

Документ подписан простой электронной подписью Информация о владельце: ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич Должность: Ректор Дата подписания: 12.09.2025 09:50:47 Уникальный программный идентификатор: 04c19ed8bfb98f3b6cb77a486b9a8788b8322323	 МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)	Фонд оценочных средств по дисциплине «Проблемы низких уровней воздействия в радиобиологии» по направлению подготовки 06.04.01 «Биология» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»	стр. 1
---	---	---	--------

**Фонд оценочных средств  
для промежуточной аттестации  
по дисциплине (модулю)**

**Проблемы низких уровней воздействия в радиобиологии**

Направление подготовки (специальность)  
**06.04.01 Биология**

Направленность (профиль)  
**Радиационная биология**

Присваиваемая квалификация (степень)  
**Магистр**

Форма обучения  
**очная**

Год (ы) набора: 2025

Челябинск, 2025 г.

## 1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Направление подготовки: **06.04.01 Биология**

Направленность (профили): Радиационная биология

Дисциплина: **Проблемы низких уровней воздействия в радиобиологии**

Семестры изучения: 3

Форма промежуточной аттестации: экзамен

## 2. ПЕРЕЧЕНЬ ФОРМИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

### 2.1. Компетенции, закреплённые за дисциплиной

Изучение дисциплины «Проблемы низких уровней воздействия в радиобиологии» направлено на формирование следующих компетенций:

Коды компетенции (по ФГОС)	Содержание компетенций согласно ФГОС	Коды и содержание индикаторов	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3	4
УК-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий	УК-1.1. Критически анализирует проблемную ситуацию с целью выработки стратегии действий, аргументировано формулирует собственные суждения и оценки УК-1.2. Использует критический анализ, систематизацию и обобщение информации для решения проблемной ситуации	<b>Знать:</b> Для достижения УК-1.1. знать: существующие информационные ресурсы. <b>Уметь:</b> Для достижения УК-1.1. уметь: формулировать информационный запрос в поисковых базах данных, составлять библиографические запросы. Для достижения УК-1.2. уметь: систематизировать и обобщать информацию; обрабатывать достаточные объемы информации, критично относиться к полученным источникам информации, анализировать и выделять наиболее значимые проблемы, аргументировать свои позиции, строить логически обоснованные выводы, вести диалог с оппонентами в рамках дебатов. <b>Владеть:</b> Для достижения УК-1.1. владеть: навыками работы в электронных базах данных. Для достижения УК-1.2. владеть: навыками поиска и обработки специализированной литературы.

<p>ПК-2</p>	<p>Способен использовать в научной и производственно-технологической деятельности знания фундаментальных и прикладных разделов радиобиологических дисциплин</p>	<p>ПК-2.1 Имеет представление об основных экспериментальных и диагностических методах радиобиологии и биофизики ПК-2.2 Рассматривает принципы устройства и работы современных лабораторий. ПК-2.3 Выбирает объект научного исследования и использует современные биофизические, медико-биологические методы исследования.</p>	<p><b>Знать:</b> Для достижения ПК-2.1. знать: основные положения, термины и понятия радиационной биологии. Для достижения ПК-2.2. знать: физические и дозиметрические характеристики различных видов ионизирующих и неионизирующих излучений и особенности их взаимодействия с веществом; основные современные представления и гипотезы о механизмах биологического действия этих излучений; особенности методологии оценки биологического действия излучений низкого уровня на биологические системы. <b>Уметь:</b> Для достижения ПК-2.3. уметь: самостоятельно овладевать знаниями и навыками их применения в профессиональной деятельности; демонстрировать базовые представления о биологическом действии низко интенсивных излучений на живые организмы, применять их на практике; критически анализировать полученную информацию и представлять результаты исследований. <b>Владеть:</b> Для достижения ПК-2.3. владеть: способностью к поиску и реализации новых, эффективных форм организации своей деятельности; способностью обобщать и критически оценивать результаты исследований, полученные отечественными и зарубежными учеными;</p>
-------------	---	---	--

Фонд оценочных средств по дисциплине «Проблемы низких уровней воздействия в радиобиологии» по направлению подготовки 06.04.01 «Биология» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»			стр. 3
			способами планирования научных исследований и производственных задач.

### 3. СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

#### 3.1 Виды оценочных средств

№ п/п	Код компетенции/планируемые результаты обучения	Контролируемые темы/разделы	Наименование оценочного средства для текущего контроля	Наименование оценочного средства на промежуточной аттестации № задания
1	<p>УК-1</p> <p><b>Знать:</b> Для достижения УК-1.1. знать: существующие информационные ресурсы.</p> <p><b>Уметь:</b> Для достижения УК-1.1. уметь: формулировать информационный запрос в поисковых базах данных, составлять библиографические запросы.</p> <p>Для достижения УК-1.2. уметь: систематизировать и обобщать информацию; обрабатывать достаточные объемы информации, критично относиться к полученным источникам информации, анализировать и выделять наиболее значимые проблемы, аргументировать свои позиции, строить логически обоснованные выводы, вести диалог с оппонентами в рамках дебатов.</p> <p><b>Владеть:</b> Для достижения УК-1.1. владеть: навыками работы в электронных базах данных.</p> <p>Для достижения УК-1.2. владеть: навыками поиска и обработки</p>	<p>1. Представление об отдаленных последствиях радиационного воздействия.</p> <p>2. Соматические отдаленные эффекты радиационного воздействия.</p> <p>3. Генетические отдаленные эффекты радиационного воздействия.</p>	Устный опрос, реферат	Вопросы к экзамену №1-18

