выхода их повреждений.</p> <p>Радиочувствительность основных компонентов клетки.</p> <p>Радиационное поражение нуклеиновых кислот в живой клетке. Изменение физико-химических свойств ДНК и ее функций. Радиочувствительность надмолекулярных структур ДНК. Морфометрический анализ изменений структуры интерфазного хроматина лимфоцитов как маркеров предшествующего облучения.</p> <p>Генетические эффекты ионизирующей радиации. История развития радиационной генетики. Классификация наследственных изменений. Точковые мутации, хромосомные aberrации, анеуплоидия, полиплоидия. Молекулярные основы радиационного мутагенеза. Механизмы их возникновения, связь с дозой облучения. Основные положения радиационной генетики. Значение изменений генетического материала для дальнейшей судьбы соматической и половой клеток. Нестабильность генома и облучение.</p> <p>Задержка митоза. Зависимость продолжительности задержки митоза от дозы облучения и фазы клеточного цикла в период облучения. Причины задержки митоза.</p> <p>Нарушение структуры и функций мембранных образований клетки. Радиочувствительность мембран клетки: радиочувствительные участки в цитоплазматической мембране. Эффект Петко. Летальные эффекты ионизирующей радиации. Классификация форм гибели клеток. Цитологические различия и биохимические индикаторы апоптоза и некроза клеток. Репродуктивная гибель клеток, методы ее идентификации и причины развития. Образование гигантских и полиплоидных клеток, их судьба.</p> <p>Радиочувствительность клеток на разных стадиях жизненного цикла. Модификация радиочувствительности клеток кислородом. Связь коэффициента кислородного усиления с ЛПЭ излучений. Действие на клетки радиосенсибилизаторов и радиопротекторов.</p>	
1.6	Радиационное поражение животных и человека	<p>Радиационное поражение животных. Радиационные синдромы. Характеристика костномозгового, желудочно-кишечного синдромов и синдрома ЦНС; клеточные механизмы их развития. Тканевая радиочувствительность и причины различной радиочувствительности тканей.</p> <p>Понятие о критических системах организма. Причины гибели животных, облученных в разных диапазонах доз.</p> <p>Лучевая болезнь человека при внешнем облучении.</p> <p>Острая лучевая болезнь (ОЛБ) при относительно равномерном облучении. Костно-мозговая форма ОЛБ. Периоды развития и клиническая картина фаз периода формирования костномозговой формы ОЛБ.</p> <p>Характеристика кишечной, токсической и церебральной формы ОЛБ. Объективные показатели тяжести ОЛБ и прогностические признаки исхода заболевания.</p> <p>ОЛБ при неравномерном облучении с преимущественным поражением кожи, головы, грудной клетки, живота, спины.</p>	

		<p>Принципы лечения ОЛБ.</p> <p>Поражение человека инкорпорированными радионуклидами. Пути поступления радионуклидов в организм, характер распределения и депонирования, пути выведения. Клиническая картина острого и хронического поражения радиоактивным радием, стронцием, цезием, плутонием и суммой продуктов ядерного деления.</p> <p>Методы ограничения поступления радионуклидов в организм и ткани, методы ускорения выведения радионуклидов. Отдаленные последствия облучения. Классификация отдаленных эффектов ионизирующей радиации. Характеристика опухолевых (гормон-зависимых и гормон-независимых) и неопухолевых (гипо- и апластических, склеротических процессов, дисгормональных состояний) отдаленных последствий.</p> <p>Преждевременное старение и сокращение продолжительности жизни. Зависимость доза — эффект и патогенетические механизмы формирования отдаленных эффектов.</p> <p>Действие ионизирующей радиации на зародыш и плод. Радиочувствительность эмбриона в разные периоды его развития. Дозы, вызывающие внутриутробную гибель, пороки развития, поражение ЦНС, канцерогенез, генетические заболевания. Исследования на лабораторных животных и анализ результатов внутриутробного облучения человека. Механизмы развития непосредственных и отдаленных эффектов внутриутробного облучения. Биологические эффекты малых доз радиационных воздействий</p>	
1.7	Теории механизмов формирования радиобиологических эффектов	<p>Основные группы теорий биологического действия излучений. Принцип попадания и мишени в радиобиологии. История количественной радиобиологии. Основные положения «теории точечного тепла». Основные понятия (эффективный объем, место действия, реагирующая единица, место реакции). Квантованный характер передачи энергии веществу, неоднородность биообъекта и вероятностный характер попадания энергии излучения. Границы применения принципа попадания и мишени.</p> <p>Стохастическая теория. Вероятностная модель поражения клеток. Этапы формирования радиационного поражения клетки. Связь между конечным радиобиологическим эффектом и дозой облучения, ЛПЭ излучений, способностью клетки к репарации повреждений.</p> <p>Гипотеза липидных радиотоксинов и цепных реакций. Структурно-метаболическая теория.</p> <p>Единая теория биологического действия ионизирующих излучений — теория, охватывающая комплекс последовательных событий от момента физического процесса передачи энергии излучения веществу, через цепь физико-химических, химических и биохимических процессов до конечного радиобиологического эффекта.</p>	
1.8	Гигиеническое нормирование радиационных воздействий	<p>История развития представлений о допустимых уровнях облучения человека. Цель и задачи современной противорадиационной защиты. Анализ естественных и искусственных источников облучения человека. Естественный радиационный фон Земли, его составляющие и величина. Изменение радиационного фона после испытаний и применения ядерного оружия, изготовления и переработки ядерного горючего и эксплуатации ядерных энергетических установок. Масштабы радиационного воздействия на людей при использовании источников излучений в медицине.</p> <p>Оценка риска появления отрицательных последствий</p>	

		<p>облучения. Распределение доз облучения среди населения. Расчет приемлемости и обоснованности риска отрицательных последствий от применения ионизирующих излучений и ядерной энергии в практической деятельности человека. Оценка риска облучения населения в малых дозах и концепция о беспороговом характере канцерогенных и генетических эффектов облучения.</p> <p>Принципы установления предельных уровней облучения. Дозовые пределы облучения. Категории облучаемых лиц и групп критических органов. Основные дозовые пределы. Допустимая мощность дозы облучения. Планируемое повышенное облучение персонала при радиационной аварии. Ограничения допустимых доз облучения для детей и лиц репродуктивного возраста.</p>	
1.9	Неионизирующие излучения	<p>Неионизирующие излучения электромагнитного диапазона, природные источники неионизирующих излучений. Гигиеническое нормирование в России и за рубежом. Особенности биологического действия неионизирующих излучений. Использование в медицине.</p>	
1.10	Ионизирующие излучения в биологии и медицине	<p>Радиоиндикаторные методы в биологии. Принцип метода и сфера применения. Преимущество перед другими методами исследования биологических процессов. Основные предпосылки надежности метода в анализе результатов. Метод двойной изотопной метки. Физические характеристики радионуклидных меток (<math>^3\text{H}</math>, <math>^{14}\text{C}</math>, <math>^{32}\text{P}</math>, <math>^{125}\text{I}</math>).</p> <p>Радионуклидная диагностика. Методы современной радионуклидной диагностики (гамма-сцинтиграфия, эмиссионная однофотонная и двухфотонная томография). Требования, предъявляемые к радиофармацевтическим препаратам. Физические характеристики радионуклидных меток (<math>^{99\text{m}}\text{Tc}</math>, <math>^{123}\text{I}</math>, <math>^{67}\text{Ga}</math>, <math>^{127}\text{Xe}</math>, <math>^{201}\text{Tl}</math>, <math>^{11}\text{C}</math>, <math>^{15}\text{O}</math>, <math>^{18}\text{F}</math>, <math>^{13}\text{N}</math>).</p> <p>Преимущества радионуклидной диагностики перед другими методами. Расчет лучевых нагрузок на орган и организм в целом при введении радиофармацевтических препаратов. Организация работы радиологической лаборатории.</p> <p>Санитарно-гигиенические требования к радиологической лаборатории в зависимости от класса работ. Предельно допустимые активности радионуклидов на рабочем месте в зависимости от их радиотоксичности и класса лаборатории.</p> <p>Современные методы лучевой терапии опухолей. Дистанционная, внутрисполостная, внутритканевая, аппликационная терапия. Характеристика радионуклидов как источников излучения в радиотерапии. Применение рентгено- и гамма-установок, линейных ускорителей, нейтронных источников. Перспективы использования тяжелых ядерных частиц и нейтронзахватной терапии в лечении онкологических заболеваний.</p> <p>Проблема управления лучевыми реакциями нормальных и опухолевых тканей. Фракционирование дозы облучения, кинетика клеточных популяций при фракционированном облучении. Понятие о реоксигенации опухоли. Выбор оптимальных режимов фракционирования. Применение радиосенсибилизаторов для преодоления радиоустойчивости гипоксической фракции опухолевых клеток. Гипертермия и гипергликемия в лучевой терапии.</p> <p>Защита здоровых тканей путем создания умеренной гипоксии во время облучения (дыхание ГГС); избирательное действие ГГС на нормальные ткани. Применение радиопротекторов. Рентгенодиагностика</p>	
1.11	Радиационная фармакология	<p>Радиопротекторы, их классификация и химическая структура. Критерии защитного действия радиопротекторов. Фактор изменения дозы (ФИД). Механизмы защитного эффекта: изменение физико-химических свойств</p>	



