

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 17.09.2025 11:02:17
Уникальный программный ключ:
04c19ed8bfb98f3b6cb77a486b9a8788b8322523



МИНОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)	Фонд оценочных средств по дисциплине «Основы фотобиологии» по направлению подготовки 06.03.01 «Биология» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»	стр. 1
--	---	--------

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

Основы фотобиологии

Направление подготовки (специальность)
06.03.01 Биология

Направленность (профиль)
Биофизика

Присваиваемая квалификация
Бакалавр

Форма обучения
очная

Год (ы) набора: 2023

Челябинск, 2025 г.

1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Направление подготовки: **06.03.01 Биология**

Направленность (профили): Биофизика

Дисциплина: **Основы фотобиологии**

Семестры изучения: 7

Форма промежуточной аттестации: зачет

2. ПЕРЕЧЕНЬ ФОРМИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

2.1. Компетенции, закреплённые за дисциплиной

Изучение дисциплины «**Основы фотобиологии**» 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 поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1. Выполняет поиск информации, определяет критерии системного анализа поставленных задач. УК-1.2. Использует критический анализ, систематизацию и обобщение информации для решения поставленных задач.	Знать: Для достижения УК-1.1. знать: особенности работы с периодическими изданиями (журналами, сборниками) по радиобиологии. Уметь: Для достижения УК-1.1. уметь: работать с информационными программами в сети Интернет, получать знания о современных представлениях и гипотезах о механизмах биологического действия излучений, основных последствиях действия излучений на клетку и организм. Владеть: Для достижения УК-1.2. владеть: выполнением экспериментальных исследований по оценке биологического действия неионизирующих излучений.
ПК-2	Способен применять знания по биофизике для решения задач медицинской, ветеринарной биофизики, радиобиологии и генетики	ПК-2.1. Применяет базовые представления о фундаментальных основах биофизики, современных математических методах	Знать: Для достижения ПК-2.1. знать: основные методы дозиметрии неионизирующих излучений, механизмы и мишени биологического действия неионизирующих излучений. Уметь:

		моделирования биологических процессов.	Для достижения ПК-2.1. уметь: пользоваться инструкциями к лабораторным приборам, протоколами методик, применять базовые знания по данной дисциплине на практике. Владеть: Для достижения ПК-2.1. владеть: навыками планирования научно-исследовательских работ в области фотобиологии.
--	--	--	---

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	УК-1 Знать: Для достижения УК-1.1. знать: особенности работы с периодическими изданиями (журналами, сборниками) по радиобиологии. Уметь: Для достижения УК-1.1. уметь: работать с информационными программами в сети Интернет, получать знания о современных представлениях и гипотезах о механизмах биологического действия излучений, основных последствиях действия излучений на клетку и организм. Владеть: Для достижения УК-1.2. владеть: выполнением экспериментальных исследований по оценке биологического действия неионизирующих излучений.	1. Введение в дисциплину. 2. Характеристика неионизирующих излучений. 3. Механизмы и мишени биологического действия неионизирующих излучений. 4. Биологические эффекты неионизирующих излучений. 5. Основы безопасности неионизирующих излучений.	Устный опрос, рефераты	Вопросы к зачету № 1-22

2	<p>ПК-2 Знать: Для достижения ПК-2.1. знать: основные методы дозиметрии неионизирующих излучений, механизмы и мишени биологического действия неионизирующих излучений.</p> <p>Уметь: Для достижения ПК-2.1. уметь: пользоваться инструкциями к лабораторным приборам, протоколами методик, применять базовые знания по данной дисциплине на практике.</p> <p>Владеть: Для достижения ПК-2.1. владеть: навыками планирования научно-исследовательских работ в области фотобиологии.</p>	<p>1. Механизмы и мишени биологического действия неионизирующих излучений.</p> <p>2. Биологические эффекты неионизирующих излучений.</p> <p>3. Основы безопасности неионизирующих излучений.</p>	Устный опрос, рефераты	Вопросы к зачету № 2-22
---	--	--	------------------------	-------------------------

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 зачета.

3.2.1 Теоретические вопросы к зачету

1. Фотобиология. Задачи. История развития.

Ответ: Фотобиология - раздел биологии, изучающий процессы, протекающие в биологических объектах под действием светового (оптического) излучения. Фотобиологической активностью обладает свет в видимом, ультрафиолетовом и инфракрасном диапазонах. Фотобиологические процессы широко распространены в живой природе. Среди них можно выделить процессы, связанные с накоплением солнечной энергии в синтезируемых соединениях,- фотосинтез; регуляторные и информационные реакции, протекающие в организмах под действием света, - зрение , фототаксис и фототропизм, фотостимуляция роста и развития, синтеза витаминов, пигментов и гормонов; различного рода деструктивные процессы, протекающие в организмах при их облучении светом и др. Важным является исследования биологического действия электромагнитных излучений радиочастотного диапазона. Задачами фотобиологии является познания о закономерностях и механизмах действия указанных факторов на биологические системы.

Радиобиология — это самостоятельная комплексная, фундаментальная наука, состоящая из многих научных направлений, изучающая действие ионизирующих и неионизирующих излучений на биологические объекты.

Радиобиология неионизирующих излучений - одно из направлений радиобиологии. К ионизирующим относятся фотоны электромагнитного излучения (γ - и рентгеновское излучение с длиной волны менее 10 нм) и корпускулярные излучения (ускоренные элементарные частицы и ядра различных элементов). Термин, «ионизирующие» выбран для этой разнообразной по природе группы излучений для того, чтобы подчеркнуть наиболее характерное их свойство — способность непосредственно или косвенно вызывать ионизацию атомов в веществе-поглотителе (таблица).

К неионизирующим относят все остальные виды электромагнитного излучения - радиоволны, инфракрасное излучение, видимое излучение (свет), ультрафиолетовое излучение. Неионизирующие излучения - это электромагнитные излучения различной частоты, не вызывающие ионизацию атомов и молекул вещества. Радиобиология неионизирующих излучений 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). В области постоянных и низкочастотных электромагнитных полей используют также термин магнитобиология. Электромагнитные поля и излучения, как фактор производственной среды, могут оказывать неблагоприятное влияние на организм человека (животных), способствуют развитию общих, производственно обусловленных, профессиональных заболеваний, а также положительное влияние, например, в медицине. В сельском хозяйстве и на любые природные растения.

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.