	специализированной литературы.			
2	<p><b>ПК-2</b> <b>Знать:</b> Для достижения ПК-2.1. знать: основные положения, термины и понятия радиационной биологии. Для достижения ПК-2.2. знать: физические и дозиметрические характеристики различных видов ионизирующих и неионизирующих излучений и особенности их взаимодействия с веществом; основные современные представления и гипотезы о механизмах биологического действия этих излучений; особенности методологии оценки биологического действия излучений низкого уровня на биологические системы.</p> <p><b>Уметь:</b> Для достижения ПК-2.3. уметь: самостоятельно овладевать знаниями и навыками их применения в профессиональной деятельности; демонстрировать базовые представления о биологическом действии низко интенсивных излучений на живые организмы, применять их на практике; критически анализировать полученную информацию и представлять результаты исследований.</p> <p><b>Владеть:</b> Для достижения ПК-2.3. владеть: способностью к поиску и реализации новых, эффективных форм</p>	<p>1. Представление об отдаленных последствиях радиационного воздействия. 2. Соматические отдаленные эффекты радиационного воздействия. 3. Генетические отдаленные эффекты радиационного воздействия.</p>	<p>Устный опрос, реферат</p>	<p>Вопросы к экзамену №1-18</p>

Фонд оценочных средств по дисциплине «Проблемы низких уровней воздействия в радиобиологии» по направлению подготовки 06.04.01 «Биология» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»			стр. 5
организации своей деятельности; способностью обобщать и критически оценивать результаты исследований, полученные отечественными и зарубежными учеными; способами планирования научных исследований и производственных задач.			

*Примечание: типовые задания, критерии и показатели оценивания в рамках текущего контроля представлены в рабочей программе дисциплины (модуля). Полные комплекты оценочных средств и контрольно-измерительных материалов хранятся на кафедре.*

### 3.2 Содержание оценочных средств

Оценочные средства промежуточной аттестации представлены перечнем вопросов для экзамена.

#### **Теоретические вопросы к экзамену «Проблемы низких уровней воздействия в радиобиологии»**

##### **1. Проблемы малых доз радиации.**

Начиная с 50-х годов прошлого века интерес исследователей все более смещался в сторону изучения эффектов малых доз ИИ. В начале 70-х годов прошлого столетия научные приоритеты стали концентрироваться на фундаментальных исследованиях механизмов биологического действия так называемых “малых доз ионизирующей радиации”, возможные эффекты которых получили название стохастических (вероятностных) отдалённых последствий действия радиации.

Неопределенность в отношении действия малых доз облучения обуславливает отрицательное отношение общественности к любым радиационным технологиям и давление на государство со стороны общественности, требующей снижения допустимых уровней радиационного воздействия.

Термин «малые дозы» и, соответственно, низкие уровни – довольно условные понятия. Поэтому, прежде всего, следует определить само понятие низкого уровня облучения (НУО) и затем решить, что можно считать влиянием НУО на здоровье.

По определению НКДАР ООН – наиболее компетентного международного научного органа – к малым дозам относятся накопленные дозы до 200 мЗв и к низкоинтенсивному излучению - мощность доз менее  $1 \cdot 10^{-4}$  Гр/мин.

##### **2. Ионизирующие излучения.**

Ионизирующие излучения (ИИ) - это потоки частиц и квантов электромагнитного излучения, прохождение которых через вещество приводит к ионизации и возбуждению его атомов или молекул. Источником ионизирующего излучения (ИИИ) может быть космический объект, земной объект, содержащий радиоактивное вещество (радионуклиды) или техническое устройство, испускающее или способное при определенных условиях испускать ионизирующее излучение.

По физической природе ионизирующие излучения делятся на корпускулярные и электромагнитные.

ИИ формируется в результате деятельности человека, в основном, за счет

источников ионизирующих излучений, используемых в медицине; в сельском хозяйстве; глобальных выпадений радионуклидов; стройматериалов; телевидения; авиации.

ИИИ могут быть внешними, когда источник, расположен вне тела человека. Источниками внешнего облучения являются космическое излучение и наземные источники. Источниками внутреннего облучения являются радионуклиды, находящиеся в организме человека. При попадании в организм некоторые радионуклиды включаются в метаболические процессы и накапливаются в тканях. По характеру распределения в организме радионуклиды условно делят на 4 группы:

1) сравнительно равномерно распределяющиеся (радиоизотопы цезия  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ; натрия  $^{24}\text{Na}$ , рубидия  $^{106}\text{Ru}$ , углерода  $^{14}\text{C}$ );

2) остеотропные (радиоизотопы стронция  $^{89}\text{Sr}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ; бария  $^{140}\text{Ba}$ , радия  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{224}\text{Ra}$ , кальция  $^{40}\text{Ca}$ , иттрия  $^{90}\text{Y}$ ,  $^{91}\text{Y}$  и некоторых РЗЭ);

3) накапливающиеся преимущественно в органах ретикулоэндотелиальной системы и скелете (это, в основном, изотопы элементов, способных к образованию гидролизированных форм, например,  $^{144}\text{Ce}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{227}\text{Ac}$ ,  $^{140}\text{La}$  и др.);

4) избирательно накапливающиеся в отдельных органах и тканях (радиоактивные

5) изотопы йода, в том числе  $^{131}\text{I}$  - в щитовидной железе.