		<p>биомолекул, гипотеза «биохимического шока», «сульфгидрильная» гипотеза. Роль З. Бака, Э.Я. Граевского, Ю.Б. Кудряшова в изучении радиопротекторов и механизмов их защитного эффекта. Особенности фармакокинетики и фармакодинамики лекарственных средств в облученном организме</p>	
1.12	Радиационные аварии	<p>Медико-санитарные мероприятия, направленные на снижение последствий радиационных аварий. Профилактические мероприятия при разных уровнях радиационного загрязнения территорий, продуктов питания и радиационного воздействия на людей. Критерии, определяющие выделение зоны отчуждения, зоны отселения и зоны с льготным социально-экономическим статусом. Анализ крупных радиационных аварий. Медико-социальные последствия аварии на ЧАЭС. Проблемы малых доз радиационных воздействий. Радиоадаптация. Радиационный гормезис. Радиосенсибилизация факторами окружающей среды</p>	
1.13	Прикладные вопросы радиобиологии	<p>Использование радиационных технологий в технике, сельском хозяйстве, науке. Достижения и перспективы научных исследований в радиобиологии</p>	
		<p><b>2. Практические занятия</b> Не предусмотрены</p>	
		<p><b>3. Лабораторные работы</b></p>	
3.1	Физические основы радиобиологии	<p>Правила техники безопасности при работе в лаборатории. Устройство и правила эксплуатации дозиметра-радиометра МКГ-01 и установки типа БЗ. Решение задач.</p> <p>Суть явления радиоактивности и основные типы радиоактивных превращений ядер (альфа-распад, бета-превращения ядер, изомерный переход, спонтанное деление тяжелых ядер).</p> <p>Природные радионуклиды. Радиоактивные ряды. Радионуклиды, не входящие в ряды, существующие с момента образования Земли, и постоянно образующиеся в атмосфере под влиянием космических лучей.</p> <p>Искусственная радиоактивность. Методы искусственного получения радионуклидов. Закон радиоактивного распада. Физические свойства ионизирующих излучений. Особенности взаимодействия тяжелых и легких заряженных частиц с веществом. Ионизационные потери энергии. Линейные потери энергии и их зависимость от заряда и скорости частицы и плотности вещества. Радиационные потери энергии (связь с энергией и массой частицы и с атомным номером вещества). Пробег заряженных частиц в разных материалах. Ослабление интенсивности электромагнитных излучений в веществе за счет фотоэффекта, эффекта Комптона и эффекта образования электрон-позитронных пар. Линейный и массовый коэффициенты ослабления. Характер взаимодействия нейтронов с веществом. Ядерные реакции. Явление наведенной радиоактивности. Особенности взаимодействия разных видов излучений с биологическим веществом.</p> <p>Космические лучи. Характеристика первичного и вторичного космического излучения. Искусственные источники ионизирующих излучений. Принцип устройства и работы ядерного реактора. Ядерные реакции, протекающие в нем. Радионуклиды, появляющиеся в окружающей среде при радиационных авариях. Ускорители заряженных частиц.</p> <p>Принципы физической защиты от ионизирующих излучений. Методы регистрации ионизирующих излучений (ионизационный, сцинтилляционный, химический и др.), применяемые, в медико-биологических исследованиях.</p> <p>Радиометрия. Мера радиоактивности. Единицы активности</p>	

		(Бк, Ки). Абсолютная и относительная радиометрия. Эффективность счета. Дозиметрия. Экспозиционная доза и единицы экспозиционной дозы (Кл/кг, Р). Поглощенная доза и единицы измерения поглощенной дозы (Гр, рад). Лабораторные работы: «Определение радиоактивности препарата с заданной степенью точности»; «Исследование изменений интенсивности бета-излучения радиоактивного препарата в зависимости от расстояния до счетной трубки»; «Исследование проникающей способности бета-частиц»; «Определение дозы гамма- и рентгеновского излучений с помощью дозиметра-радиометра МКГ-01»	
3.2	Понятие радиочувствительности	Энергетический парадокс в радиобиологии. Особенности взаимодействия ионизирующих излучений с биологическим веществом. Понятие относительной биологической эффективности. Понятие радиочувствительности. Межвидовые, внутривидовые, индивидуальные, возрастные, сезонные различия радиочувствительности. Радиочувствительность органов, тканей и клеток животных. Правило Бергонье и Трибондо. Анализ радиочувствительности клеток в культуре. Кривые доза-эффект. Параметры радиочувствительности, определяемые по кривым доза-эффект ( $D_0$ , $D_{37}$ , $D_q$ , $n$ ). Радиочувствительность ядра и цитоплазмы.	
3.3	Первичные радиобиологические процессы	Прямое и косвенное действие ионизирующих излучений. Преобразование энергии ионизирующих излучений в биологическом материале. Радиоллиз воды и водных растворов биомолекул. Основные продукты радиоллиза воды и их роль в инаktivации биомолекул. Влияние на ход радиоллиза ЛПЭ излучений, мощности дозы, присутствия кислорода в облучаемой среде. Радиационно-химический выход продуктов радиоллиза воды. Уравнение Харта. Эффект Дейла. Вклад прямого и косвенного действия ионизирующих излучений в развитие радиобиологического эффекта.	
3.4	Молекулярные и клеточные эффекты ионизирующей радиации	Радиационно-химические превращения нуклеиновых кислот. Действие ионизирующих излучений на первичную, вторичную и третичную структуры ДНК. Радиоллиз азотистых оснований, моносахаридов, нуклеозидов, нуклеотидов и нуклеиновых кислот. Одиночные и двойные разрывы ДНК. Разрывы водородных связей. Образование внутримолекулярных и межмолекулярных сшивок. Действие излучений на аминокислоты и белки. Радиационно-химические превращения жирных кислот и фосфолипидов. Образование пероксидов липидов. Радиационно-химические изменения порфиринов, гемов, гемопротеидов. Оценка радиочувствительности основных биомолекул по величине радиационно-химического выхода их повреждений. Радиочувствительность основных компонентов клетки. Радиационное поражение нуклеиновых кислот в живой клетке. Изменение физико-химических свойств ДНК и ее функций. Радиочувствительность надмолекулярных структур ДНК. Морфометрический анализ изменений структуры интерфазного хроматина лимфоцитов как маркеров предшествующего облучения. Генетические эффекты ионизирующей радиации. История развития радиационной генетики. Классификация наследственных изменений. Точковые мутации, хромосомные aberrации, анеуплоидия, полиплоидия. Молекулярные основы радиационного мутагенеза. Механизмы их возникновения, связь с дозой облучения. Основные положения радиационной генетики. Значение изменений генетического материала для дальнейшей	

		<p>судьбы соматической и половой клеток. Нестабильность генома и облучение.</p> <p>Задержка митоза. Зависимость продолжительности задержки митоза от дозы облучения и фазы клеточного цикла в период облучения. Причины задержки митоза.</p> <p>Нарушение структуры и функций мембранных образований клетки. Радиочувствительность мембран клетки: радиочувствительные участки в цитоплазматической мембране. Эффект Петко. Летальные эффекты ионизирующей радиации. Классификация форм гибели клеток. Цитологические различия и биохимические индикаторы апоптоза и некроза клеток. Репродуктивная гибель клеток, методы ее идентификации и причины развития. Образование гигантских и полиплоидных клеток, их судьба.</p> <p>Радиочувствительность клеток на разных стадиях жизненного цикла. Модификация радиочувствительности клеток кислородом. Связь коэффициента кислородного усиления с ЛПЭ излучений. Действие на клетки радиосенсибилизаторов и радиопротекторов.</p>	
3.5	Радиационное поражение животных и человека	<p>Радиационное поражение животных. Радиационные синдромы. Характеристика костномозгового, желудочно-кишечного синдромов и синдрома ЦНС; клеточные механизмы их развития. Тканевая радиочувствительность и причины различной радиочувствительности тканей.</p> <p>Понятие о критических системах организма. Причины гибели животных, облученных в разных диапазонах доз.</p> <p>Лучевая болезнь человека при внешнем облучении.</p> <p>Острая лучевая болезнь (ОЛБ) при относительно равномерном облучении. Костно-мозговая форма ОЛБ. Периоды развития и клиническая картина фаз периода формирования костномозговой формы ОЛБ.</p> <p>Характеристика кишечной, токсемической и церебральной формы ОЛБ. Объективные показатели тяжести ОЛБ и прогностические признаки исхода заболевания.</p> <p>ОЛБ при неравномерном облучении с преимущественным поражением кожи, головы, грудной клетки, живота, спины. Принципы лечения ОЛБ.</p> <p>Поражение человека инкорпорированными радионуклидами. Пути поступления радионуклидов в организм, характер распределения и депонирования, пути выведения. Клиническая картина острого и хронического поражения радиоактивным радием, стронцием, цезием, плутонием и суммой продуктов ядерного деления.</p> <p>Методы ограничения поступления радионуклидов в организм и ткани, методы ускорения выведения радионуклидов.</p> <p>Отдаленные последствия облучения. Классификация отдаленных эффектов ионизирующей радиации. Характеристика опухолевых (гормон-зависимых и гормон-независимых) и неопухолевых (гипо- и апластических, склеротических процессов, дисгормональных состояний) отдаленных последствий.</p> <p>Преждевременное старение и сокращение продолжительности жизни. Зависимость доза — эффект и патогенетические механизмы формирования отдаленных эффектов.</p> <p>Действие ионизирующей радиации на зародыш и плод. Радиочувствительность эмбриона в разные периоды его развития. Дозы, вызывающие внутриутробную гибель, пороки развития, поражение ЦНС, канцерогенез, генетические заболевания. Исследования на лабораторных животных и анализ результатов внутриутробного облучения человека. Механизмы развития непосредственных и</p>	