Основы фотобиологии были заложены достаточно давно. Примеры: ультрафиолетовое излучение было открыто немецким ученым Риттером в 1801 г.; длины волн, соответствующие различным цветам видимого излучения были впервые представлены в 1801 г. в Бэкервской лекции Томасом Юнгом; Инфракрасное излучение было открыто в 1800 г. английским учёным сэром Вильямом Гершелем; электромагнитные волны были предсказаны теоретически английским физиком Джеймсом Кларком Максвеллом впервые в 1862 г. и др.;

2. Две формы существования материи.

Ответ: Неотъемлемое свойство материи - движение. Без движения нет материи и наоборот. Движение материи - любые изменения, происходящие с материальными объектами в результате их взаимодействий. Материя не существует в бесформенном состоянии - из нее образуется сложная иерархическая система материальных объектов различных масштабов и сложности.

На современном уровне развития науки известны два основных вида существования материи: вещество и поле.

К веществу относятся формы материи, состоящие из элементарных частиц (протонов, электронов, нейтронов и др.), из которых состоят атомы и молекулы, и, в конечном счёте, все окружающие тела. Вещество - основной вид материи, обладающей массой. В химии вещества подразделяются на простые (с атомами одного химического элемента) и сложные - химические соединения. Свойства вещества зависят от внешних условий и

интенсивности взаимодействия составляющих его атомов и молекул, что и обуславливает различные агрегатные состояния вещества: твердое, жидкое и газообразное. Переход вещества из одного состояния в другое можно рассматривать как один из видов движения материи. Веществу свойственно наличие массы покоя.

Поле - это форма существования материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между частицами вещества или телами. Полю свойственны непрерывность в пространстве и отсутствие массы покоя. Поле и вещество неразрывно связаны между собой и образуют структурное единство нашего мира.

К физическим полям относятся электромагнитное и гравитационное, поле ядерных сил, а также волновые (квантовые) поля, соответствующие различным частицам (например, электрон-позитронное поле). Источником физических полей являются частицы (например, для электромагнитного поля - заряженные частицы). Созданные частицами физические поля переносят с конечной скоростью взаимодействие между ними. В квантовой теории взаимодействие обуславливается обменом квантами поля между частицами.

3. ЭМИ и основные его физические характеристики.

Ответ: Физические причины существования электромагнитного поля связаны с тем, что изменяющееся во времени электрическое поле порождает магнитное поле, а изменяющееся магнитное – вихревое электрическое поле: обе компоненты, непрерывно изменяясь, возбуждают друг друга. ЭМП неподвижных или равномерно движущихся заряженных частиц неразрывно связано с этими частицами.

При ускоренном движении заряженных частиц ЭМП “отрывается” от них и существует независимо в форме электромагнитных волн, не исчезая с устранением источника. Пример : ЭМИ погасших звезд.

Среди электромагнитных полей, порожденных электрическими зарядами и их движением, принято относить к излучению ту часть переменных электромагнитных полей, которая способна распространяться наиболее далеко от своих источников — движущихся зарядов, затухая наиболее медленно с расстоянием.

Электромагнитные волны подразделяются на:

- радиоволны (начиная со сверхдлинных),
- инфракрасное излучение,
- видимый свет,
- ультрафиолетовое излучение,
- *рентгеновское излучение и гамма-излучение (ионизирующие излучения)*

Электромагнитное излучение способно распространяться практически во всех средах. В вакууме (пространстве, свободном от вещества и тел, поглощающих или испускающих электромагнитные волны) электромагнитное излучение распространяется без затуханий на сколь угодно большие расстояния, но в ряде случаев достаточно хорошо распространяется и в пространстве, заполненном веществом (несколько изменяя при этом свое поведение).

Основными характеристиками электромагнитного излучения принято считать частоту, длину волны и поляризацию. Длина волны прямо связана с частотой через (групповую) скорость распространения излучения. Скорость распространения электромагнитного излучения в вакууме равна скорости света. В других средах эта скорость меньше.

Волновые свойства:

c - скорость распространения ЭМИ в пространстве (300 000 км/сек.);

f - частота колебания поля (частота колебаний говорит о переменном характере распространяющегося в пространстве ЭМИ – она различна. Измеряется в герцах – Гц. 1 Гц = 1 колебание в секунду. 1 КГц = 1000, 1 МГц = 1 млн., 1 ГГц = 1 млрд.;

λ - длина волны.

Длина волны – производная от c и f . Рассчитывается по формуле:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Измеряется в км, м, см, мм, мкм. Конкретное расстояние между ближайшими точками электромагнитного излучения, колебания которых происходят в одной фазе.

Поляризация – одна из основных волновых атрибутов. Описывает поперечную анизотропию электромагнитных волн. Направление вектора напряженности электрического поля определяет тип поляризации волны. Если колебания вектора происходят в одной плоскости, такая волна называется плоскополяризованной или линейнополяризованной. Плоскость, проходящая через вектор и направление распространения волны, называется плоскостью колебаний. Если конец вектора в плоскости, перпендикулярной к направлению распространения волны, описывает эллипс или окружность, то свет соответственно называется эллиптически поляризованным или поляризованным по кругу. Если конец вектора в плоскости, перпендикулярной к направлению распространения волны, совершает беспорядочные колебания, то есть плоскость колебаний постоянно и беспорядочно меняется, то свет называется естественным или неполяризованным. Поляризация ЭМИ влияет на биологические эффекты.

4. Постоянное и переменное электрическое поле. Характеристики. Особенности взаимодействия с организмом.

Ответ: Электрическим полем называют вид материи, посредством которой происходит взаимодействие электрических зарядов.

Свойства электрического поля:

- порождается электрическим зарядом;
- обнаруживается по действию на заряд;
- действует на заряды с некоторой силой.

Различают постоянный и переменный ток.

Поле, создаваемое неподвижным электрическим зарядом, называется электростатическим или постоянным электрическим полем. Его напряженности в любой точке этого поля всегда остаются постоянными до тех пор, пока существует заряд его образующий. Постоянный ток — ток, направление и величина (сила тока) которого не меняется течением времени.

Переменный ток — ток, направление и величина которого меняется во времени. Среди переменных токов основным является ток, величина которого изменяется по синусоидальному закону.