### 3. Диапазоны доз ИИ и биологические эффекты.

Данные об определенных различных диапазонах доз облучения представлены международными организациями (на 2012 г.) и научными источниками представлены применительно к радиобиологии, радиоэпидемиологии и медицине.

Диапазоны доз:

а) Очень малые дозы — до 10 мГр;

б) Малые дозы — 10–100 мГр;

в) Средние дозы — 0,1–1 Гр;

г) Большие дозы — от 1 до 10 Гр включительно;

д) Очень большие дозы — свыше 10 Гр.

Для очень малых доз присущи эффекты на молекулярно-клеточном уровне, ; имеется только один доказанный вид стохастических эффектов; на уровне организма характерны не повреждающие, а стимулирующие эффекты.

Для области малых доз имеются индукция поврежден ий генома, стимуляция репарации ДНК, апоптоза и гиперрадиочувствительности. Границей для четкого выявления повреждений немощных эффектов радиации может быть назван порог 100 мГр

Для области средних доз доказаны и стохастические, и некоторые детерминированные – клеточные эффекты.

Для области больших доз все рассмотренные стохастические (раки и лейкозы) эффекты приобретают значительно высокую вероятность и большой процент случаев у облученных. Детерминированными являются острая и хроническая болезни, другие синдромы.

При очень больших дозах возникают процессы поражения синдромов, заканчивающиеся смертельным исходом. Необычным эффектом является парадоксальное снижение выхода раков по сравнению с меньшими дозами облучения.

### 4. Проблемы оценки эффектов малых доз облучения ИИ.

Какова опасность малых доз радиации? До сих пор нет однозначного ответа на этот вопрос. Критерием опасности облучения считают учащение случаев онкологических заболеваний и генетических нарушений по отношению к спонтанному уровню. Дополнительный рост числа таких недугов становится значимым в

экономическом плане. Возможный риск возникновения заболеваний не должен превышать риск их возникновения.

Существуют трудности в исследованиях оценки эффектов: отсутствие экспериментальных данных и эпидемиологических данных о стохастических эффектах на самом начальном участке дозовой кривой 0,1 Зв и ниже; необходимость получения огромного числа экспериментальных наблюдений на точке при использовании весьма адекватных, рутинных методов.

Оценка радиационных эффектов малых доз, по мнению НКДАР ООН, требует знания механизмов их развития. При этом воздействию ведущими рисками последствий для здоровья считаются канцерогенные и генетические эффекты. Радиация может вызывать апоптоз и влиять на контрольные точки клеточного цикла.

Не получено доказательств индуцирования наследственных эффектов у людей, но экспериментальные исследования показали, что радиация может вызывать наследственные эффекты. Мутации в половых клетках является основным механизмом развития наследственных эффектов.

Существуют ограниченные доказательства реализации немишеных эффектов (радиационно-индуцированной нестабильности генома, адаптивные ответы) *in vivo*.

Эффекты свидетеля (ЭС) *in vivo* наблюдаются при облучении малыми дозами, вероятно, отражают общую реакцию на стресс. Однако не установлено влияние на канцерогенез. Немишенные эффекты могут проявляться в изменениях митохондриальных функций.

При облучении малых доз может изменяться экспрессия генов, содержания белков, стволовых клеток.

## **5. Радиочувствительность организма. Стохастические и тканевые радиационные эффекты.**

Реакция организма на облучение в значительной степени зависит от продолжительности облучения. Поражающее действие ионизирующего излучения возрастает с увеличением дозы и несколько уменьшается, если облучение проводится многократными долями суммарной дозы. На выраженность биологических реакций может оказывать влияние величина дозы и распределение дозы во времени (мощность дозы и фракционирование).

Последствия облучения человека могут проявляться в двух вариантах – тканевые реакции (детерминированные эффекты) и стохастические.

Тканевые реакции (детерминированные соматические эффекты) на организменном уровне определяются двумя факторами: 1) радиочувствительностью тканей, органов и систем, непосредственно подвергающихся облучению; 2) поглощенной дозой излучения и ее распределением во времени. К ранним общим тканевым относится острый лучевой синдром (ОЛС) (острая лучевая болезнь) - представляет собой спектр реакций гемопоэтической, желудочно-кишечной, сердечно-сосудистой, центральной нервной систем на действие большой дозы острого облучения всего организма или его части. В зависимости от уровня радиационного воздействия выделяют костно-мозговую (диапазон доз 1-10 Гр), желудочно-кишечную (диапазон доз 10-20 Гр), токсемическую (диапазон доз 20-50 Гр) и церебральную (дозы выше 50 Гр) формы ОЛС.