		отдаленных эффектов внутриутробного облучения. Биологические эффекты малых доз радиационных воздействий	
3.6	Теории механизмов формирования радиобиологических эффектов	Основные группы теорий биологического действия излучений. Принцип попадания и мишени в радиобиологии. История количественной радиобиологии. Основные положения «теории точечного тепла». Основные понятия (эффективный объем, место действия, реагирующая единица, место реакции). Квантованный характер передачи энергии веществу, неоднородность биообъекта и вероятностный характер попадания энергии излучения. Границы применения принципа попадания и мишени. Стохастическая теория. Вероятностная модель поражения клеток. Этапы формирования радиационного поражения клетки. Связь между конечным радиобиологическим эффектом и дозой облучения, ЛПЭ излучений, способностью клетки к репарации повреждений. Гипотеза липидных радиотоксинов и цепных реакций. Структурно-метаболическая теория. Единая теория биологического действия ионизирующих излучений — теория, охватывающая комплекс последовательных событий от момента физического процесса передачи энергии излучения веществу, через цепь физико-химических, химических и биохимических процессов до конечного радиобиологического эффекта.	
3.7	Гигиеническое нормирование радиационных воздействий	История развития представлений о допустимых уровнях облучения человека. Цель и задачи современной противорадиационной защиты. Анализ естественных и искусственных источников облучения человека. Естественный радиационный фон Земли, его составляющие и величина. Изменение радиационного фона после испытаний и применения ядерного оружия, изготовления и переработки ядерного горючего и эксплуатации ядерных энергетических установок. Масштабы радиационного воздействия на людей при использовании источников излучений в медицине. Оценка риска появления отрицательных последствий облучения. Распределение доз облучения среди населения. Расчет приемлемости и обоснованности риска отрицательных последствий от применения ионизирующих излучений и ядерной энергии в практической деятельности человека. Оценка риска облучения населения в малых дозах и концепция о беспороговом характере канцерогенных и генетических эффектов облучения. Принципы установления предельных уровней облучения. Дозовые пределы облучения. Категории облучаемых лиц и групп критических органов. Основные дозовые пределы. Допустимая мощность дозы облучения. Планируемое повышенное облучение персонала при радиационной аварии. Ограничения допустимых доз облучения для детей и лиц репродуктивного возраста. Лабораторная работа: «Определение уровня радиоактивности продуктов питания, почв, горных пород»	
3.8	Неионизирующие излучения	Неионизирующие излучения электромагнитного диапазона, природные источники неионизирующих излучений. Гигиеническое нормирование в России и за рубежом. Особенности биологического действия неионизирующих излучений. Использование в медицине.	
3.9	Ионизирующие излучения в биологии и медицине	Радиоиндикаторные методы в биологии. Принцип метода и сфера применения. Преимущество перед другими методами исследования биологических процессов. Основные предпосылки надежности метода в анализе результатов.	

		<p>Метод двойной изотопной метки. Физические характеристики радионуклидных меток (<math>^3\text{H}</math>, <math>^{14}\text{C}</math>, <math>^{32}\text{P}</math>, <math>^{125}\text{I}</math>).</p> <p>Радионуклидная диагностика. Методы современной радионуклидной диагностики (гамма-сцинтиграфия, эмиссионная однофотонная и двухфотонная томография).</p> <p>Требования, предъявляемые к радиофармацевтическим препаратам. Физические характеристики радионуклидных меток (<math>^{99\text{m}}\text{Tc}</math>, <math>^{123}\text{I}</math>, <math>^{67}\text{Ga}</math>, <math>^{127}\text{Xe}</math>, <math>^{201}\text{Tl}</math>, <math>^{11}\text{C}</math>, <math>^{15}\text{O}</math>, <math>^{18}\text{F}</math>, <math>^{13}\text{N}</math>).</p> <p>Преимущества радионуклидной диагностики перед другими методами. Расчет лучевых нагрузок на орган и организм в целом при введении радиофармацевтических препаратов. Организация работы радиологической лаборатории.</p> <p>Санитарно-гигиенические требования к радиологической лаборатории в зависимости от класса работ. Предельно допустимые активности радионуклидов на рабочем месте в зависимости от их радиотоксичности и класса лаборатории.</p> <p>Современные методы лучевой терапии опухолей. Дистанционная, внутрисполостная, внутритканевая, аппликационная терапия. Характеристика радионуклидов как источников излучения в радиотерапии. Применение рентгено- и гамма-установок, линейных ускорителей, нейтронных источников. Перспективы использования тяжелых ядерных частиц и нейтронзахватной терапии в лечении онкологических заболеваний.</p> <p>Проблема управления лучевыми реакциями нормальных и опухолевых тканей. Фракционирование дозы облучения, кинетика клеточных популяций при фракционированном облучении. Понятие о реоксигенации опухоли. Выбор оптимальных режимов фракционирования. Применение радиосенсибилизаторов для преодоления радиоустойчивости гипоксической фракции опухолевых клеток. Гипертермия и гипергликемия в лучевой терапии.</p> <p>Защита здоровых тканей путем создания умеренной гипоксии во время облучения (дыхание ГГС); избирательное действие ГГС на нормальные ткани. Применение радиопротекторов. Рентгенодиагностика</p>	
3.10	Радиационная фармакология	<p>Радиопротекторы, их классификация и химическая структура. Критерии защитного действия радиопротекторов. Фактор изменения дозы (ФИД). Механизмы защитного эффекта: изменение физико-химических свойств биомолекул, гипотеза «биохимического шока», «сульфгидрильная» гипотеза. Роль З. Бака, Э.Я. Граевского, Ю.Б. Кудряшова в изучении радиопротекторов и механизмов их защитного эффекта. Особенности фармакокинетики и фармакодинамики лекарственных средств в облученном организме</p>	
3.11	Радиационные аварии	<p>Медико-санитарные мероприятия, направленные на снижение последствий радиационных аварий. Профилактические мероприятия при разных уровнях радиационного загрязнения территорий, продуктов питания и радиационного воздействия на людей. Критерии, определяющие выделение зоны отчуждения, зоны отселения и зоны с льготным социально-экономическим статусом. Анализ крупных радиационных аварий. Медико-социальные последствия аварии на ЧАЭС. Проблемы малых доз радиационных воздействий. Радиоадаптация. Радиационный гормезис. Радиосенсибилизация факторами окружающей среды</p>	
3.12	Прикладные вопросы радиобиологии	<p>Использование радиационных технологий в технике, сельском хозяйстве, науке. Достижения и перспективы научных исследований в радиобиологии</p>	

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)					Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Групповые консультации	Самостоятельная работа	
1	Предмет и задачи общей и медицинской радиобиологии. Введение в дисциплину	2	—	—	—	4	6
2	Физические основы радиобиологии	2	—	4	1	7	14
3	Понятие радиочувствительности	2	—	4	1	7	14
4	Первичные радиобиологические процессы	2	—	4	2	7	15
5	Молекулярные и клеточные эффекты ионизирующей радиации	2	—	4	2	7	15
6	Радиационное поражение животных и человека	2	—	4	2	7	15
7	Теории механизмов формирования радиобиологических эффектов	2	—	8	2	7	19
8	Гигиеническое нормирование радиационных воздействий	2	—	4	1	7	14
9	Неионизирующие излучения	2	—	—	1	6	9
10	Ионизирующие излучения в биологии и медицине	2	—	6	2	6	16
11	Радиационная фармакология	1	—	4	2	6	13
12	Радиационные аварии	1	—	4	2	6	13
13	Прикладные вопросы радиобиологии	2	—	6	2	7	17
	ИТОГО	24		52	20	84	180

### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

Информация по учебной дисциплине «Общая и медицинская радиобиология» (основная образовательная программа высшего образования по направлению подготовки 30.05.02 Медицинская биофизика, учебный план, рабочая программа дисциплины «Общая и медицинская радиобиология», фонды оценочных средств, основная и дополнительная литература) размещены на образовательном портале «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>).

Освоение содержания дисциплины осуществляется с использованием дистанционных образовательных технологий (ДОТ) – электронного учебного курса «Радиационная и фотобиология», расположенного по адресу: <https://edu.vsu.ru> на портале «Электронный университет ВГУ». Перед началом учебных занятий обучающийся должен:

1. Проверить наличие доступа к курсу. В случае выявления проблем своевременно обратиться к преподавателю или в службу технической поддержки.

2. Изучить интерфейс курса, знать способы взаимодействия с преподавателем в рамках ЭУК: сообщение на форуме, отправка личного сообщения, чат.

3. Ознакомиться с целью и задачами дисциплины, перечнем формируемых компетенций и результатов обучения, программой дисциплины, календарным планом, траекторией освоения дисциплины, комплексом вопросов и требований для промежуточной аттестации.

4. Ознакомиться с перечнем основной и дополнительной литературы, а также списком электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины. Получить доступ к электронным библиотечным системам, на которые оформлена подписка ФГБОУ ВО «ВГУ».

Изучение дисциплины «Общая и медицинская радиобиология» предусматривает чтение лекций, проведение лабораторных занятий и самостоятельную работу студентов. Выполнение лабораторных работ и самостоятельная работа осуществляются с использованием конспектов лекций и учебных пособий. Обучающиеся выполняют лабораторные работы, отвечают на тестовые задания, выполняют задания текущей аттестации. Обучающиеся знакомятся с теоретическим материалом в процессе лекционной части реализации дисциплины, самостоятельной работы с текстами учебников, учебных пособий, статей в научных и научно-практических изданиях по профилю дисциплины. На лабораторных занятиях студенты либо индивидуально, либо в составе малой группы выполняют учебно-исследовательскую работу.