Действие на организм человека электромагнитных полей определяется частотой излучения (длиной волны), его интенсивностью, продолжительностью и характером действия, индивидуальными особенностями организма. ЭМП оказывают на организм человека тепловое и биологическое воздействие. Переменное электрическое поле вызывает нагрев диэлектриков (хрящей, сухожилий и др.) за счет токов проводимости и за счет переменной поляризации. Выделение теплоты может приводить к перегреванию, особенно тех тканей и органов, которые недостаточно хорошо снабжены кровеносными сосудами (хрусталик глаза, желчный пузырь, мочевого пузыря). Наиболее чувствительны к биологическому воздействию радиоволн центральная нервная и сердечно-сосудистая системы. При длительном действии радиоволн не слишком большой интенсивности (порядка 10 Вт/м²) появляются головные боли, быстрая утомляемость, изменение давления и пульса, нервно-психические расстройства. Может наблюдаться похудение, выпадение волос, изменение в составе крови, ослабление иммунологических реакций.

Воздействие СВЧ - излучения интенсивностью более 100 Вт/м² может привести к потемнению хрусталика глаза (катаракта) и потере зрения, тот же результат может дать длительное облучение умеренной интенсивности (порядка 10 Вт/м²), при этом возможно нарушений со стороны эндокринной системы, изменения углеводородного и жирового обмена, сопровождающееся похудением, повышением возбудимости, изменением ритма сердечной деятельности, изменения в крови (уменьшение количества лейкоцитов).

5. Магнитное поле. Характеристики. Особенности взаимодействия с организмом.

Ответ: Магнитное поле — поле, действующее на движущиеся электрические заряды и на тела, обладающие магнитным моментом, независимо от состояния их движения; магнитная составляющая электромагнитного поля. Магнитное поле может создаваться током заряженных частиц и/или магнитными моментами электронов в атомах (и магнитными моментами других частиц, что обычно проявляется в существенно меньшей степени) (постоянные магниты). Кроме этого, оно возникает в результате изменения во времени электрического поля. Основной количественной характеристикой магнитного поля является вектор магнитной индукции. Для характеристики величины электрического поля используется понятие напряженности электрического поля (Е - единица измерения В/м (Вольт на метр)). Величина магнитного поля характеризуется напряженностью магнитного поля (Н - единица измерения А/м (Ампер на метр)).

При измерении сверхнизких и крайне низких частот часто также используется понятие магнитная индукция (В - единица измерения Тл (Тесла), одна миллионная часть Тл соответствует 1,25 А/м).

Магнитное поле не воспринимается человеческими органами, и может фиксироваться только особыми приборами и датчиками. Оно бывает переменного и постоянного вида. Переменное поле обычно создается специальными индукторами, которые функционируют от переменного тока. Постоянное поле формируется неизменным электрическим полем.

У человека при кратковременном его пребывании в немагнитной (гипомагнитной) среде немедленно изменяется реакция центральной нервной системы.

Слабые магнитные поля - техногенного и естественного происхождения - оказывают влияние на циркадные ритмы и физиологические функции человека, что в итоге сказывается на общем состоянии. В природных условиях человек подвержен лишь естественным электромагнитным полям, на которые он настроился на протяжении всего процесса эволюции на планете Земля. Когда же в этот процесс взаимодействия вмешиваются искусственные источники магнитных, электрических и электромагнитных полей, то происходит нарушение синхронизации. В среднем магнитное поле Земли изменяется с частотой в среднем 8 Гц, хотя это значение может значительно колебаться. Наш организм уже настроен на то, чтобы воспринимать эту частоту и считает её естественным фоном. Наши клетки являются чувствительными к данной частоте воздействия магнитного поля.

Различные научные исследования показали, что низкочастотное (2 — 8 Гц) электромагнитное поле воздействует на скорость реакции человека на оптический сигнал. Магнитное поле в диапазоне 5 — 10 Гц изменяет время реакции мозга человека на многие другие внешние воздействия.

6. Диапазоны электромагнитных излучений и их биологическое значение.

Ответ: Электромагнитное поле – это особая форма материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между электрическими заряженными частицами.

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. ЭМИ разделено на виды по характеристикам длины и частоты. Длина волн колеблется в таких диапазонах:

1. Радиоволны (от 0,1 мм до 10 км и более) делятся на короткие, ультракороткие, средние, длинные и сверхдлинные. Ультракороткие радиоволны относятся к сверхвысокочастотным (СВЧ) волнам.
2. Инфракрасные лучи (от 1 мм до 780 нм).
3. Ультрафиолетовые лучи (от 380 нм до 10 нм).
4. Видимый свет (от 780 нм до 380 нм).
5. Рентген-излучение (от 10 нм до 5 пм).
6. Гамма-лучи (до 5 пм).

Границы по частотам или длинам волн в вакууме между различными видами электромагнитного излучения весьма условны — последовательные участки шкалы непрерывно переходят друг в друга. Электромагнитные излучения, частоты которых отличаются на много порядков (например, радиоволны и рентгеновское излучение), имеют качественно различные свойства.

С гигиенической точки зрения ЭМИ не являются чуждым организму фактором. Современный человек живет в окружении огромного количества объектов, которые являются источниками электромагнитного излучения. Электромагнитные поля (ЭМП) являются неотъемлемой частью среды обитания человека в современном мире. По степени взаимодействия с человеком их можно разделить на поля естественного происхождения (ЭМП Земли, «биополе» организмов, атмосферное электричество, радиоизлучение Солнца, Галактик) и искусственные поля антропогенного происхождения, как результат деятельности человека.

Биологические эффекты ЭМИ естественного происхождения - ультрафиолетовое, видимое, инфракрасное излучения, достаточно широко изучены (в литературе приведено описание положительного и повреждающего воздействия этих видов излучений на биологические объекты). Фотобиологические процессы можно разделить на две группы, соответствующие двум направлениям. Первая группа объединяет фотобиологические процессы, которые имеют приспособительный характер. Наиболее известны из них фотосинтез, наблюдаемый у зеленых растений, водорослей и бактерий, т. к. процессы жизнедеятельности других организмов осуществляются за счет энергии, накапливаемой фотосинтезирующими организмами. К этой же группе фотобиологических процессов относится зрение, фототаксис и фототропизм, фотопериодизм, регуляция растениям роста, формообразования, периодичности ритма. Малоисследованные, но важные явления, как фотостимуляция и фоторегуляция роста, развития на разных уровнях организации биол. объектов (клетки, ткани, организм). Вторая группа фотобиол. процессов включает процессы, приводящие к повреждению структур, нарушению их функций. Выбросы солнечного вещества приводят к называемым магнитными бурями. Особенностью магнитных бурь является их одновременность и всеобщность для всей поверхности Земного шара, а также сложная внутренняя частотная структура. Магнитные бури вызывают целый комплекс изменений в параметрах окружающей среды, вплоть до изменения атмосферной циркуляции. Комплекс этих факторов в определенных пределах совершенно необходим для поддержания нормальной жизнедеятельности организма, хотя может оказывать ухудшение состояния организмов.