Другим общим детерминированным эффектом является хронический лучевой синдром (ХЛС) (хроническая лучевая болезнь). Клинический синдром, возникающий у человека вследствие длительного воздействия радиации в дозах, превышающих пороговые значения

Стохастические (вероятностные) – вызванные ионизирующим излучением биологические эффекты, не имеющие дозового порога возникновения (т.е. реализация стохастических эффектов в соответствии с линейной, беспороговой моделью доза-

эффект теоретически возможна при сколь угодно малой дозе облучения), вероятность (риск) появления которых повышается с увеличением дозы, а тяжесть проявления не зависит от дозы. Возникают в результате мутагенного действия ионизирующего излучения, когда клетка под действием излучения не погибает, но в ней происходит повреждение генома

#### **6. Радиочувствительность на популяционном уровне.**

На популяционном уровне радиочувствительность зависит от следующих факторов:

1) Особенности генотипа. В Человеческой популяции 10-12 % людей отличаются повышенной радиочувствительностью. Связано это с наследственно сниженной способностью к ликвидации разрывов ДНК, а также снижением процессов репарации.

2) Физиологическое или патофизиологическое состояние организма.

3) Пол (более чувствительны мужчины).

4) Возраст (наименее чувствительные взрослые). Радиочувствительность тем выше, чем организм моложе.

#### **7. Эффекты облучения ИИ по отношению к зачатию.**

1) Предимплантационный период (до 6-9 секунд у женщины). В морфологическом смысле «все или ничего». При высоких дозах яйцеклетка гибнет, при малых дозах яйцеклетка не гибнет и развивается нормально.

2) Период органогенеза (до 60 суток). Возможна гибель внутриутробно или после рождения, пороки развития у выживших новорожденных. Эти эффекты носят детерминированный характер с порогом для человека 0.1 Гр.

3) Плодный период – гипоплазия плода. Может быть снижения умственного развития – это детерминированный эффект. Может быть развитие рака детей – индукция отдаленных последствий облучения.

В последние годы проводятся работы, которые придерживаются мнения (спорное), что малые дозы ИИ обладают существенным потенцирующим эффектом.

#### **8. Линейная беспороговая концепция.**

Концепция ЛБК была принята международной организацией НКДАР ООН в основном для обоснования принципов и методов регламентации малых доз облучения. Концепция ЛБК гласит, что не существует порога или предела, ниже которого перестают осуществляться эффекты, наблюдающиеся при больших дозах. Линейная беспороговая модель предполагает повышение риска рака или наследуемого заболевания в диапазоне малых доз облучения больше 0. Выше фонового уровня.

Существуют доказательства обоснования ЛБК и мнения оппонентов ЛБК.

В настоящее время в оценке эффектов облучения в малых дозах существуют три зрения: 1) отсутствие каких-либо особенностей этих эффектов; 2) повышенная опасность этих доз; 3) позитивное действие малых доз - радиационный гормезис.

Достоверно выявить эффекты ИИ в малых дозах можно выявить только при наблюдении за большой группой (когортой) людей в сравнении с полностью ей эквивалентной необлученной когортой.

#### **9. Радиобиологические эффекты малых доз: гормезис, адаптивный ответ, гиперрадиочувствительность, нестабильность генома радиационно-индуцированная (РИНСГ).**

Гормезис – обозначение инверсионной биологической реакции организма на малые дозы облучения. Данная теория предполагает наличие доз, оказывающих

благоприятное действие на состояние организма.

Адаптационный эффект – повышенная устойчивость клеток или тканей к радиации после первичной дозы или адаптации к радиационному воздействию, которая позволяет организму сохранять жизнеспособность, фертильность, функциональную активность тканей, органов, систем в условиях в условиях повторного облучения.

Гиперрадиочувствительность – повышение гибели клеток, понижение выживаемости клеток при облучении в дозах от 0,05 до 0,5 Гр. Снижаются защитные механизмы (антиоксидантная система, репарация ДНК, регуляция клеточного цикла...).

Нестабильность генома радиационно-индуцированная (РИНСГ) — возникновение *de novo* множественных генетических нарушений неклонального характера у 10-30 % потомков облучённых клеток, выживших после облучения. Радиационно-индуцированная нестабильность генома передаётся многим поколениям клеток, при этом генетические изменения, наблюдаемые в клетках дочерних поколений, отличаются от возникших в самой облучённой клетке

#### **10. Радиобиологические эффекты малых доз: эффект свидетеля, нестабильность генома, экспрессия генома.**

Эффект «свидетеля» (коммунальный или абскопальный эффект) — поражение клеток, находящихся вне зоны действия радиации, но контактирующих (любым образом) с облучаемыми клетками. «Эффект свидетеля» может быть обусловлен по крайней мере двумя механизмами: Межклеточными контактами («gap junction»), включающими Tr53-опосредуемый путь проведения сигнала повреждения.

Другой механизм, не обусловленный непосредственными межклеточными контактами, может быть связан с секрецией биологически активных факторов в культуральную среду и схож с действием цитокинов.

Генетическая нестабильность — изменение с высокой частотой локализации, структуры или числа копий генов (или их частей) в геноме в течение онтогенеза особей. Множественные фенотипы ее могут иметь различные проявления, такие, как дестабилизация хромосом, обмены сестринских хроматид и анеуплоидия, мутации и амплификация генов, клональная гетерогенность, отсроченная репродуктивная и апоптотическая гибель клетки (*delayed apoptosis*) либо неопластическая трансформация. Может привести к патологии, выражающейся в опухолеобразовании, накоплении мутаций или старении, к потере контроля, к повреждению потомков облученных клеток, дополнительной гибели клеток

Экспрессия генов — это процесс, в ходе которого наследственная информация от гена (последовательности нуклеотидов ДНК) преобразуется в функциональный продукт — РНК или белок. Экспрессия генов может регулироваться на всех стадиях процесса: и во время транскрипции, и во время трансляции, и на стадии посттрансляционных модификаций белков. Регуляция экспрессии генов позволяет клеткам контролировать собственную структуру и функцию и является основой дифференцировки клеток, морфогенеза и адаптации (нарушения в этих процессах могут приводить к онкотрансформации).