В ходе выполнения лабораторных работ студенты приобретают навыки обращения с биологическими объектами, лабораторным оборудованием и инструментарием, самостоятельно осуществляют эксперименты, регистрируют, анализируют и интерпретируют полученные результаты.

Результаты лабораторных работ, включая необходимые расчеты, заключения и выводы, ответы на вопросы (задания) оформляются в рабочей тетради обучающегося в виде протокола исследования. В конце лабораторного занятия результаты и материалы учебно-исследовательской работы докладываются преподавателю, при необходимости обсуждаются в группе (отчет о лабораторном занятии). В случаях пропуска лабораторного занятия по каким-либо причинам обучающийся обязан его самостоятельно выполнить под контролем преподавателя во время индивидуальных консультаций. Текущий контроль знаний обеспечивает проверку освоения учебного материала, приобретения знаний, умений и навыков в процессе аудиторной и самостоятельной работы обучающихся, формирования соответствующих компетенций. Самостоятельная работа студентов осуществляется с использованием учебников и учебных пособий в ходе подготовки к лекционным и лабораторным занятиям. Студенты знакомятся с теоретическим материалом в процессе лекционного курса и самостоятельно, прорабатывают и усваивают теоретические знания с использованием рекомендуемой учебной литературы и учебно-методических пособий, согласно указанному списку (п.15).

Текущий контроль знаний по дисциплине включает в себя отчеты обучающихся по лабораторным работам, выполнение заданий к лекциям и лабораторным занятиям. При подготовке к текущему контролю обучающиеся изучают и конспектируют рекомендуемую преподавателем учебную литературу по темам лекционных и лабораторных занятий, самостоятельно осваивают понятийный аппарат дисциплины.

Планирование и организация текущего контроля знаний, умений и навыков осуществляется в соответствии с содержанием рабочей программы и календарно-тематическим планом с применением фонда оценочных средств.

Формой промежуточной аттестации знаний, умений и навыков обучающихся в семестре В является зачет, а в семестре С — экзамен.

## **15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины**

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	<i>Актуальная радиобиология: курс лекций / Л. А. Ильин [и др.]. — М. : Издательский дом МЭИ, 2015. — 240 с. — ЭБС «Консультант студента». — <a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383009321.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383009321.html</a></i>
2	<i>Верещако Г. Г. Радиобиология: термины и понятия : энцикл. справ. / Г. Г. Верещако, А. М.</i>

	Ходосовская ; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т радиобиологии. — Минск : Беларуская навука, 2016. — 340 с. — ЭБС «Консультант студента». — <a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9789850820174.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9789850820174.html</a>
3	Кудряшов Ю. Б. Радиационная биофизика. Радиочастотные и микроволновые электромагнитные излучения / Ю. Б. Кудряшов, Ю. Ф. Перов, А. Б. Рубин. — М. : Физматлит, 2008. — 181 с.
4	Лучевая диагностика и терапия. Общая лучевая диагностика : учебник : в 2 т. / С. К. Терновой [и др.]. — М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. — Т. 1. — 232 с. — ЭБС «Консультант студента». — <a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970429891.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970429891.html</a>
5	Лучевая терапия : учебник / [Г. Е. Труфанов, М. А. Асатурян, Г. М. Жаринов, В. Н. Малаховский] ; под ред. Г. Е. Труфанова. — М. : ГЭОТАР-Медиа, 2013. - 208 с. — ЭБС «Консультант студента». — <a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970425145.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970425145.html</a>
6	Лучевая терапия в онкологии / под ред. В. И. Чиссова, М.И. Давыдова. — М. : ГЭОТАР-Медиа, 2011. — ЭБС «Консультант студента». — <a href="http://www.studentlibrary.ru/book/970406762V0004.html">http://www.studentlibrary.ru/book/970406762V0004.html</a>
7	Лучевая терапия. Физика излучений, дозиметрия, топометрия, радиобиологические основы, принципы и методы / А. В. Бойко [и др.]. — М. : ГЭОТАР-Медиа, 2011. — ЭБС «Консультант студента». — <a href="http://www.studentlibrary.ru/book/970406762V0040.html">http://www.studentlibrary.ru/book/970406762V0040.html</a> .
8	Основы клинической радиобиологии [Электронный ресурс] / М. С. Джойнер, О. Дж. ван дер Когель ; пер. с англ. — 3-е изд. (эл.). — Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf : 607 с.). — М. : Лаборатория знаний, 2017. — ЭБС «Консультант студента». — <a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785001014676.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785001014676.html</a>
9	Основы клинической радиобиологии [Электронный ресурс] / М. С. Джойнер, О. Дж. ван дер Когель ; пер. с англ. М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. — 600 с. — ЭБС «Консультант студента». — <a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996321209.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996321209.html</a>
10	Радиобиология. Радиационная безопасность сельскохозяйственных животных / В. А. Бударков [и др.]; под ред. В. А. Бударкова, А. С. Зенкина. — М. : КолосС, 2013. — 351 с. — ЭБС «Консультант студента». — <a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785953205368.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785953205368.html</a>
11	Токсикология и медицинская защита : учеб. пособие / И. А. Белоногов, Д. А. Самохин. — Минск : Вышэйшая школа, 2014. — 412 с. — ЭБС «Консультант студента». — <a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9789850624116.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9789850624116.html</a>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
12	Барсуков О.А. Радиационная экология / О.А. Барсуков, К.А. Барсуков. — М. : Научный мир, 2003. — 253 с.
13	Белозерский Г.Н. Радиационная экология : учеб. для студ. вузов / Г.Н. Белозерский. — М. : Academia, 2008. — 382 с.
14	Бычковская И.Б. Проблема отдаленной радиационной гибели клеток / И.Б. Бычковская. — М. : Энергоатомиздат, 1986. — 157 с.
15	Владимиров В.Г. Радиозащитные эффекты у животных и человека / В.Г. Владимиров, Т.К. Джаракьян. — М. : Энергоиздат, 1982. — 89 с.
17	Военная токсикология, радиобиология и медицинская защита : учебник / С.А. Куценко [и др.]. — СПб. : ФОЛИАНТ, 2004. — 526 с.
18	Гозенбук В.Л. Дозиметрические критерии тяжести острого облучения человека / В.Л. Гозенбук, И.Б. Кеурим-Маркус. — М. : Энергоатомиздат, 1988. — 184 с.
19	Гончаренко Е.Н. Химическая защита от лучевого поражения: Практическое руководство и лекции по радиационной биофизике : учеб. пособие / Е.Н. Гончаренко, Ю.Б. Кудряшов. — М. : Изд-во МГУ, 1985. — 249 с.
20	Кудряшов Ю.Б. Радиационная биофизика : (ионизирующие излучения) : учеб. для студ. вузов. — М. : Физматлит, 2004. — 442 с.
21	Москалев Ю.И. Радиобиология инкорпорированных радионуклидов / Ю.И. Москалев. — М. : Энергоатомиздат, 1989. — 263 с.
22	Мясина В.П. Избранные лекции по генетике человека и радиобиологии [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / В.П. Мясина, В.Н. Калаев ; Воронеж. гос. ун-т. — Электрон. текстовые дан. — Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2009. — <URL: <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m09-143.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m09-143.pdf</a> >.
23	Петин В.Г. Радиобиологические основы синергических взаимодействий в биосфере / В.Г. Петин, Г.П. Жураковская, Л.Н. Комарова. — Москва : ГЕОС, 2012. — 218 с.
24	Пивоваров Ю.П. Радиационная экология : учеб. пособие / Ю.П. Пивоваров, В.П. Михалев. — М. :



	<i>Academia</i> , 2004. — 238 с.
25	Руднев А.В. Радиационная экология : учеб. пособие / А.В. Руднев. — М. : Изд-во Моск. ун-та, 1990. — 87 с.
26	Смирнов С.Н. Радиационная экология : учеб. пособие / С.Н. Смирнов. — М. : МНЭПУ, 2000. — 134 с.
27	Старков В.Д. Радиационная экология : учеб. пособие / В.Д. Старков, В.И. Мигунов. — Тюмень : Тюменский дом печати, 2007. — 399 с.
28	Федоренко Б.С. Радиобиологические эффекты корпускулярных излучений. Радиационная безопасность космических полетов / Б.С. Федоренко. — М. : Наука, 2006. — 188 с.
29	Ярмоненко С.П. Радиобиология человека и животных : учеб. пособие / С.П. Ярмоненко. — М. : Высш. шк., 1988. — 424 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет):

№ п/п	Ресурс
1	Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека ONLINE». — <a href="https://biblioclub.ru/">https://biblioclub.ru/</a>
2	Электронно-библиотечная система «Лань». — <a href="http://www.e.lanbook.com">http://www.e.lanbook.com</a> .
3	Электронно-библиотечная система «Консультант студента». — <a href="http://www.studentlibrary.ru/">http://www.studentlibrary.ru/</a>
4	Электронный каталог ЗНБ ВГУ. — <a href="https://lib.vsu.ru/zgate?Init+lib.xml,simple.xml+rus">https://lib.vsu.ru/zgate?Init+lib.xml,simple.xml+rus</a>
5	Научная электронная библиотека. — <a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
6	PubMed. — <a href="http://ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/">ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/</a>

## 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Верещако Г. Г. Радиобиология: термины и понятия : энцикл. справ. / Г. Г. Верещако, А. М. Ходосовская ; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т радиобиологии. — Минск : Беларуская навука, 2016. — 340 с. — ЭБС «Консультант студента». — <a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9789850820174.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9789850820174.html</a>
2	Практикум по биофизике / В.Г. Артюхов [и др.] ; Воронеж. гос. ун-т ; под общ. ред. В.Г. Артюхова. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2016. — 313 с.
3	Биофизика / В.Г. Артюхов [и др.] ; под ред. В.Г. Артюхова. — Екатеринбург ; М. : Деловая кн. : Акад. Проект, 2009. — 293 с.

