

Электромагнитные излучения



План лекции

1. Радиоволновое электромагнитное излучение.
2. Инфракрасное электромагнитное излучение.
3. Лазерное электромагнитное излучение.
4. Видимое электромагнитное излучение.
5. Ультрафиолетовое электромагнитное излучение.



Радиоволновое электромагнитное излучение



Источники ЭМИ

1. Естественные: грозовые разряды на Земле;
космическое реликтовое излучение.
2. Искусственные источники.



Применение ЭМИ

1. Радиосвязь
2. Радиовещание, телевидение
3. Радиоастрономия
4. Индукционный нагрев
5. Термообработка металлов и древесины
6. Сварка пластмасс
7. Создание низкотемпературной плазмы
8. Физиотерапевтические приборы
9. Радиолокация
10. Дефектоскопия

Классификация электромагнитных излучений

Электромагнитные излучения (ЭМИ)	Длина волны излучения
Радиоволновое ЭМИ	1 000 км – 25 000 нм
Инфракрасное ЭМИ	25 000 нм – 760 нм
Видимое ЭМИ	760 нм – 400 нм
Ультрафиолетовое ЭМИ	400 нм – 13,6 нм
Рентгеновское и γ -ЭМИ	<13,6 нм



Классификация радиоволн, принятая в гигиенической практике

Название диапазона	Длина волны	Диапазон частот	Частота	Название диапазона частот по международному регламенту
Длинные (километровые) волны (ДВ)	10 – 1 км	Высокие частоты (ВЧ)	От 3 до 300 кГц	Низкие (НЧ)
Средние (гектометровые) волны (СВ)	1 км – 100 м	То же	От 0,3 до 3 МГц	Средние (СЧ)
Короткие (декаметровые) волны (КВ)	100 – 10 м	То же	От 3 до 30 МГц	Высокие (ВЧ)
Ультракороткие (метровые) волны (УКВ)	10 – 1 м	Ультравысокие частоты	От 30 до 300 МГц	Очень высокие (ОВЧ)
Микроволны: дециметровые (дм)	1 м – 10 см	Сверхвысокие частоты (СВЧ)	От 0,3 ГГц до 3 ГГц	Ультравысокие (УВЧ)
сантиметровые (см)	10 см – 1 см	То же	От 3 ГГц до 30 ГГц	Сверхвысокие (СВЧ)
миллиметровые (мм)	1 см – 1 мм	То же	От 30 до 300 ГГц	Крайне высокие (КВЧ)

Физические свойства ЭМИ

1. Частота
2. Длина волны
3. Энергия кванта
4. Характер распространения
5. Характер поглощения
6. Характер отражения



Структура электромагнитного поля вокруг источника излучения

№№ пп	Название зон
1	Ближняя – зона индукции
2	Промежуточная – зона интерференции
3	Дальняя – волновая зона



Зоны электромагнитного поля на рабочем месте в зависимости от частоты ЭМИ

Частоты	Зона на рабочем месте
Низкие частоты – НЧ	Зона индукции
Средние частоты – СЧ	Зона индукции
Высокие частоты – ВЧ	Зона индукции
Очень высокие частоты – ОВЧ	Зона индукции
Ультравысокие частоты – УВЧ	Волновая зона
Сверхвысокие частоты – СВЧ	Волновая зона
Крайне высокие частоты – КВЧ	Волновая зона



Единицы измерения интенсивности ЭМИ

Зоны электромагнитного поля	Единицы измерения
Зона индукции	Напряжённость <u>электрической</u> составляющей поля – В/м; напряжённость <u>магнитной</u> составляющей поля – А/м
Зона интерференции	В/м, А/м
Волновая зона	Плотность потока энергии – Ватт/кв.м; мкВт/кв.см; мВт/кв. см

Механизм биологического действия ЭМИ



Поглощение энергии ЭМИ тканями организма

В тканях, богатых жидкостью (кровь, печень, почки, сердце, кожа, хрусталик), глубина проникновения микроволн значительно уменьшается, а поглощение энергии увеличивается.

В тканях с малым количеством воды (жировая ткань, кости, жёлтый костный мозг) глубина проникновения увеличивается, а поглощение энергии уменьшается.



Распределение температуры в тканях



Пороговые интенсивности
теплого действия
электромагнитных волн
сверхвысокой частоты
находятся в пределах
10-15 мВт/кв.см.



«Специфическое» действие вызывает локальное нагревание отдельных структур, а тепловое – общее нагревание организма.



Клинические проявления действия ЭМИ

Наиболее чувствительны к воздействию ЭМИ центральная нервная и нейроэндокринная системы.

С нарушениями нейроэндокринной регуляции связывают эффекты со стороны сердечно-сосудистой системы, системы крови, иммунитета, обменных процессов и др.



При действии на глаза высоких тепловых уровней ЭМИ возможно образование катаракты.



Острые поражения электромагнитными излучениями

Острые поражения возникают при воздействии значительных тепловых интенсивностей излучений: при авариях, грубых нарушениях требований техники безопасности.