#### **11. Радиобиология неионизирующих излучений.**

Одно из направлений радиобиологии. Изучает биологическое действие электромагнитных излучений, преимущественно в диапазоне частот от 3 кГц ( $\times 10^3$ ) до 300 ГГц ( $\times 10^9$ , т.е. на один миллиард). Электромагнитное излучение, электромагнитные волны, возбуждаемые различными излучающими объектами, – заряженными частицами, атомами, молекулами, антеннами и пр. В зависимости от длины волны различают гамма-излучение, рентгеновское, ультрафиолетовое излучение, видимый свет, инфракрасное

излучение, радиоволны и низкочастотные электромагнитные колебания:

Название диапазона		Длины волн, $\lambda$	Частоты, $\nu$	Источники
<u>Радиоволны</u>	<u>Сверхдлинные</u>	<u>более 10 км</u>	<u>менее 30 кГц</u>	Атмосферные и магнитосферные явления. Радиосвязь
	<u>Длинные</u>	10 км — 1 км	30 кГц - 300 кГц	
	<u>Средние</u>	1 км — 100 м	300 кГц - 3 МГц	
	<u>Короткие</u>	100 м — 10 м	3 МГц - 30 МГц	
	<u>Ультракороткие</u>	10 м — 1 мм	30 МГц - 300 ГГц	
<u>Инфракрасное излучение</u>		<u>1 мм — 780 нм</u>	300 ГГц - 429 ТГц	Излучение молекул и атомов при тепловых и электрических воздействиях.
<u>Видимое излучение</u>		780—380 нм	429 ТГц - 750 ТГц	
<u>Ультрафиолетовое</u>		380 нм — 10 нм	$3 \cdot 10^{14}$ Гц - Гц	Излучение атомов под воздействием ускоренных электронов.
<u>Рентгеновские</u>		10 нм — 5 нм	$3 \cdot 10^{16}$ Гц - $10^{19}$ Гц	<i>Атомные процессы при воздействии ускоренных заряженных частиц.</i>
<u>Гамма</u>		менее 5 нм	более $6 \cdot 10^{19}$ Гц	<i>Ядерные и космические процессы, радиоактивный распад.</i>

К ионизирующим относятся фотоны электромагнитного излучения ( $\gamma$  - и рентгеновское излучение с длиной волны менее 10 нм) и корпускулярные излучения (ускоренные элементарные частицы и ядра различных элементов). К неионизирующим относят все остальные виды электромагнитного излучения.

В проблемах электромагнитной биологии выделилось три направления:

- биофизическое, занимающееся вопросами исследования взаимодействия биологических тканей с ЭМП;
- медико-биологическое, которое занимается изучением и нормированием воздействующего фактора на окружающую среду и человека;
- научно-техническое, целью которого является разработка методов и средств анализа в окружающей среде ЭМП и защиты от них в случае необходимости.

## 12. Неионизирующие излучения.

Электромагнитное излучение, электромагнитные волны, возбуждаемые различными излучающими объектами, – заряженными частицами, атомами, молекулами, антеннами и пр. В зависимости от длины волны различают гамма-излучение,

рентгеновское (ионизирующие излучения), ультрафиолетовое излучение, видимый свет, инфракрасное излучение, радиоволны и низкочастотные электромагнитные колебания (неионизирующие излучения).

По классификации ЭМП, предложенной Центром электромагнитной безопасности (ЦЭМБ), ЭМП по их происхождению можно разделить на две группы:

1) Естественные: космические источники радиоволн (Солнце и другие звезды),

ЭМП Земли, являются источником слабого ЭМП, процессы, происходящие в атмосфере Земли (молнии, колебания в ионосфере), живые организмы (в том числе человек). «Биополе» человека - все живые организмы обладают электрическими полями и, как следствие, магнитными полями сложной природы. Эти поля полностью пропадают со смертью. Таким образом, можно говорить о том, что биологические системы излучают электромагнитные волны.

2) Искусственные, техногенные: а) устройства, специально созданные для излучения электромагнитной энергии (радио и телевизионные вещательные станции, радиолокационные установки, физиотерапевтические приборы, системы радиосвязи и т.п.); б) устройства, не предназначенные для излучения электромагнитной энергии в пространство (линии электропередач (ЛЭП) и трансформаторные подстанции, бытовая и организационная техника и т.п.).

Каждый из видов неионизирующих излучений (ультрафиолетовое, видимое, инфракрасное, радиоволны) обладают определенными характеристиками и биологическим действием.