## 17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ, электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

При реализации дисциплины используются элементы электронного обучения, дистанционные образовательные технологии, цифровые технологии.

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Учебная аудитория для проведения лекционных занятий и занятий семинарского типа (лабораторные занятия), для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации  Ноутбук Asus X55A/X55A, проектор Sanyo, WinPro 8, OfficeSTD, Kaspersky Endpoint Security, Google Chrome	г. Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом. I, ауд. 59
Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа (лабораторные занятия), для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	г. Воронеж, Университетская пл., д.1, пом. I, ауд. 349

Специализированная мебель, набор лабораторной посуды и штативов, вытяжной шкаф, дозаторы, микроскопы Биомед-2, центрифуга Eppendorf	
Медицинский циклотрон Eclipse, радиофармацевтическое оборудование для производства Фтордезоксиглюкозы (3 шт.), оборудование аналитической лаборатории отдела контроля качества, биограф для позитронно-эмиссионной томографии, роботизированная установка Kiber knaif для стереотаксической радиохирургии, аппарат для радиотерапии Tomoterapi (Договор №2 от 27.10.2016)	ООО «Межрегиональный медицинский центр ранней диагностики и лечения онкологических заболеваний» Циклотроннорadioхимическое отделение, ПЭТ КТ, Кибернож, Томотерапия, Комната управления ПЭТ, КТ г. Воронеж, ул. Остужева, 31

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1	Предмет и задачи общей и медицинской радиобиологии. Введение в дисциплину	(ОПК-3) Способен использовать специализированное диагностическое и лечебное оборудование, применять медицинские изделия, лекарственные средства, клеточные продукты и генно-инженерные технологии, предусмотренные порядкам и оказания медицинской помощи	(ОПК-3.1) Оказывает медицинскую помощь с использованием специализированного диагностического и лечебного оборудования, медицинских изделий, предусмотренных для использования в профессиональной сфере	Задания, отчеты по лабораторным работам
2	Физические основы радиобиологии			Задания, отчеты по лабораторным работам
3	Понятие радиочувствительности			Задания, отчеты по лабораторным работам
4	Первичные радиобиологические процессы			Задания, отчеты по лабораторным работам
5	Молекулярные и клеточные эффекты ионизирующей радиации			Задания, отчеты по лабораторным работам
6	Радиационное поражение животных и человека			Задания, отчеты по лабораторным работам
7	Теории механизмов формирования радиобиологических эффектов			Задания, отчеты по лабораторным работам
8	Гигиеническое нормирование радиационных воздействий			Задания, отчеты по лабораторным работам
9	Неионизирующие излучения			Задания, отчеты по лабораторным работам
10	Ионизирующие излучения в биологии и медицине			Задания, отчеты по лабораторным работам
11	Радиационная фармакология			Задания, отчеты по лабораторным работам
12	Радиационные аварии			Задания, отчеты по лабораторным работам
13	Прикладные вопросы радиобиологии			Задания, отчеты по лабораторным работам

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет, экзамен				КИМ промежуточной аттестации

## 20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

- сдача лабораторных работ;
- выполнение практических заданий.

Описание технологии проведения

#### Пример лабораторной работы по учебной дисциплине Б1.О.37 Общая и медицинская радиобиология

**Лабораторная работа.** Определение бета-радиоактивности препарата с заданной степенью точности.

**Материалы и оборудование:** радиометр Б-3, радиоактивный препарат, секундомер.

**Цель работы:** определить радиоактивность препарата с заданной степенью точности.

#### Ход работы

Переключатель полярности пересчетного прибора поставить в положение «+». Включить установку в сеть, перед началом работы установка должна прогреться в течение 15-20 мин. Перед началом работы показания декастронов должны равняться нулю, для этого нужно нажать кнопку «Сброс». Для того, чтобы определить радиоактивность препарата с заданной точностью, надо пользоваться таблицей Бэлла. Для этого необходимо определить количество импульсов препарата с фоном ( $n$ ) и фона ( $n_{\phi}$ ) за 1 мин. Измерения проводить не менее трех раз. Определить значение коэффициента  $K$  по формуле:  $K = n/n_{\phi}$ . Пользуясь таблицей Бэлла, определить, какое количество импульсов нужно подсчитать для препарата с фоном ( $N_n$ ) и фона ( $N_{\phi}$ ) при данном коэффициенте  $K$ . Степень точности, с которой нужно определить активность препарата, задается преподавателем. Рассчитать необходимое время счета импульсов препарата и фона:  $t_n = N_n/n$ ,  $t_{\phi} = N_{\phi}/n_{\phi}$ . Время округлять до минут в сторону увеличения. С помощью счетчика радиоактивных частиц определить количество импульсов от препарата ( $N'_n$ ) и фона ( $N'_{\phi}$ ) в течение времени  $t_n$  и  $t_{\phi}$  соответственно. Полученные результаты занести в таблицу. Вычислить активность препарата ( $A_n$ ) и фона ( $A_{\phi}$ ) по формулам:  $A_n = N'_n/t_n - N'_{\phi}/t_{\phi}$ ,  $A_{\phi} = N'_{\phi}/t_{\phi}$ . Выразить активность препарата и радиоактивного фона в беккерелях и микроюри. После окончания экспериментов проверить, с какой степенью точности  $\Delta'$  были проведены подсчеты. Сделать вывод о радиоактивности фона и препарата.

#### Ответить на вопросы:

1. Что представляет собой радиоактивный распад элементов?
2. Дайте характеристику видов радиоактивного распада.
3. Сформулируйте закон радиоактивного распада.
4. Охарактеризуйте детекторы ионизирующих излучений.
5. Опишите применение радиоактивных изотопов в биологии и медицине.

#### Шаблон отчета о выполнении лабораторной работы

Отчет о выполнении лабораторной работы № \_\_ <Название темы>, выполненной в рамках дисциплины Б1.Б.32 Общая и медицинская радиобиология обучающимся \_\_\_ курса <Ф.И.О.>, специальность — 30.05.01 Медицинская биохимия

**Цель работы:**

**Этапы работы:****Оборудование и материалы:**

**Ход работы:** (краткое описание хода работы с указанием первичных данных, расчетных формул, результатов промежуточных и конечных расчетов; иллюстративный материал (графики, фотографии и пр.), обобщающие таблицы)

**Выводы:**

Требования к выполнению заданий (или шкалы и критерии оценивания)

**Критерии оценки:**

Критериями оценивания выполнения лабораторной работы являются:

- подготовка к занятию (оформление занятия в рабочей тетради в соответствии с методическими рекомендациями);
- ответы на устные вопросы по теме занятия и содержанию лабораторной работы;
- активность и самостоятельность при выполнении заданий;
- оформление результатов в соответствии с методическими рекомендациями;
- умение анализировать, обсуждать полученные результаты и самостоятельно формулировать выводы.

Работа считается выполненной и зачтенной, если студент в конце занятия представил отчет в соответствии с данными методическими рекомендациями.

**Перечень практических заданий****Примерная структура теста (вариант теста) по учебной дисциплине  
Б1.О.37 Общая и медицинская радиобиология**

**Задание № 1:** выбрать правильный ответ или правильные ответы:

1. Единицей поглощенной дозы является: а) Гр (Грей); б) Р (Рентген); в) рад; г) Бк (Беккерель).
2. Заряд, возникающий в единице массы поглотителя (в воздухе), - это: а) радиоактивность; б) поглощенная доза; в) экспозиционная доза; г) линейная плотность ионизации.
3. Единицей активности радионуклида является: а) Бк; б) Кл/кг; в) Дж/кг; г) Ки (Кюри).
4. Для расчета эквивалентной дозы необходимо знать: а) экспозиционную дозу; б) поглощенную дозу; в) взвешивающий коэффициент, характеризующий величину линейной передачи энергии излучения; г) мощность дозы.
5. Принцип, согласно которому только та часть энергии излучения вызывает изменения в веществе, которая поглощается данным веществом, сформулировал: а) Кюри; б) Беккерель; в) Гротгус; г) Кудряшов.
6. К ионизирующим излучениям относят: а) ИК-излучение; б) УФ-излучение; в)  $\gamma$ -излучение; г) видимое излучение.
7. Бета-частицы – это: а) ядра атома водорода; б) ядра атома гелия; в) электроны; г) нейтроны.
8. Величина потенциала ионизации составляет: а) 1 эВ; б) 10 эВ; в) 100 эВ; г) 1000 эВ.
9. Ионизацию атомов и молекул вызывает: а) УФ-излучение; б) видимое излучение; в) рентгеновское излучение; г) ИК-излучение.
10. Молекулярные механизмы биологического действия ионизирующей радиации изучает: а) фотобиология; б) радиационная биофизика; в) молекулярная биофизика; г) электромагнитная биология.
11. Период с 20-х годов до 1945 года XX века называют: а) описательным периодом в радиобиологии; б) количественной радиобиологией; в) периодом изучения механизмов модифицированной радиочувствительности; г) периодом изучения механизмов действия малых доз радиации.
12. Для характеристики различных видов ионизирующих излучений используют понятия: а) линейной передачи энергии; б) относительной биологической эффективности; в)  $D_{37}$ ; г) сечения мишени S.
13. Под «линейной передачей энергии» понимают: а) среднее число частиц, пролетающих через единичную площадку; б) среднее число ионов, образованных на единицу пути частицы; в)