Искусственные поля антропогенного происхождения. Многие исследования показали, что ЭМИ РЧ и СНЧ ЭМИ приводят к положительным и отрицательным эффектам в биологических системах. Согласно эпидемиологическим исследованиям эти эффекты могут обуславливать повышение частоты злокачественных заболеваний. Наиболее

чувствительна к воздействию ЭМИ нервная система. Практически все диапазоны ЭМИ оказывают дезактивирующее влияние на электрические процессы в коре и подкорковых образованиях головного мозга. При воздействии ЭМИ могут появляться изменения в иммунных и адаптационных системах, снижается фагоцитарная активность нейтрофилов и повышается бактерицидная активность крови. Отмечены гонадо- и эмбриотропное действие ЭМИ. Система кровообращения отвечает на воздействие ЭМИ фазовыми реакциями тонуса сосудов (повышение и понижение артериального давления) и сердечного ритма. Наблюдаемые эффекты можно рассматривать не только как результаты непосредственного действия ЭМИ на систему кровообращения, но и как результат нарушения ее регуляции.

Часть ЭМИ оказывает положительное воздействие на биоту. Например, используются приборы в медицине для лечения людей, в сельском хозяйстве для стимуляции развития животных и растений.

7. Источники ЭМИ неионизирующих излучений (естественные, и антропогенные).

Ответ: 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). Являясь постоянно действующим экологическим фактором, эти поля во многом определяют эволюционные процессы биосферы Земли, в том числе и человека. Каждый из видов неионизирующих излучений (ультрафиолетовое, видовое, инфракрасное, радиоволны) обладают определенными характеристиками и биологическим действием.

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.

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.).

Примеры. К искусственным источникам электромагнитных излучений относятся индукторы, конденсаторы, антенны, линии электропередачи, радиопередающие устройства и т.п. Искусственные источники бывают точечные и линейные. К точечным относятся антенны, электрооборудование и т.п. К линейным - высоковольтные линии электропередачи промышленной частоты с напряжением линии 330-350 кВ и выше, а также линии постоянного тока с напряжением 1000 кВ и выше. Токи промышленной частоты являются сильными источниками электромагнитных волн. Напряженность поля в районах нахождения ЛЭП может достигать нескольких тысяч вольт на 1 метр. В местах наибольшего провисания проводов напряженность составляет 5000В/м. Однако электроволны хорошо поглощаются почвой, и уже на расстоянии 50-100 м напряжение поля падает до нескольких десятков и сотен вольт на метр. Экранирующий эффект

оказывают деревья, кустарники, здания, рельеф местности.

8. Нормативы ЭМП безопасности. Сложности оценки биологического риска для электрической и магнитной составляющих.

Ответ: Техногенные ЭМП рассматриваются как экологический фактор. Электромагнитное загрязнение окружающей среды. Электромагнитная экология – это раздел экологии, изучающий взаимодействие человека и окружающей среды с электромагнитными полями. Эксперты американского Национального совета по радиационной защите утверждают, что при длительном воздействии магнитного поля резко возрастает риск развития лейкемии, рака головного мозга, происходят негативные изменения нервной, репродуктивной и иммунной систем. Лабораторные и клинические исследования, проведенные в Швеции, Японии, Финляндии и других странах, также показали, что длительное воздействие магнитного поля приводит к появлению онкологических заболеваний, иммунной недостаточности, синдрому хронической усталости и др.

Учитывая потенциальную опасность ЭМП для здоровья населения, в нашей стране разработаны Санитарные нормы. В Российских Санитарных нормах «в качестве ПДУ облучения населения принимаются такие значения параметров ЭМП, которые при ежедневном воздействии в свойственный для данного источника режимах не вызывают у населения, без ограничения пола и возраста, заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследования в период облучения или отдаленные сроки после его прекращения».

Нормирование это установление предельно допустимых уровней (ПДУ) воздействующего фактора. ПДУ – это уровень вредного фактора, который не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований, в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений (разработаны для различных ЭМП – электрических полей, магнитного поля, ультрафиолетового, инфракрасного облучения и др.). Предельно допустимый уровень устанавливается по биологически активному параметру воздействующего фактора. Особенно опасна составляющая ЭМП – магнитное поле.

Проблема нормирования очень сложна:

Во-первых, медико-биологические аспекты; во-вторых, это **технические** аспекты, предполагающие создание технической базы проведения экспериментальных исследований; в-третьих, это экономические аспекты, т.е. необходимость финансирования всего комплекса работ по нормированию ЭМП; в-четвертых, социально-психологические аспекты.

Мероприятия по защите биологических объектов от ЭМП подразделяют на организационные, инженерно-технические, медицинско-профилактические и лечебные.

Основные организационные мероприятия включают:

- a. информирование параметров электромагнитных воздействий; периодический контроль облучаемости;
- b. рациональное размещение источников и приемников излучения (территориальный разнос);
- c. ограничение времени пребывания в ЭМП;
- d. предупредительные надписи и знаки.

В докладах Международной комиссии радиозащиты есть тезис о том, что не существует уровня облучения, который можно было бы признать абсолютно безопасным. Вероятностью гибели от каких-то катаклизмов, воздействий, факторов окружающей среды (риск) для человека может составлять величину не менее 10^{-7} . Технические достижения цивилизации в значительной степени увеличивают эту вероятность, доводя ее в некоторых случаях до единиц процентов. Однако человечество не собирается отказываться от своих достижений и двигаться назад к природе.

9. Механизмы биологического действия неионизирующих излучений. Особенности взаимодействия с биологическими системами. Биологические эффекты тепловых уровней воздействия.

Ответ: Несмотря на многочисленные исследования в области электромагнитобиологии, вопрос о механизмах биологического действия ЭМИ остается открытым. С одной стороны, имеются литературные данные о неблагоприятном действии ЭМИ на человека и окружающую его среду, с другой стороны, ЭМИ нашли широкое применение в медицинской практике для диагностики, профилактики и лечения ряда заболеваний ЭМИ различны по основным характеристикам. Сегодня важным является обсудить два вида действия ЭМИ на биологические объекты: тепловое действие и нетепловое действие 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/м², 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». Механизм - повышение температуры тканей ведет к денатурации и коагуляции белков, повышенной проницаемости клеточных мембран, снижению активности ферментов, гормонов и т. д. Однако взаимодействие ЭМИ с БО, по-видимому, не ограничивается тепловыми эффектами, так как воздействие ЭМИ проявляется и при сверхмалых интенсивностях, когда нагрев тканей не является определяющим или вообще становится невозможным.