### **13. Тепловое действие неионизирующих электромагнитных излучений на биологические объекты.**

При тепловом (энергетическом) действии биологический эффект вызывает энергия ЭМИ, которая поглощается и утилизируется биологическим объектом. Величина ответной реакции пропорциональна энергии ЭМИ, поглощенной дозе и времени облучения. Тепловое действие для ЭМИ РЧ- и МКВ-диапазона начинается с величины ППЭ=1 Вт/м<sup>2</sup>, которые сопоставимы с энергетическим обменом организма животного и человека. Для возникновения биологического эффекта необходима энергия больше или соизмеримая с тепловой энергией броуновского движения молекул. Специфика при облучении ЭМИ – температура повышается не в окружающей среде или на поверхности тела, а внутри организма. В зависимости от электрических свойств тканей тепло распределяется неравномерно.

С увеличением интенсивности и времени электромагнитного облучения у живого организма повышается температура тела, увеличивается частота сердечных сокращений и дыхательных движений. В условиях многократного облучения наблюдается, по видимому, эффект тепловой адаптации, при небольших интервалах между воздействиями возможна функциональная кумуляция. Наблюдаемые биологические эффекты являются результатом поглощения электромагнитной энергии атомами, молекулами, клетками, тканями, органами и всем организмом и преобразования ее в другие формы энергии. Типичным примером является нагрев биоткани ЭМИ. Поглощенная энергия ЭМИ превращается в кинетическую энергию и вызывает «объемный» нагрев тканей с высоким (мышцы, кожа, внутренние органы) и низким (жировая, костная ткань) содержанием воды, а следовательно, с высоким и низким коэффициентом поглощения. Здесь в результате отражения возникают стоячие волны, которые и обуславливают локальный нагрев тканей. Органы и ткани, от которых плохо отводится тепло, или чувствительные к температуре (хрусталик) становятся «критическими».

Лечебный эффект может достигаться как за счет локального прогрева ткани (например, УВЧ- и СВЧ-терапия), так и при использовании ЭМИ низкой (нетепловой)

интенсивности.

Несмотря на существование множества гипотез о действии ЭМИ на молекулярном и клеточном уровнях организации живых систем, до сих пор нет целостной концепции, способной с единых позиций объяснить все многообразие эффектов ЭМИ.

#### **14. Нетепловое действие неионизирующих электромагнитных излучений на биологические объекты.**

Тепловой подход к безопасности ЭМИ не принимает в расчет нетепловых, информационных эффектов воздействия, обусловленных амплитудными характеристиками (импульсной плотностью потока мощности) и поляризационно-пространственной структурой ЭМИ. Следует отметить, что нетепловые эффекты воздействия ЭМИ на биологические объекты наиболее отчетливо проявляются при незначительном ( $<0,1^{\circ}\text{C}$ ) разогреве тканей процессе облучения. В целом, нетепловое действие ЭМИ, вызывает большое многообразие эффектов: взаимодействие частот электромагнитных излучений с "биоритмами" клеточных структур и систем, синхронизация ритмических (колебательных) процессов, резонансные явления, электрическая и магнитная поляризация и насыщение в сильных ЭМП.

Исследования многих отечественных и зарубежных коллективов убеждают в том, что любое электромагнитное воздействие влияет на биологические системы.

Такое специфическое действие может быть обусловлено следующими механизмами:

- резонансным эффектом в облучаемом объекте, наиболее выраженным в миллиметровом диапазоне.
- синхронизацией колебательных процессов молекул ("осцилляторов"), облучаемого объекта в воздействующем электромагнитном поле.
- избирательным действием микроволн на биологические мембраны нервных и других клеток, влиянием на процессы комплексообразования и активности ферментов, а также на изолированные фосфолипидные мембраны.

Нетепловая концепция – организм воспринимает ЭМИ низких интенсивностей также, как другие внешние факторы (освещенность, температура, барометрическое давление и т.п.). Сигнальное действие – проявляется на уровне целостного организма. У человека может проявляться в субъективных ощущениях, галлюцинации.

#### **15. Механизмы действия неионизирующих электромагнитных излучений на биологические объекты.**

Во всем диапазоне частот ЭМИ главным образом рассматривают три матричные структуры.

1. Вода.
2. ДНК.
3. Мембраны.

**ВОДА.** Не секрет ключевая роль воды в обеспечении всех биохимических процессов в живом организме. Так, в последнее десятилетие особо интенсивно дискутируется роль воды в качестве среды передачи информации в живом организме. Центральное место в данном вопросе занимает представление о существовании водных надмолекулярных образований (кластеров), способных реагировать на малейшие изменения внешних факторов, в том числе электромагнитной природы.

**МЕМБРАНЫ.** Предполагается, что мембрана может представлять собой диэлектрический резонатор. Сложная, многокомпонентная и динамическая структура клеточной мембраны состоит из элементарных автогенераторов (осцилляторов), которые имеют собственную частоту колебаний. При синхронизации внешнее поле ЭМИ

изменяет спектральные характеристики этих осцилляторов. Установившиеся синхронные (синфазные) колебания способны вызывать конформационные перестройки клеточных структур. Вследствие этого изменяется проницаемость мембран, происходит запуск регуляторных систем организма.