- средние потери энергии на единицу пути частицы в пределах объема ее трека; г) величину энергии ионизирующего излучения, переданную веществу.
14. Кривые «доза-эффект» в случае одноударного процесса носят: а) S-образный характер; б) экспоненциальный характер; в) параболический характер; г) линейный характер.
15. Биофизическая трактовка экспериментальных кривых «доза-эффект» базируется на представлениях о: а) дискретной природе ионизирующих излучений; б) различной радиочувствительности биомолекул в облучаемой системе; в) вероятностном (статистическом) характере передачи энергии биообъекту; г) наличии в биообъектах систем репарации.
16. Мерой радиочувствительности клеток, определяемой по кривой выживания, служит: а) линейная передача энергии; б) относительная биологическая эффективность; в)  $D_{37}$ ; г) сечение мишени S.
17. Процесс передачи энергии излучения веществу реализуется во время: а) биологической стадии действия радиации; б) химической стадии действия радиации; в) физико-химической стадии действия радиации; г) физической стадии действия радиации.
18. Первичными продуктами радиолиза воды являются: а)  $H^{\cdot}$ ; б)  $OH^{\cdot}$ ; в)  $e_{гидр.}^{-}$ ; г)  $O_2^{\cdot-}$ .
19. Косвенное (непрямое) действие радиации на молекулы связано с: а) непосредственным поглощением энергии излучения молекулами; б) образованием продуктов радиолиза воды; в) пероксидным окислением липидов; г) присутствием  $O_2$  в облучаемой системе.
20. Степень проявления реакций биомолекул на облучение – это: а)  $D_{37}$ ; б) радиационно-химический выход; в) радиочувствительность; г) процент инактивации.
21. Наибольшую радиочувствительность проявляют молекулы – биополимеры: а) белки; б) нуклеиновые кислоты; в) полисахариды; г) липиды.
22. Причиной более высокой радиочувствительности клеток по сравнению со свободными биомолекулами является: а) большие размеры клеток; б) наличие в клетке радиосенсибилизаторов; в) существование механизма усиления первичных радиационных изменений; г) способность клетки к самовоспроизведению.
23. Под влиянием ионизирующей радиации в клетке интенсифицируются процессы: а) пероксидного окисления липидов; б) образования активных форм кислорода; в) радиолиза воды; г) фотолиза воды.
24. Для объяснения механизма действия радиации на клетку с учетом состояния ее окислительно-восстановительного гомеостаза используют: а) принцип попадания и теорию мишеней (Кроутер, Ли, Циммер, Тимофеев-Ресовский); б) гипотезу липидных радиотоксинов и цепных реакций (Кудряшов); в) гипотезу «точечного нагрева» (Дессауэр); г) структурно-метаболическую теорию.
25. К наиболее радиочувствительным критическим органам человека относят: а) красный костный мозг; б) печень; в) гонады; г) кожу.
26. К основным лучевым синдромам относят: а) церебральный; б) костно-мозговой; в) кишечный; г) легочный.
27. К эффектам малых доз радиации относят: а) «эффект свидетеля»; б) эффект гормезиса; в) повышенную чувствительность к сверхмалым дозам радиации; г) «энергетический парадокс».
28. К радиопротекторам относят: а) серин; б) серотонин; в) цистамин; г) супероксиддисмутазу.
29. Возможные механизмы радиопротекторного действия биогенных аминов: а) создают временную тканевую гипоксию, так как оказывают сосудосуживающее действие; б) конкурируют за активные продукты радиолиза воды; в) образуют радиорезистентные комплексы с биогенными аминами; г) образуют комплексы с молекулами кислорода.
30. Вклад прямого действия радиации на клетки эукариот составляет: а) 100 %; б) 80-90 %; в) 10-20 %; г) 50 %.
31. Уровень активных форм кислорода при облучении клеток снижают: а) каталаза; б) фосфолипаза; в) протеинкиназа; г) супероксиддисмутазу.
32. К радиационно-химическим изменениям нуклеиновых кислот относят: а) разрыв S-S-связей; б) дунитевые разрывы; в) разрушение азотистых оснований; г) разрыв пептидных связей.
33. Более высокую радиочувствительность из аминокислот проявляют: а) цистеин; б) тирозин; в) серин; г) пролин.
34. Гибель клеток при облучении происходит в результате: а) апоптоза; б) митоптоза; в) феноптоза; г) некроза.
35. Эффекты действия малых доз радиации на биосистемы связаны с: а) низкой величиной поглощенных доз радиации; б) активацией рецепторов, связанных с различными

сигналтрансдукторными регуляторными системами клетки; в) активацией компонентов антиоксидантной системы; г) созданием временной тканевой гипоксии.

**Задание № 2:** ответить на вопросы.

1. Определить правильную последовательность стадий лучевого поражения биомакромолекул. Стадии: А – миграция энергии внутри молекулы или между молекулами; В – инактивация молекул; С – перенос и поглощение молекулой дискретной порции энергии излучения; Д – химические изменения структурного звена («слабого звена») макромолекулы; Е – ионизация и возбуждение атомов и молекул.
2. Какие процессы происходят в клетке в результате воздействия оксирадиотоксинов (активных форм кислорода, продуктов пероксидного окисления липидов) на клетку и ее компоненты?
3. Перечислите возможные механизмы, благодаря которым в клетке снижается уровень оксирадиотоксинов (активных форм кислорода, продуктов пероксидного окисления липидов).

**Задание № 3:** решить задачу.

Человек получил всем телом 0,08 Дж/кг гамма-излучения (поглощенная доза), тогда как другой, выпив радиоактивное вещество, получил дозу 700 мрад альфа-частиц. Который из них получит больше биологических повреждений?

**Критерии оценки:**

оценка «зачтено» выставляется студенту, если выполнено правильно не менее 70 % тестовых заданий; оценка «не зачтено» - если выполнено правильно менее 70 % тестовых заданий, выполнены задания № 2 и № 3.

### Задания для диагностических работ

#### Тесты

Процесс передачи энергии излучения веществу реализуется во время:

- а) биологической стадии действия радиации;
- б) химической стадии действия радиации;
- в) физико-химической стадии действия радиации;
- г) физической стадии действия радиации.

Для объяснения механизма действия радиации на клетку с учетом состояния ее окислительно-восстановительного гомеостаза используют:

- а) принцип попадания и теорию мишеней (Кроутер, Ли, Циммер, Тимофеев-Ресовский);
- б) гипотезу липидных радиотоксинов и цепных реакций (Кудряшов);
- в) гипотезу «точечного нагрева» (Дессауэр);
- г) структурно-метаболическую теорию.

Единицей поглощенной дозы в системе СИ является:

- а) Гр (Грей);
- б) Р (Рентген);
- в) рад;
- г) Бк (Беккерель).

#### Краткий ответ

Единицей активности радионуклида является \_\_\_\_\_

Ответ: Беккерель (Бк).

Альфа-частицы представляют собой \_\_\_\_\_

Ответ: ядра атомов гелия

### Средней сложности

Определить правильную последовательность стадий лучевого поражения биомакромолекул.

Стадии: А – миграция энергии внутри молекулы или между молекулами;

В – инактивация молекул;

С – перенос и поглощение молекулой дискретной порции энергии излучения;

Д – химические изменения структурного звена («слабого звена») макромолекулы;

Е – ионизация и возбуждение атомов и молекул.

Ответ: С-А-Е-Д-В

### Сложный развернутый ответ

Радионуклидная диагностика. Методы современной радионуклидной диагностики (гамма-сцинтиграфия, эмиссионная однофотонная и двухфотонная томография).

Ответ: В настоящее время выделяют следующие радионуклидные методы:

1) радиометрию, лабораторную (in vitro) и клиническую (in vivo);

2) радиографию (гамма-хронография);

3) сканирование (гамма-топография);

4) сцинтиграфию (гамма-топография), подразделяющуюся на динамическую и статическую;

5) эмиссионную компьютерную томографию, включающую:

— однофотонную эмиссионную компьютерную томографию;

— позитронную (двухфотонную) эмиссионную компьютерную томографию.

Сцинтиграфия — метод радионуклидного исследования внутренних органов, основанный на оценке распределения введенного в организм радиофармацевтического препарата (РФП), которая осуществляется с помощью сцинтилляционной гамма-камеры.

Гамма-камеры имеют в своем составе детектор (сцинтилляционный кристалл, обычно это кристалл йодида натрия), который является приемником гамма-излучения. Фотоэлектронные умножители (ФЭУ) преобразуют энергию световых вспышек кристалла в электрические импульсы и усиливают их. Пучок излучения направляется на кристалл сменными свинцовыми коллиматорами (тубусами для экранирования детектора). Поступающие через специальные отверстия в коллиматоре гамма-кванты от РФП, распределенного в теле пациента, возбуждают в кристалле вспышки — сцинтилляции. Фотографическая или поляроидная камера, приставленные к электроннолучевой трубке, позволяют получать фото- или поляроидные изображения, называемые сцинтиграммами. Современная сцинтилляционная гамма-камера оснащена специализированной ЭВМ, в памяти которой регистрируются изображения распределения РФП в исследуемой области. В отличие от сканирования, при сцинтиграфии регистрация излучения ведется одновременно по всей исследуемой области, что дает возможность определять характер перемещения РФП в исследуемом органе.