Жалобы пострадавших от ЭМИ

1. Ухудшение самочувствия во время работы или сразу после её прекращения.
2. Головокружение.
3. Резкая головная боль.
4. Тошнота.
5. Повторные носовые кровотечения.
6. Нарушения сна.

Жалобы пострадавших от ЭМИ сопровожаются:

- слабостью;
- адинамией;
- потерей работоспособности;
- обморочными состояниями;
- неустойчивостью артериального давления;
- неустойчивостью показателей белой крови;
- приступами тахикардии;
- профузной потливостью;
- дрожанием тела (*и другие жалобы*).

Нарушения сохраняются до 1,5-2 месяцев.

Синдромы хронических поражений электромагнитными излучениями

Симптомы и течение хронических форм радиоволновых поражений не имеют строго специфических проявлений.

В клинической картине выделяют 3 ведущих синдрома:

- Астенический синдром.
- Астено-вегетативный синдром.
- Гипоталамический синдром.

Астенический синдром

Наблюдается в начальных стадиях заболевания и проявляется жалобами на:

- головную боль,
- повышенную утомляемость,
- раздражительность,
- нарушение сна,
- периодически возникающие боли в области сердца.

Вегетативные симптомы характеризуются обычно ваготонической направленностью реакций:

- гипотония,
- брадикардия и др.

Астено-вегетативный синдром или синдром нейроциркуляторной дистонии

Диагностируется в умеренно выраженных и выраженных стадиях заболевания.

В клинической картине на фоне усугубления астенических проявлений основное значение приобретают вегетативные нарушения, связанные с преобладанием тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы и проявляющиеся :

- сосудистой неустойчивостью с
- гипертензивными и
- ангиоспастическими реакциями.

Гипоталамический синдром

Развивается в отдельных выраженных случаях заболевания.

Характеризуется пароксизмальными состояниями в виде симпато-адреналовых кризов.

В период кризов возможны приступы:

- пароксизмальной мерцательной аритмии,
- желудочковой экстрасистолии.
- Больные повышено возбудимы,
- эмоционально лабильны.

В отдельных случаях обнаруживаются признаки раннего

- атеросклероза,
- ишемической болезни сердца,
- гипертонической болезни.

Регламентирующие документы

Категории населения	Название регламентирующих документов
Персонал (для профессиональных воздействий)	ГОСТ 12.1.006084 «ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля».
Население	«Временные санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электромагнитных полей, создаваемых радиотехническими объектами» №2963-84.
Персонал и население	«Санитарные правила и нормы. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96». Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ). М., 1996.



Первичная профилактика неблагоприятного воздействия ЭМИ

Мероприятия	Способы реализации мероприятий
Организационные мероприятия	Выбор рациональных режимов работы установок. Ограничение места и времени нахождения персонала в зоне облучения.
Инженерно-технические мероприятия	Рациональное размещение оборудования, ограничение поступления излучения на рабочие места персонала с помощью поглотителей мощности, экранирования установок или рабочих мест.
Градостроительные мероприятия	Соответствующая ориентация зданий, использование экранирующих строительных конструкций, зелёных насаждений.
Средства индивидуальной защиты	Очки, щитки, одежда.

Вторичная профилактика неблагоприятного воздействия ЭМИ

- Лечебно-профилактические мероприятия: -
- предварительные и периодические медосмотры,
 - перевод работы, не связанные с воздействием ЭМИ,
 - лиц с прогрессирующим течением и выраженными формами профессиональной патологии,
 - лиц с общими заболеваниями, усугубляющимися в результате воздействия ЭМИ,
 - а также женщин в период беременности и кормления.

Инфракрасное электромагнитное излучение



Инфракрасное излучение представляет собой невидимое электромагнитное излучение с длиной волны от 760 нм до 25 000 нм.

По длине волны инфракрасное излучение делят на:

Коротковолновую область, $\lambda < 1\ 400$ нм,

Средневолновую область, $\lambda = 1\ 400 - 3\ 000$ нм,

Длинноволновую область, $\lambda > 3\ 000$ нм.



Единицы измерения интенсивности инфракрасного излучения:

Вт/м²,

Кал/см²•мин.



Источником инфракрасного излучения является любое нагретое тело.

Инфракрасные лучи, проходя через воздух, его не нагревают, но, поглотившись твёрдыми телами, лучистая энергия переходит в тепловую, вызывая их нагревание.



Факторы, влияющие на интенсивность инфракрасного излучения на рабочих местах

1. Характер технологического процесса.
2. Температура источника излучения.
3. Расстояние рабочего места от источника излучения.
4. Степень теплоизоляции.
5. Наличие индивидуальных средств защиты.
6. Наличие коллективных средств защиты.
7. Состояние погоды, имеющее значение для строителей и сельскохозяйственных рабочих.

Интенсивность теплового излучения на рабочих местах

Интенсивность инфракрасного излучения на рабочих местах может колебаться от 175 Вт/м^2 до $14\,000 \text{ Вт/м}^2$.