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.

10. Механизмы биологического действия неионизирующих излучений. Биологические эффекты нетепловых уровней воздействия.

Ответ: Несмотря на многочисленные исследования в области электромагнитобиологии, вопрос о механизмах биологического действия ЭМИ остается открытым. С одной стороны, имеются литературные данные о неблагоприятном действии ЭМИ на человека и окружающую его среду, с другой стороны, ЭМИ нашли широкое применение в медицинской практике для диагностики, профилактики и лечения ряда заболеваний. ЭМИ различны по основным характеристикам. Сегодня важным является обсудить два вида действия ЭМИ на биологические объекты: тепловое действие и нетепловое действие 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 может влиять на биологические системы.

Такое специфическое действие может быть обусловлено следующими механизмами:

1 - резонансным эффектом в облучаемом объекте, наиболее выраженным в миллиметровом диапазоне.

2 - синхронизацией колебательных процессов молекул ("осцилляторов"), облучаемого объекта в воздействующем электромагнитном поле.

3 - 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.

11. Гипотезы первичных механизмов биологического действия.

Ответ: Несмотря на многочисленные исследования в области электромагнитобиологии, вопрос о механизмах биологического действия ЭМИ остается открытым. Для выяснения механизмов действия ЭМИ на живой организм, необходимо, во-первых, определить конкретные материальные структуры-сенсоры (вода, ферменты, белковые комплексы, нуклеиновые кислоты, мембранные структуры и т.д.) для восприятия излучения и, во-вторых, изучить физиологические реакции организма, вызванные действием излучения. Исследования функций отдельных клеток, а также клеточных элементов не могут полностью объяснить эффекты и механизмы действия ЭМИ на многоклеточный организм в целом. Необходимо учитывать многочисленные функциональные связи между органами и системами органов.

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

1. Вода.

2. Мембраны.

3. ДНК.

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.

12. Сравнительная характеристика биологического действия ионизирующих и неионизирующих излучений.

Ответ: Ионизирующие излучения (ИИ) - это потоки частиц и квантов электромагнитного излучения, прохождение которых через вещество приводит к ионизации и возбуждению его атомов или молекул.

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.

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

сравнению с меньшими дозами облучения.

К неионизирующим излучениям относят электромагнитного излучения - радиоволны, инфракрасное излучение, видимое излучение (свет), ультрафиолетовое излучение. Неионизирующие излучения - это электромагнитные излучения различной частоты, не вызывающие ионизацию атомов и молекул вещества. Каждый из видов неионизирующих излучений (ультрафиолетовое, видимое, инфракрасное, радиоволны) обладают определенными характеристиками и биологическим действием.

Биологические эффекты ЭМИ-радиоволн естественного происхождения - ультрафиолетовое, видимое, инфракрасное излучения, достаточно широко изучены (в литературе приведено описание положительного и повреждающего воздействия этих видов излучений на биологические объекты) можно разделить на две группы, соответствующие двум направлениям. Первая группа объединяет фотобиологические процессы, которые имеют приспособительный характер. Наиболее известны из них фотосинтез, наблюдаемый у зеленых растений, водорослей и бактерий, т. к. процессы жизнедеятельности других организмов осуществляются за счет энергии, накапливаемой фотосинтезирующими организмами. К этой же группе фотобиологических процессов относятся зрение, фототаксис и фототропизм, фотопериодизм, регуляция растений роста, формообразования, периодичности ритма. Малоисследованные, но важные явления, как фотостимуляция и фоторегуляция роста, развития на разных уровнях организации биол. объектов (клетки, ткани, организм). Вторая группа фотобиол. процессов включает процессы, приводящие к повреждению структур, нарушению их функций.

В настоящее время нет удовлетворительной теории, объясняющей биологические эффекты ЭМП. Несмотря на многочисленные исследования в области электромагнитобиологии, вопрос о механизмах биологического действия ЭМИ-радиоволн остается открытым. С одной стороны, имеются литературные данные о неблагоприятном действии ЭМИ на человека и окружающую его среду, с другой стороны, ЭМИ нашли широкое применение в медицинской практике для диагностики, профилактики и лечения ряда заболеваний ЭМИ различны по основным характеристикам. Сегодня важным является обсудить два вида действия ЭМИ на биологические объекты: тепловое действие и нетепловое действие на биологические объекты

13. Информационная гипотеза влияния ЭМИ на клетки.

Ответ: 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.

Предложена информационная гипотеза, основой которой является идея о резонансном взаимодействии ЭМИ КВЧ с живыми системами. По мнению авторов, живые организмы излучают естественные электромагнитные волны КВЧ-диапазона с целью управления внутренними процессами. Frohlich G. Показал, что собственные колебания клеточных мембран находятся в диапазоне 10^{10} - 10^{11} , то есть клетка является источником ЭМИ в КВЧ-диапазоне, причем амплитудно-частотной характеристикой излучения большой и здоровой клетки разные.

14. Влияние ЭМИ на ВНС.

Ответ: 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.

Впервые действие сверхнизкочастотных ЭМИ на головной мозг человека было обнаружено в начале 20-го века. В прошлом столетии появились данные о том, что СНЧ излучения могут служить раздражителем головного мозга при выработке рефлексов у человека. Воздействие ЭМИ на человека не вызывает сразу какую-либо болезнь, например кашель или гастрит. Но может нарушать работу нервной системы. Характерные отклонения, которые могут быть осуществлены при действии ЭМИ: изменение высшей нервной деятельности; ослабление памяти; развитие стрессовых реакций; развитие неврастенического и астенического синдрома (слабость, 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.

15. Генотоксические эффекты ЭМИ.

Ответ: Генотоксичность — это термин, описывающий вредное, повреждающее действие на клеточные генетические материалы. Генотоксические эффекты являются одной из причин возникновения отдаленных последствий для здоровья, развитию наследственной, врожденной и соматической патологии. Особое внимание уделяется анализу значимости предмутационных повреждений ДНК, а также мутационных поражений генома соматических и зародышевых клеток, митохондриального генома.

Интенсивное использование искусственных электромагнитных излучений в современном информационном обществе привело к тому, что в последние годы сформировался значимый фактор загрязнения окружающей среды ЭМИ. К настоящему времени опубликовано большое количество работ по оценке генотоксического действия неионизирующих электромагнитных полей, в которых представлены неблагоприятные эффекты, а также значительное количество работ, в которых не выявлено

генотоксического действия ЭМИ на биологические системы.