По сравнению с планарной (плоскостной) сцинтиграфией однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ) обладает более высокой разрешающей способностью. При однофотонной томографии используют такие же средне- и короткоживущие радионуклиды, как и применяемые для проведения сцинтиграфии.

Физические основы метода ОФЭКТ дают возможность получить послойную картину распределения радиоиндикатора в органе с последующей реконструкцией его трехмерного изображения. Устройство для проведения ОФЭКТ представляет собой такую же гамма-камеру, которая используется при планарной сцинтиграфии. Однако при проведении исследований детектор гамма-квантов движется относительно тела пациента, обычно совершая круговые или дугообразные (секторные) перемещения. Для увеличения скорости сканирования в современных радионуклидных томографах используют систему, состоящую из двух или даже трех детекторов.

Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ) — это один из новейших методов радионуклидной диагностики, основанный на применении радиофармпрепаратов, меченных изотопами, являющимися позитронными излучателями. В основе принципа позитронно-эмиссионной томографии лежит явление регистрации двух противоположно направленных гамма-лучей одинаковых энергий, возникающих в результате аннигиляции. Процесс аннигиляции происходит в тех случаях, когда излученный ядром радионуклида позитрон встречается с электроном в тканях пациента.

Физические основы метода. После эмиссии из ядра атома позитрон проходит в окружающих тканях расстояние, равное 1—3 мм, теряя энергию при соударении с другими молекулами. В момент остановки позитрон соединяется с электроном, и масса обеих частиц превращается в энергию двух высокоэнергетических гамма-квантов, разлетающихся в противоположные стороны (происходит аннигиляция). В позитронно-эмиссионном томографе происходит регистрация этих гамма-квантов с помощью нескольких колец детекторов, окружающих пациента. При помощи блока совпадений томограф выделяет только те гамма-кванты, которые зарегистрированы одновременно, формируя так называемую «линию ответа». Затем компьютерная система томографа суммирует все линии ответа от пар детекторов, зарегистрированные за время записи и реконструирует изображение по алгоритму, сходному с используемыми в КТ, МРТ и ОЭКТ. Изотопы для ПЭТ вырабатывают на месте проведения исследования. Это связано с тем, что большинство используемых в методе ПЭТ изотопов являются ультракороткоживущими. Время их жизни исчисляется несколькими минутами и даже секундами.

Решите задачу. Мягкие ткани человека подвергаются радиоактивному облучению в течение 1,5 часов, при этом экспозиционная доза составила 0,6 Рентгена. Какова мощность экспозиционной дозы? Чему равна поглощенная доза в радах? Как соотносятся между собой поглощенная и биологическая дозы?

Решение: 1)  $D_{\text{экс}} = Pt$ , где  $D_{\text{экс}}$  - экспозиционная доза,  $P$  - мощность дозы,  $t$  - время облучения. Следовательно,

$$P = D_{\text{экс}}/t = 0,6 \text{ Р} / 1,5 \text{ ч} = 0,4 \text{ Р/час.}$$

2) При экспозиционной дозе 1 Р поглощенная доза в воздухе равна 0,88 рад. В большинстве случаев 0,88 округляют до 1,0, приравнивая рад к Рентгену:

$$D_{\text{погл}} = 0,6 \text{ рад.}$$

3) Для мягких тканей 1 рад = 1 бэр, следовательно,

$$D_{\text{биол}} = 0,6 \text{ бэр.}$$

4)  $D_{\text{биол}} = K D_{\text{погл}}$ , где  $D_{\text{биол}}$  - биологическая, или эквивалентная, доза;  $D_{\text{погл}}$  - поглощенная доза;  $K$  - коэффициент качества, зависящий от вида излучения. Этот коэффициент для фотонов, электронов и мюонов равен 1, для альфа-частиц принят равным 20, для протонов — от 2 до 5, а для нейтронов сильно зависит от энергии, достигая 20 в интервале энергий от 100 кэВ до 2 МэВ.

## 20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

- комплект КИМ для зачета;
- комплект КИМ для экзамена.

### Перечень вопросов к зачету:

1. Понятие радиобиологии. Цель, задачи, методы исследования, связь радиобиологии с другими науками.
2. История становления радиобиологии.
3. Клиническая радиобиология. Радиобиологические принципы оптимизации лучевых методов терапии онкологических заболеваний.
4. Ядерная энергия. Ядерное оружие и ядерная энергетика.
5. Трагедия Хиросимы и Нагасаки. Последствия аварии на Чернобыльской АЭС.
6. Перспективы ядерных отраслей народного хозяйства. Современная противорадиационная защита.
7. Суть явления радиоактивности и основные типы радиоактивных превращений ядер (альфа-распад, бета-превращения ядер, изомерный переход, спонтанное деление тяжелых ядер).
8. Природные радионуклиды. Радиоактивные ряды.
9. Искусственная радиоактивность. Методы искусственного получения радионуклидов. Закон радиоактивного распада.
10. Особенности взаимодействия тяжелых и легких заряженных частиц с веществом.



11. Характер взаимодействия нейтронов с веществом. Ядерные реакции. Явление наведенной радиоактивности.
12. Особенности взаимодействия различных видов излучений с биологическим веществом.
13. Космические лучи. Характеристика первичного и вторичного космического излучения.
14. Искусственные источники ионизирующих излучений. Принцип устройства и работы ядерного реактора.
16. Радионуклиды, появляющиеся в окружающей среде при радиационных авариях.
17. Ускорители заряженных частиц.
18. Принципы физической защиты от ионизирующих излучений.
19. Методы регистрации ионизирующих излучений (ионизационный, сцинтилляционный, химический и др.), применяемые, в медико-биологических исследованиях.
20. Радиометрия. Мера радиоактивности. Единицы активности (Бк, Ки). Абсолютная и относительная радиометрия. Эффективность счета.
21. Дозиметрия. Экспозиционная доза и единицы экспозиционной дозы (Кл/кг, Р). Поглощенная доза и единицы измерения поглощенной дозы (Гр, рад).
22. Энергетический парадокс в радиобиологии. Особенности взаимодействия ионизирующих излучений с биологическим веществом. Понятие относительной биологической эффективности.
23. Понятие радиочувствительности. Межвидовые, внутривидовые, индивидуальные, возрастные, сезонные различия радиочувствительности.
24. Радиочувствительность органов, тканей и клеток животных. Правило Бергонье и Трибондо.
25. Анализ радиочувствительности клеток в культуре. Кривые доза-эффект. Параметры радиочувствительности, определяемые по кривым доза-эффект ( $D_0$ ,  $D_{37}$ ,  $D_q$ ,  $n$ ). Радиочувствительность ядра и цитоплазмы.
26. Прямое и косвенное действие ионизирующих излучений. Преобразование энергии ионизирующих излучений в биологическом материале. Радиолиз воды и водных растворов биомолекул. Основные продукты радиолиза воды и их роль в инактивации биомолекул. Влияние на ход радиолиза ЛПЭ излучений, мощности дозы, присутствия кислорода в облучаемой среде. Радиационно-химический выход продуктов радиолиза воды. Уравнение Харта. Эффект Дейла.
27. Вклад прямого и косвенного действия ионизирующих излучений в развитие радиобиологического эффекта.
28. Радиационно-химические превращения нуклеиновых кислот. Действие ионизирующих излучений на первичную, вторичную и третичную структуры ДНК. Радиолиз азотистых оснований, моносахаридов, нуклеозидов, нуклеотидов и нуклеиновых кислот.
29. Одиночные и двойные разрывы ДНК. Разрывы водородных связей. Образование внутримолекулярных и межмолекулярных сшивок.
30. Действие излучений на аминокислоты и белки.
31. Радиационно-химические превращения жирных кислот и фосфолипидов. Образование пероксидов липидов.
32. Радиационно-химические изменения порфиринов, гемов, гемопротеидов.
33. Оценка радиочувствительности основных биомолекул по величине радиационно-химического выхода их повреждений.
34. Радиочувствительность основных компонентов клетки.
35. Радиационное поражение нуклеиновых кислот в живой клетке. Изменение физико-химических свойств ДНК и ее функций. Радиочувствительность надмолекулярных структур ДНК. Морфометрический анализ изменений структуры интерфазного хроматина лимфоцитов как маркеров предшествующего облучения.
36. Генетические эффекты ионизирующей радиации. История развития радиационной генетики.
37. Классификация наследственных изменений. Точковые мутации, хромосомные aberrации, анеуплоидия, полиплоидия.
38. Молекулярные основы радиационного мутагенеза. Механизмы их возникновения, связь с дозой облучения.
39. Основные положения радиационной генетики. Значение изменений генетического материала для дальнейшей судьбы соматической и половой клеток. Нестабильность генома и облучение.

40. Задержка митоза. Зависимость продолжительности задержки митоза от дозы облучения и фазы клеточного цикла в период облучения. Причины задержки митоза.

41. Нарушение структуры и функций мембранных образований клетки. Радиочувствительность мембран клетки: радиочувствительные участки в цитоплазматической мембране. Эффект Петко. Летальные эффекты ионизирующей радиации.

42. Классификация форм гибели клеток. Цитологические различия и биохимические индикаторы апоптоза и некроза клеток.

43. Репродуктивная гибель клеток, методы ее идентификации и причины развития. Образование гигантских и полиплоидных клеток, их судьба.

44. Радиочувствительность клеток на разных стадиях жизненного цикла. Модификация радиочувствительности клеток кислородом. Связь коэффициента кислородного усиления с ЛПЭ излучений.