ДНК. При взаимодействии излучений с клеточными компонентами повреждение ДНК представляет наиболее критическое для клетки и организма событие. По-видимому, большое значение имеют механизмы безошибочной репарации (эксцизионная репарация оснований и нуклеотидов, репарации двунитевых разрывов ДНК по механизму гомологичной рекомбинации), а также изменение экспрессии некоторых специфических генов. В экспериментах *in vitro* экспериментально зафиксировано пагубное влияние ЭМИ СВЧ-диапазона на ядерный материал клетки: установлено изменение третичной структуры ДНК, отмечено увеличение одонитевых и двунитевых разрывов ДНК, субпороговые значения ЭМИ снижают вероятность апоптоза в некоторых нормальных и опухолевых клетках.

#### **16. Биологические эффекты неионизирующих ЭМИ на молекулярном и клеточном уровне организации биологических систем**

Многие исследования показали, что ЭМИ РЧ и СНЧ ЭМИ приводят к повышению частоты разрывов нити ДНК и повышению частоты хромосомных aberrаций. Такие эффекты были выявлены с использованием клеточных линий, клеток крови человека, животных и у людей, подвергшихся воздействию ЭМИ. Согласно эпидемиологическим исследованиям эти эффекты могут обуславливать повышение частоты рака, выкидышей и заболеваний репродуктивной системы у людей.

Агенты, оказывающие влияние на пролиферацию и дифференцировку, могут лежать в основе патогенетических механизмов ряда патологических процессов: канцерогенеза (за счет возможного влияния на стадии промоции или прогрессии), тератогенеза (за счет нарушения созревания и дифференцировки клеток во время эмбриогенеза), иммунных нарушений (вследствие изменения индуцированной антигеном пролиферации иммунокомпетентных клеток) и др.

Имеются в литературе сведения о влиянии ЭМИ на пролиферацию и созревание клеток, что носит противоречивый характер, но не позволяют с полной уверенностью исключить возможное влияние. Апоптоз или программируемая клеточная гибель может быть результатом действия ЭМИ, играет основную роль в развитии и гомеостазе многоклеточных организмов. Морфологическими признаками этого активного процесса являются изменения клеточной мембраны, распад клеточного ядра, уплотнение хроматина и фрагментация ДНК. Клетки, подвергшиеся апоптозу, распознаются макрофагами и другими фагоцитирующими клетками и быстро элиминируются. В дискуссии о возможных биологических механизмах действия СНЧ ЭМП или ЭМП РЧ была сформулирована гипотеза, в соответствии с которой в основе выявленных эффектов лежит изменение синтеза и продукции мелатонина.

Анализ литературных данных показывает, что ЭМП РЧ оказывают влияние на экспрессию генов в различных клеточных системах, и вопрос о физиологической роли этих изменений остается открытым. СНЧ ЭМП обладает генотоксическим действием при воздействии на первичные культуры фибробластов человека и другие клеточные линии. ЭМП СНЧ индуцирует разрывы нити ДНК при воздействии с уровнями 35 мкТл. Была выявлена высокодостоверная положительная корреляция между уровнем одонитевых и двунитевых повреждений ДНК с интенсивностью и длительностью

воздействия. Различные линии клеток обладают разной чувствительностью к воздействию ЭМИ.

### **17. Влияние неионизирующих ЭМИ на иммунную систему.**

Электромагнитная экология — это раздел экологии, изучающий взаимодействие человека и окружающей среды с электромагнитными полями. Чувствительные системы организма человека: нервная; иммунная; эндокринная; половая. При многократном воздействии ЭМП эти системы организма являются критическими.

Влияние электромагнитных излучений ЭМИ разных частот на иммунную систему животных и человека является предметом многочисленных исследований. Накопленный к настоящему времени фактический материал свидетельствует о том, что в зависимости от параметров электромагнитного излучения, условий облучения, состояния и свойств облучаемого объекта микроволновые излучения способны оказывать как стимулирующее, так и угнетающее действие на биологические системы.

Имеющиеся результаты оценки состояния иммунной системы у подвергшихся воздействию людей и экспериментальных исследований реакции иммунных клеток человека *in vitro* носят противоречивый характер, что связано, с одной стороны, с различиями выбранных объектов исследования, а с другой стороны, с различиями в условиях экспериментальных воздействий.

При длительном воздействии тепловых уровней воздействия ЭМП РЧ регистрируются различного уровня выраженности снижение иммунологических показателей, несмотря на возможное повышение активности некоторых иммунологических параметров в начальные сроки воздействия.

Для нетепловых воздействий электромагнитного излучения на животных характерно отсутствие линейных зависимостей доза – эффект. Одновременно с этим возможна индукция разнонаправленных изменений в различных функциональных системах организма. Сказанное справедливо и в отношении данных о влиянии низкоинтенсивных ЭМП РЧ на иммунную систему.

Характерные отклонения влияние ЭМП на иммунную систему: возникновение иммунодефицита по тимус - зависимой клеточной популяции лимфоцитов; нарушение процессов иммуногенеза; отягощение инфекционного процесса; изменение антигенной структуры тканей; усиление образования антител по отношению к тканям плода.

Воздействие электромагнитных полей в миллиметровом диапазоне может быть, как патогенным, так и лечебным. Это зависит от частоты и амплитуды внешнего сигнала.

### **18. Влияние неионизирующих ЭМИ на нервную систему.**

Электромагнитная экология — это раздел экологии, изучающий взаимодействие человека и окружающей среды с электромагнитными полями. Чувствительные системы организма человека: нервная; иммунная; эндокринная; половая. При многократном воздействии ЭМП эти системы организма являются критическими.