Так для примера, 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.

Электромагнитные воздействия при воздействии *in vivo* и *in vitro* приводят к достоверному повышению частоты микроядер соответственно в эритроцитах костного мозга мышей и лимфоцитах периферической крови человека.

Тестируемые электромагнитные воздействия приводят к уменьшению длительности клеточного цикла, повышению резистентности стволовых кроветворных клеток к острому γ -облучению в дозе 2 Гр; в модели *in vitro* не влияют на уровень апоптоза, спонтанную и индуцированную бласттрансформацию лимфоцитов.

На системном уровне (кроветворная и иммунная системы) воздействие исследуемых факторов приводит к увеличению количества ядерных клеток, доли делящихся клеток, митотического индекса и изменению соотношения клеток разной степени зрелости в костном мозге у мышей, увеличению количества лейкоцитов в периферической крови.

Есть работы, в которых было выявлено повышение частоты злокачественных новообразований головного мозга у пользователей сотовых телефонов, исследования *in vitro* и другие работы, в которых были зарегистрированы генотоксические эффекты.

В работе представлены данные о генотоксическом влиянии факторов электромагнитной природы (ЭМИ РЧ с различной пространственно-поляризационной структурой с частотой повторения импульсов 217 Гц и несущей частотой ЭМИ 925 МГц, электрического поля с частотой 217 Гц и напряженностью 300 В/м, магнитного поля с частотой 217 Гц и напряженностью 0,7 А/м) и у-радиации в дозе 15 сГр на клетки костного мозга мышей СВА при воздействии *in vivo*.

В последние годы большое внимание уделяется оценке генотоксического действия непрерывных и модулированных ЭМИ радиочастотного диапазона (РЧ ЭМИ). В ряде исследований обнаружены индукция повреждений нитей ДНК, увеличение количества дицентрических хромосом, ацентрических участков и микроядер при действии РЧ ЭМИ.

В то же время, в серии работ показано отсутствие каких-либо прямых мутагенных, генотоксических или канцерогенных эффектов РЧ ЭМИ.

16. Влияние ЭМИ на иммунитет.

Ответ: 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. Часть работ свидетельствует о том, что действие ЭМИ зависит от уровня воздействия и от состояния организма. Во многих экспериментах не выявлено изменений иммунной системы. Так же часть накопленного 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.

17. Влияние ЭМИ на ССС.

Ответ: Влияние электромагнитных излучений ЭМИ разных частот на ССС животных и человека является предметом многочисленных исследований. Часть работ свидетельствует о том, что действие ЭМИ зависит от уровня воздействия и от состояния организма. Во многих экспериментах не выявлено изменений ССС. Так же часть накопленного 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.

Состояние здоровья определяется в некоторой степени качеством ССС. В организме кровь циркулирует по организму. Все элементы этой жидкости имеют собственный электрический потенциал, заряд. Магнитные и электрические компоненты способны провоцировать или разрушение, или слипание тромбоцитов, эритроцитов и блокировать проходимость клеточных мембран. Также ЭМИ влияет на кроветворные органы, выводя из строя всю систему образования компонентов крови.

Излучение может создавать дистонию (спазм) кровеносных микрососудов мозга. В обычной ситуации причиной физиологической дистонии сосудов являются психологические расстройства: затяжная депрессия, синдром дефицита внимания, повышенная раздражительность и возбудимость. Эти факторы ведут к стрессу, вслед за которым проявляются симптомы ВСД. При облучении состояние вегетативной дистонии (обширный спазм сосудов мозга и тела) возникает сразу. Развивается частичная гипоксия этих частей тела. Это состояние «электронной» вегето-сосудистой дистонии.

Электронная вегетососудистая дистония (ВСД) — это нарушение работы вегетативной нервной системы (ВНС) под воздействием высокочастотных импульсных излучений. В результате нарушается баланс между отделами ВНС. Из-за нарушения баланса внутренние органы начинают работать неправильно.

Появление стресса под действием ЭМИ формирует гормональные нарушения. В сердечно-сосудистой системе возникают симптомы схожие с физиологической вегето-сосудистой дистонией. Постоянное воздействие ЭМИ развивает, усиливает эти расстройства: повышенная утомляемость, слабость, вялость, нарушение сна по типу

бессонницы или сонливости, подавленное настроение. Также наблюдаются признаки нарушений работы различных органов и систем. С течением времени ишемические состояния становятся хроническими.

Практически все, кто имеют вегето–сосудистую дистонию, являются метеозависимыми — у них часто ухудшается общее состояние при смене погоды. Со стороны нарушений нервной системы появляются головные боли, головокружения, часты предобморочные состояния и повышение температуры.

18. Влияние ЭМИ на жизнедеятельность животных (насекомые, птицы, млекопитающие).

Ответ: Исследовано значительное количество различных видов животных на реакции ЭМИ. Существуют данные, что ЭМИ при разных параметрах воздействия оказывает как стимулирующее, так и угнетающее действие на живой организм, то есть имеются литературные данные с одной стороны о неблагоприятном действии ЭМИ на животные организмы и окружающую их среду, с другой стороны имеются данные о положительных эффектах у растений и животных в нужных для людей направлениях.

Наиболее распространенными реакциями насекомых (таких как стрекоз, бабочек, майских жуков, шмелей) на электромагнитное поле ЛЭП являются избегание полета на близкое расстояние к низко расположенным проводам линии электропередачи, временная потеря ориентации и координации в пространстве вплоть до падения. При облучении полем ЛЭП сверхвысокого напряжения (40 кВ/м; 50 Гц) гусениц китайского дубового шелкопряда было зарегистрировано замедление темпов роста и развития у гусениц младшего возраста, которое компенсировалось уже у гусениц третьего. Было выявлено увеличение в 2-6 раз численности особей некоторых насекомых (жука-кузьки, шпанской мушки, тли, имаго) под проводами воздушных линий (ВЛ), что может быть обусловлено уменьшением под ВЛ численности естественных врагов и более богатым запасом пищевых ресурсов. Очень чувствительными к действию ЭМП являются пчелы. В исследовании влияния ЭМП от ВЛ-765 (60 МГц, 7 кВ/м) на пчел были обнаружены следующие эффекты: увеличение двигательной активности, аномальное отложение прополиса у входа в улей, снижение пищедобывательной мотивации, повышенный уровень смертности маток улья.