45. Действие на клетки радиосенсибилизаторов и радиопротекторов.

### **Перечень вопросов к экзамену**

46. Радиационное поражение животных. Радиационные синдромы. Характеристика костномозгового, желудочно-кишечного синдромов и синдрома ЦНС; клеточные механизмы их развития.

47. Тканевая радиочувствительность и причины различной радиочувствительности тканей.

48. Понятие о критических системах организма. Причины гибели животных, облученных в разных диапазонах доз.

49. Лучевая болезнь человека при внешнем облучении.

50. Острая лучевая болезнь (ОЛБ) при относительно равномерном облучении. Костно-мозговая форма ОЛБ. Периоды развития и клиническая картина фаз периода формирования костномозговой формы ОЛБ.

51. Характеристика кишечной, токсической и церебральной формы ОЛБ. Объективные показатели тяжести ОЛБ и прогностические признаки исхода заболевания.

52. ОЛБ при неравномерном облучении с преимущественным поражением кожи, головы, грудной клетки, живота, спины. Принципы лечения ОЛБ.

53. Поражение человека инкорпорированными радионуклидами.

54. Пути поступления радионуклидов в организм, характер распределения и депонирования, пути выведения.

55. Клиническая картина острого и хронического поражения радиоактивным радием, стронцием, цезием, плутонием и суммой продуктов ядерного деления.

56. Методы ограничения поступления радионуклидов в организм и ткани, методы ускорения выведения радионуклидов.

57. Отдаленные последствия облучения. Классификация отдаленных эффектов ионизирующей радиации.

58. Характеристика опухолевых (гормон-зависимых и гормон-независимых) и неопухолевых (гипо- и апластических, склеротических процессов, дисгормональных состояний) отдаленных последствий.

59. Преждевременное старение и сокращение продолжительности жизни. Зависимость доза — эффект и патогенетические механизмы формирования отдаленных эффектов.

60. Действие ионизирующей радиации на зародыш и плод. Радиочувствительность эмбриона в разные периоды его развития. Дозы, вызывающие внутриутробную гибель, пороки развития, поражение ЦНС, канцерогенез, генетические заболевания.

61. Исследования на лабораторных животных и анализ результатов внутриутробного облучения человека. Механизмы развития непосредственных и отдаленных эффектов внутриутробного облучения.

62. Биологические эффекты малых доз радиационных воздействий

63. Основные группы теорий биологического действия излучений. Принцип попадания и мишени в радиобиологии. История количественной радиобиологии.

64. Основные положения «теории точечного тепла». Основные понятия (эффективный объем, место действия, реагирующая единица, место реакции). Квантованный характер передачи энергии веществу, неоднородность биообъекта и вероятностный характер попадания энергии излучения. Границы применения принципа попадания и мишени.

65. Стохастическая теория биологического действия ионизирующих излучений. Вероятностная модель поражения клеток.

66. Этапы формирования радиационного поражения клетки. Связь между конечным радиобиологическим эффектом и дозой облучения, ЛПЭ излучений, способностью клетки к репарации повреждений.

67. Гипотеза липидных радиотоксинов и цепных реакций. Структурно-метаболическая теория.

68. Единая теория биологического действия ионизирующих излучений — теория, охватывающая комплекс последовательных событий от момента физического процесса передачи энергии излучения веществу, через цепь физико-химических, химических и биохимических процессов до конечного радиобиологического эффекта.

69. История развития представлений о допустимых уровнях облучения человека. Цель и задачи современной противорадиационной защиты.

70. Анализ естественных и искусственных источников облучения человека. Естественный радиационный фон Земли, его составляющие и величина. Изменение радиационного фона после испытаний и применения ядерного оружия, изготовления и переработки ядерного горючего и эксплуатации ядерных энергетических установок. Масштабы радиационного воздействия на людей при использовании источников излучений в медицине.

80. Оценка риска появления отрицательных последствий облучения. Распределение доз облучения среди населения. Расчет приемлемости и обоснованности риска отрицательных последствий от применения ионизирующих излучений и ядерной энергии в практической деятельности человека.

81. Оценка риска облучения населения в малых дозах и концепция о беспороговом характере канцерогенных и генетических эффектов облучения.

82. Принципы установления предельных уровней облучения. Дозовые пределы облучения. Категории облучаемых лиц и групп критических органов. Основные дозовые пределы. Допустимая мощность дозы облучения. Планируемое повышенное облучение персонала при радиационной аварии. Ограничения допустимых доз облучения для детей и лиц репродуктивного возраста.

83. Неионизирующие излучения электромагнитного диапазона, природные источники неионизирующих излучений. Гигиеническое нормирование в России и за рубежом. Особенности биологического действия неионизирующих излучений. Использование в медицине.

84. Радиоиндикаторные методы в биологии. Принцип метода и сфера применения. Преимущество перед другими методами исследования биологических процессов. Основные предпосылки надежности метода в анализе результатов. Метод двойной изотопной метки. Физические характеристики радионуклидных меток ( $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{32}\text{P}$ ,  $^{125}\text{I}$ ).

85. Радионуклидная диагностика. Методы современной радионуклидной диагностики (гамма-сцинтиграфия, эмиссионная однофотонная и двухфотонная томография).

86. Требования, предъявляемые к радиофармацевтическим препаратам. Физические характеристики радионуклидных меток ( $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ,  $^{123}\text{I}$ ,  $^{67}\text{Ga}$ ,  $^{127}\text{Xe}$ ,  $^{201}\text{Tl}$ ,  $^{11}\text{C}$ ,  $^{15}\text{O}$ ,  $^{18}\text{F}$ ,  $^{13}\text{N}$ ). Преимущества радионуклидной диагностики перед другими методами.

87. Расчет лучевых нагрузок на орган и организм в целом при введении радиофармацевтических препаратов.

88. Организация работы радиологической лаборатории.

89. Санитарно-гигиенические требования к радиологической лаборатории в зависимости от класса работ. Предельно допустимые активности радионуклидов на рабочем месте в зависимости от их радиотоксичности и класса лаборатории.

90. Современные методы лучевой терапии опухолей. Дистанционная, внутрисполостная, внутритканевая, аппликационная терапия.

91. Характеристика радионуклидов как источников излучения в радиотерапии. Применение рентгено- и гамма-установок, линейных ускорителей, нейтронных источников.

92. Перспективы использования тяжелых ядерных частиц и нейтронзахватной терапии в лечении онкологических заболеваний.

93. Проблема управления лучевыми реакциями нормальных и опухолевых тканей. Фракционирование дозы облучения, кинетика клеточных популяций при фракционированном облучении.

94. Понятие о реоксигенации опухоли. Выбор оптимальных режимов фракционирования.

95. Применение радиосенсибилизаторов для преодоления радиоустойчивости гипоксической фракции опухолевых клеток.

96. Гипертермия и гипергликемия в лучевой терапии.

97. Защита здоровых тканей путем создания умеренной гипоксии во время облучения (дыхание ГГС); избирательное действие ГГС на нормальные ткани. Применение радиопротекторов.

98. Рентгенодиагностика.

99. Радиопротекторы, их классификация и химическая структура. Критерии защитного действия радиопротекторов. Фактор изменения дозы (ФИД). Механизмы защитного эффекта: изменение физико-химических свойств биомолекул, гипотеза «биохимического шока», «сульфгидрильная» гипотеза. Роль З. Бака, Э.Я. Граевского, Ю.Б. Кудряшова в изучении радиопротекторов и механизмов их защитного эффекта.

100. Особенности фармакокинетики и фармакодинамики лекарственных средств в облученном организме.

101. Медико-санитарные мероприятия, направленные на снижение последствий радиационных аварий.

102. Профилактические мероприятия при разных уровнях радиационного загрязнения территорий, продуктов питания и радиационного воздействия на людей.

103. Критерии, определяющие выделение зоны отчуждения, зоны отселения и зоны с льготным социально-экономическим статусом.

104. Анализ крупных радиационных аварий. Медико-социальные последствия аварии на ЧАЭС.

105. Проблемы малых доз радиационных воздействий. Радиоадаптация. Радиационный гормезис. Радиосенсибилизация факторами окружающей среды

105. Использование радиационных технологий в технике, сельском хозяйстве, науке.

106. Достижения и перспективы научных исследований в области радиобиологии.

Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме: устного опроса (индивидуальный опрос, фронтальная беседа); письменных работ (лабораторные работы). Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний.

Для оценивания результатов обучения на зачете используется шкала «зачтено/не зачтено».

Для оценивания результатов обучения на экзамене используется шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач в области общей и медицинской радиобиологии, демонстрирует знания, умения и навыки из п. 11 в объеме вопросов КИМ	<i>Отлично (или зачтено при зачете)</i>
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ	<i>Хорошо (или зачтено при зачете)</i>

<p>примерами, фактами, данными научных исследований, но допускает незначительные ошибки, неточности, испытывает затруднения при решении практических задач, тем не менее может откорректировать ответ после наводящих вопросов преподавателя</p>	<p><i>зачете)</i></p>
<p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в п. 11 показателям, допускает значительные ошибки при решении практических задач, но отвечает на дополнительные вопросы преподавателя</p>	<p><i>Удовлетворительно (или зачтено при зачете)</i></p>
<p>Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки при ответе на вопросы, демонстрирует явное несоответствие знаний, умений, навыков приведенным в п. 11 показателям, не отвечает на дополнительные вопросы преподавателя</p>	<p><i>Неудовлетворительно (или не зачтено при зачете)</i></p>