Чувствительные системы организма человека: нервная; иммунная; эндокринная; половая. При многократном воздействии ЭМИ эти системы организма являются критическими.

Нервная система - одна из наиболее чувствительных систем к воздействию ЭМИ на уровне молекул ДНК. Характерные отклонения, которые могут быть осуществлены при действии ЭМИ: изменение высшей нервной деятельности; ослабление памяти; развитие стрессовых реакций; развитие неврастенического и астенического синдрома (сла-

бость, раздражительность, быстрая утомляемость, нарушение сна, внутренняя напряжённость, суетливость); зрительное утомление.

Реакции на действие ЭМИ зависят не только от уровней воздействия ЭМИ, но и от состояния биологических объектов. В частности, важным является возраст лиц.

Воздействие электромагнитных полей в миллиметровом диапазоне может быть, как патогенным, так и лечебным. Это зависит от частоты и амплитуды внешнего сигнала.

#### **4. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

##### **4.1. Порядок проведения промежуточной аттестации**

В рамках **текущего контроля** в течение семестра для оценки знаний, умений, навыков, получаемых в ходе изучения дисциплины, учитываются ответы на устные вопросы.

Критерием успешности освоения учебного материала **по окончании учебного семестра** (промежуточная аттестация) является экспертная оценка преподавателя, учитывающая: текущую успеваемость в течение семестра (устный опрос, реферат). Кроме того, экспертная оценка преподавателя может основываться на регулярности посещения обязательных учебных занятий, успешности выполнения установленных на данный семестр объёмов рабочей программы.

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса.

##### **4.2. Критерии оценивания промежуточной аттестации по видам оценочных средств**

###### **4.2.1. Критерии оценивания теоретического вопроса**

###### **Неудовлетворительно:**

Полнота ответа – Студент не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, отсутствуют межпредметные связи.

Структурированность – Нет.

Логика изложения – Отсутствует логика в изложении материала.

Ответы на дополнительные вопросы – Нет.

###### **Удовлетворительно:**

Полнота ответа – Студент усвоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, не достаточно правильные формулировки, ответ отличается низким уровнем самостоятельности.

Структурированность – Не всегда прослеживается четкость и структурированность.

Логика изложения – Не всегда прослеживается логика изложения материала.

Ответы на дополнительные вопросы – Затрудняется с ответами, ответ отличается низкой самостоятельностью.

###### **Хорошо:**

Полнота ответа – Студент твердо знает учебно-программный материал, грамотно и по существу излагает его; ответ отличается меньшей обстоятельностью.

Структурированность – Ответ структурирован, грамотен, обстоятелен.

Логика изложения – Корректно и логически стройно его излагает ответ.  
Ответы на дополнительные вопросы – Не затрудняется с ответом при видоизменении задания, не всегда ответы на дополнительные вопросы отличаются полнотой, структурированностью.

**Отлично:**

Полнота ответа – Студент полно излагает учебный материал на основе лекций и дополнительной литературы, осуществляет межпредметные связи; владеет понятийным аппаратом и уяснил взаимосвязь основных понятий дисциплины и их значение для приобретения профессии.

Структурированность – Ответ структурирован, грамотен, обстоятелен.

Логика изложения – Корректно и логически стройно его излагает ответ.  
Ответы на дополнительные вопросы – Не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с поставленными задачами, ответы на дополнительные вопросы характеризуются полнотой, структурированностью.

**4.3. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций**

При подведении итогов учитываются результаты текущей аттестации.

Особенности проведения процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья обозначены в рабочей программе дисциплины (модуля).

«1 уровень» - ознакомление (иметь общее представление, узнавать);

«2 уровень» - понимание учебного материала, излагаемого в учебнике, методической разработке или преподавателем;

«3 уровень» - умение логично, последовательно, достаточно полно и точно излагать изученный материал;

«4 уровень» - творчески использовать полученные знания.

Для удовлетворительной (положительной) оценки знаний требуется минимум 3-й уровень усвоения учебного материала.

**Результаты промежуточной аттестации**

**Отлично**

Студент глубоко и полно владеет содержанием учебно-программного материала; исчерпывающе, последовательно, корректно и логически стройно его излагает. не затрудняясь с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с поставленными задачами, показывает знания монографического материала. правильно обосновывает принятие решения; владеет навыками и приемами выполнения практических работ; обнаруживает умение самостоятельно ставить задачи, обобщать и излагать материал, формулировать выводы; при изложении материала осуществляет межпредметные связи; владеет понятийным аппаратом и уяснил взаимосвязь основных понятий дисциплины и их значение для приобретения профессии.

**Хорошо**

Студент твердо знает учебно-программный материал, грамотно и по существу излагает его; ответ отличается меньшей обстоятельностью, глубиной и полнотой; в ответе на вопрос не допускает существенных неточностей; может правильно применить теоретические положения и владеет необходимыми навыками при выполнении практических задач.

**Удовлетворительно**

Студент усвоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, не достаточно правильные формулировки, нарушает последовательность в изложении материала и испытывает затруднения в выполнении практических заданий. Ответ отличается низким уровнем самостоятельности.

**Неудовлетворительно**

Студент не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, отсутствует логика в изложении материала, с большими затруднениями выполняет практические задания, отсутствуют межпредметные связи