Выявлен, что ЭМП радиочастотного диапазона (мобильная связь 1 ГГц) вызывает серьезные расстройства на уровне клеточной организации жизни. Так, экспериментальные исследования на одноклеточных гидробионтах инфузорий *S. Ambiguum* отражают влияние электромагнитного излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ) на снижение спонтанной двигательной активности, результат изменения не зависит от времени экспозиции и является массовым. В исследованиях на *D. melanogaster* показано, что при воздействии ЭМИ КВЧ отмечается снижение продолжительности жизни объектов. Одним из важных механизмов жизнедеятельности, ориентации и навигации у гидробионтов является магниторецепция. Например, имеются данные, что ряд рыб (скаты, акулы) ориентируются и находят пищу используя внешние электрические поля.

Выявлен, что птицы обладают высокой чувствительностью к действию СНЧ-полей. Поля могут изменять поведенческие реакции. Например, при облучении куриных эмбрионов регистрируется изменение поведения у родившихся цыплят. У птиц наблюдается изменение активности, к закреплению условных рефлексов, изменению биологических ритмов. Перелетные птицы отличаются высокой чувствительностью к слабым магнитным полям, а при сильных магнитных бурях у них может наблюдаться изменение навигационных способностей.

Имеется большое количество результатов изучения влияния ЭМП на человека. Выполнено значительное количество экспериментальных работ о влиянии ЭМП на

млекопитающих животных (часто используются лабораторные животные). Представлены результаты влияния ЭМП на различных уровнях организации: клеточной, тканевой, организменной. Широко изучены системы организма – ВНС, ССС, иммунную, эндокринную, репродуктивную системы и др.

В настоящее время нет удовлетворительной теории, объясняющей биологические эффекты ЭМП. Несмотря на многочисленные исследования в области электромагнитобиологии, вопрос о механизмах биологического действия ЭМИ-радиоволн остается открытым. Важным является обсудить два вида действия ЭМИ на биологические объекты: тепловое действие и нетепловое действие на биологические объекты

19. Влияние ЭМИ на растения.

Ответ: В настоящее время актуальной проблемой биологической науки является поиск новых технологий для целенаправленного воздействия на живые организмы. Часто подобные технологии основываются на воздействии физических факторов, например, особый интерес у ученых вызывает электромагнитное излучение. Электромагнитное излучение (ЭМИ) является физическим фактором среды, который оказывает существенное влияние на различные живые организмы. Исследования показали, что растения, как и любые другие живые организмы, демонстрируют многочисленные структурно-функциональные зависимости от их ориентации при воздействии ЭМП.

К естественным ЭМП все организмы адаптировались в процессе эволюции. Следует отметить, что полное экранирование растений от магнитного поля Земли существенно влияет на их рост. У одних растений (пример – огурцы, редис) рост ускоряется, у других (ячмень, кукуруза) – тормозится; у хвойных растений удлиняется пребывание в состоянии покоя, уменьшается всхожесть семян.

Согласно исследованиям влияние искусственного ЭМП на растения является биологически активным фактором, вызывающим изменения по различным показателям. Направление и степень выраженности получаемого эффекта зависит от выбора вида растения, условий проведения исследования (сезон, время суток, физические или химические факторы среды и др.), параметров воздействия ЭМП.

Существуют данные, что ЭМИ при разных параметрах действия оказывает как стимулирующее, так и угнетающее действие на растительный организм. В своих исследованиях авторы установили, что в районах прохождения ЛЭП-110 кВ под воздействием ЭМИ линий электропередач происходит уменьшение биомассы озимой пшеницы (на стадиях цветения и формирования зерна) и снижение активности антиоксидантной системы в тканях подсолнечника. При исследовании влияния ЭМИ крайневисоких частот (КВЧ) на семена *Triticum aestivum* отмечено изменение морфометрических признаков при увеличении времени экспозиции (увеличение листовой пластинки).

Приводятся данные о повышении урожайности, улучшении качества, создании благоприятных условий выращивания сельскохозяйственных культур. Например, низкочастотные электромагнитные поля (ЭМП) оказывают воздействие на всхожесть семян (сои, подсолнечника, пшеницы). Свойства воды изменяются под воздействием магнитного поля. Омагниченная вода (пропущенная через систему мощных магнитов) при поливе овощей приводит к следующим эффектам: ускоряется рост; повышается содержание аскорбиновой кислоты и сахара в некоторых фруктах; удобрения становятся доступнее для усвоения растениями; подавляется процесс спорообразования паразитирующих организмов (плесневых грибов и возбудителей антракноза).

Миллиметровое излучение активно используется в медицине, биологии и химии. Описано влияние на различные физиологические процессы и свойства у микроорганизмов и растений: клеточное деление, морфологические признаки, скорость

роста, выход биомассы, ферментативную активность и др.

Биологические эффекты от воздействия ЭМИ на растения зависят от параметров ЭМИ, экспозиции и могут быть как стимулирующими, так и угнетающими.

20. Возможные механизмы развития адаптационных реакций при воздействии факторов электромагнитной природы.

Биологическая адаптация — приспособление организма к внешним условиям в процессе эволюции, включая морфофизиологическую и поведенческую составляющие. Адаптация может обеспечивать выживаемость в условиях конкретного местообитания, устойчивость к воздействию факторов абиотического и биологического характера, а также успех в конкуренции с другими видами, популяциями, особями. Каждый вид имеет собственную способность к адаптации, ограниченную физиологией (индивидуальная адаптация), пределами проявления материнского эффекта и модификаций, эпигенетическим разнообразием, внутривидовой изменчивостью, мутационными возможностями, коадаптационными характеристиками внутренних органов и другими видовыми особенностями. Адаптация может осуществляться на различных уровнях:

1. На уровне клетки в виде функциональных или морфологических изменений;
2. На уровне органа или группы клеток, имеющих одинаковую функцию;
3. На уровне организма как морфологического, так и функционального целого, представляющего собой совокупность всех физиологических функций, направленных на сохранение витальных функций и самой жизни.

Земная поверхность на протяжении всего своего существования подвергается естественному электромагнитному излучению (ЭМИ), которое является эволюционно сложившимся условием для нормальной жизнедеятельности живых организмов. Однако установлено, что в ходе эволюционного процесса происходит изменение естественного электромагнитного фона из-за повышения уровня ЭМИ естественного и искусственного (источниками которых служат промышленные установки, телевизионные и радиовещательные станции, линии электропередач, бытовая техника, мониторы компьютеров, радары, ЭМП РЧ спутникового телевидения, системы мобильной связи и др.) происхождения, что выходит за пределы адаптационных способностей живых организмов.

Например, биологические объекты приспособились к наличию постоянных вариаций магнитного поля Земли, и изменения, вызываемые ими в организме человека, находятся в пределах его адаптационных возможностей. Для здоровых организмов магнитные бури служат своеобразными «сигналами точного времени», синхронизируя работу внутренних органов и позволяя подстраивать внутреннюю ритмику организма под ритмику окружающей среды. Поэтому воздействие повышенного магнитного поля является информационным может приводит к ухудшению самочувствия.

Искусственные ЭМИ могут оказывать на адаптацию организмы. Техногенные электромагнитные поля отличаются простой частотной организацией, импульсной структурой, обладают на порядки большей интенсивностью и неравномерностью локализации в пространстве. Ярким примером неблагоприятной воздействия на адаптацию может являться метро, подземные бункеры, подводные лодки. Есть данные, что тепловой механизм (образование тепла в объекте при его облучении) меняет уровень реакции адаптации. Микротепловой механизм - при слаботепловом действии нагревания всего объекта не происходит, но возможны локальные повышения температуры - «горячие пятна». Нагрев тканей и возникновение ионных токов сопровождается специфическим воздействием на биологические ткани и внутренние органы.

Переменное магнитное поле приводит к изменению ориентации магнитных моментов атомов и молекул. Это может сказаться на состоянии нервной, иммунной, гуморальной

систем и в целом на состоянии организма.

Нетепловой механизм (информационный) - отсутствие повышения температуры при действии ЭМИ низкой интенсивности. Однако ответные биологические реакции возникают. В многоклеточных организмах неблагоприятные эффекты на субклеточном и клеточном уровнях могут быть скомпенсированы на более высоких уровнях организации - органном, системном, а могут проявляться на организменном уровне.

Комплекс воздействия ЭМИ на организм человека очень широк. Длительное проживание в зонах воздействия ЭМИ может приводить к развитию синдрома старения организма: снижается работоспособность и иммунитет, угнетается функция репродуктивной системы, развиваются возрастные патологии в ранние годы имеют разную структуру, амплитуду и оказывают различное действие на живой организм.

21. Особенности дозиметрии неионизирующих ЭМИ. Сложности регистрации биологических эффектов.

Ответ: Неионизирующие излучения – это электромагнитные излучения различной частоты, не вызывающие ионизацию атомов и молекул вещества. Дозиметрия - раздел ядерной физики и измерительной техники, в котором изучают величины, характеризующие действие излучения на вещества, а также методы и приборы для их измерения.

Цель дозиметрии ЭМИ: определить количество поглощенной энергии и ее пространственное распределение в биологическом объекте. Поглощение и распределение энергии зависит от свойств самого излучения (интенсивность, частота, вид модуляции), времени облучения и свойств биологического объекта (электрические свойства, размеры, форма, внутренняя структура), расположения объекта относительно источника излучения и векторов электромагнитной волны. Удельное поглощение энергии (УПЭ или SA – specific absorption) = Дж/кг массы. Удельная поглощенная мощность (УПМ)=Вт/кг.

Методы дозиметрии ЭМИ: Теоретическая дозиметрия – использование численных методов для оценки дозы; Экспериментальная дозиметрия – инструментальное измерения УПМ и структуры ее распределения в объекте (калориметрия, термометрия и термография).

22. Источники получения информации о биологических эффектах ЭМИ (эпидемиологические и экспериментальные исследования).

Ответ: К настоящему времени накоплен большой объём биологических эффектов, найденных в экспериментально и эпидемических или предсказанных теоретически, относящихся к проблеме механизмов воздействия низкоинтенсивных мм волн на биологические системы различной сложности организации. Несмотря на то, что ни одна из предложенных теорий не получила общего признания, рассмотрим некоторые из них.

Первой из концепций по времени появления и сохраняющей в настоящее время сильные позиции, является информационная гипотеза, разработанная школой академика Н. Д. Девяткова. Институт радиотехники и электроники РАН. В данной теории ключевая идея о чувствительности биологических объектов к слабым ЭМП согласуется с предположением о том, что мм волны в силу разных причин являются «родными» для биологических объектов и могут использоваться ими для целей управления основными физиологическими функциями.

Доминирующей в этой области исследований явилась идея о резонансном, информационном взаимодействии ЭМИ КВЧ с живыми системами (Смолянская и др.) Авторы данной гипотезы считают, что живые организмы излучают естественные электромагнитные волны КВЧ-диапазона с целью управления внутренними процессами.

В настоящее время обнаружен новый эффект – изменение функциональной активности эритроцитов и тромбоцитов, инкубированных с клетками крови, непосредственно

облученными ЭМИ КВЧ (Киричук, Креницкий и др.).

Заслуживает внимания концепция С. П. Ситько с коллегами, основанная на биофизической модели, согласно которой электромагнитные поля связаны с мембранами клеток.

Другие экспериментальные исследования ярко демонстрируют насколько актуальным является вопрос о роли воды и водных растворов в реализации биологических эффектов ЭМИ КВЧ.

Ряд авторов приводит экспериментальные доказательства того, что распространение в организме информации, связанной с КВЧ-колебаниями, может осуществляться и через нервную систему.

В связи с вышесказанным, становится понятным, что спектр эффектов ЭМП, обнаруженных различными исследователями на биологических объектах разного уровня организации, очень широк, а вопрос о механизмах действия и первичных мишенях ЭМП остается нерешенным.

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 устные опросы и защита рефератов.

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

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

4.2. Критерии оценивания ответов на теоретические вопросы зачета

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.

Требования (критериальные показатели) к уровню освоения дисциплины

Результат зачета	Требования к знаниям
Зачтено	Знает основные определения, последователен в изложении материала, демонстрирует базовые знания дисциплины, владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических заданий.
Не зачтено	Не знает основных определений, непоследователен и сбивчив в изложении материала, не обладает определенной системой знаний по дисциплине, не в полной мере владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических заданий.

06.03.01 Биология, направленность Биофизика, ФОС РПД Основы фотобиологии, форма обучения очная

Проректор по учебной работе утверждено 24.02.2025 А.А. Саламатов

Ученым советом биологического факультета

Протокол заседания № 6 от 21.02.2025

Председатель Ученого совета

биологического факультета согласовано Д.С. Сташкевич

Заседанием кафедры радиационной биологии

Протокол заседания № 7 от 21.02.2025

Заведующий кафедрой согласовано А.В. Аклеев

Автор (составитель) Е.А. Шишкина

Структура рабочей программы соответствует приказу ректора ФГБОУ ВО «ЧелГУ» от «13» апреля 2021 г. № 247-1