Горячие цехи

К горячим цехам относятся цехи, в которых тепловыделения превышают 23 Дж/м^3 :

доменные,
конверторные,
мартеновские,
электросталеплавильные,
прокатные и другие цехи.



Одна из особенностей действия
лучистого тепла на организм человека:

инфракрасные лучи различной длины
волны проникают на различную глубину
и поглощаются соответствующими
тканями, оказывая тепловое действие.



Зависимость биологического действия инфракрасного излучения от длины волны

1. Короткие инфракрасные лучи (до 1 400 нм) проникают в ткани на глубину нескольких сантиметров, поглощаются кровью и водой в слоях кожи и подкожной клетчатки, а также способны проникать через кости черепной коробки и воздействовать на мозговые оболочки, мозговую ткань.
2. Длинные инфракрасные лучи (1 400 – 10 000 нм) поглощаются верхним 2-миллиметровым слоем кожи. Особенно сильно поглощаются лучи с длиной волны 6 000 – 10 000 нм, вызывая «калящий эффект».

Местная реакция

Местная реакция сильнее выражена при облучении длинноволновыми ИК лучами, поэтому при одной и той же интенсивности облучения время переносимости коротковолнового облучения больше, чем длинноволнового.

Коротковолновое инфракрасное облучение обладает более выраженным общим действием за счёт большей глубины проникновения в ткани тела.

Степень повышения температуры кожи зависит от интенсивности облучения и проявляется ощущением жары → жжения → повышением температуры кожи → нетерпимым жжением кожи.

Сосудистая реакция

Сосудистая реакция протекает в зависимости от спектрального состава инфракрасного излучения: коротковолновая область вызывает расширение сосудов, длинноволновая область – сужение сосудов.

Повышение артериального давления обусловлено, видимо, некоторым сужением периферических сосудов и увеличением минутного объёма крови.

Действие инфракрасного излучения на глаза

Конъюнктивиты,
помутнение роговицы,
васкуляризация роговицы,
инфракрасная катаракта
(у сталеваров, прокатчиков, кузнецов, кочегаров),
«катаракта стеклодувов»
(у стеклодувов)



Действие инфракрасного излучения на кожу

Изменения на коже характеризуются
эритемой,
при интенсивном облучении может быть
ожог,
при длительном воздействии на коже
может развиться
коричнево-красная пигментация.



Солнечный удар

Солнечный удар

может возникнуть при работах на открытом воздухе
(строители, геологи, сельскохозяйственные рабочие и др.)
в результате интенсивного прямого облучения головы
инфракрасным излучением
коротковолнового диапазона
(1 000-1 400 нм),
следствием чего является тяжёлое поражение оболочек
и мозговой ткани вплоть до выраженного
менингита и энцефалита.

Клиническая картина солнечного удара

Общая слабость, головная боль, головокружение, шум в ушах, беспокойство, расстройство зрения, тошнота, рвота.

В тяжёлых случаях: помрачение сознания, резкое возбуждение, судороги, галлюцинации, бред, потеря сознания.

Температура тела в отличие от теплового удара нормальная или незначительно повышена.



Санитарная оценка интенсивности инфракрасного излучения

Санитарные нормативы дифференцированы в зависимости от производимых работ, времени облучения и др.

Например, для предприятий черной металлургии тепловое облучение не должно превышать 140 Вт/м^2 .



Режим работы в зависимости от интенсивности теплового облучения

Максимальная продолжительность облучения	Интенсивность теплового облучения, Вт/м ²							
	350	700	1050	1400	1750	2100	2450	2800
Однократно максимально, мин.	20	15	12	9	7	5	3,5	2,5
Суммарно (в течение часа)	45		30		15			



Лазерное излучение

(Электромагнитное лазерное
излучение,
Излучение оптических квантовых
генераторов)



Классификация лазеров

- Классификация по физико-техническим параметрам (при этом учитывается агрегатное состояние активного рабочего вещества: твёрдое, жидкое, газообразное).
- Классификация по способу накачки активного вещества (оптический, электрический, химический и др.).
- Классификация по характеру генерации излучения (импульсного и непрерывного действия).



Показатели, характеризующие лазерное излучение

- Мощность излучения
- Длительность импульса
 - Плотность энергии
 - Диаметр луча
- Длина волны излучения или его частота
- Частота повторения импульсов излучения



Классификация лазерного излучения по биологическим эффектам

№№ диапазонов	Длина волны излучения	Биологический эффект
IA	100-315 нм	Излучение поглощается роговицей глаза
IB	1400-10 ⁶ нм	
II	315-400 нм	Излучение поглощается хрусталиком глаза
IIIA	400-750 нм	Излучение проходит через глазные среды и поглощается сетчаткой (IIIA – видимый диапазон спектра)
IIIB	750-1400 нм	

Формула для расчёта дозы лазерного излучения

$$A = \frac{P \times T}{C}, \text{ где:}$$

A – доза лазерного излучения,

P – мощность лазера, Вт;

T – время экспозиции, сек.;

C – площадь светового пятна нерасфокусированного луча лазера диаметром 4 мм, см².

Вид лазерного излучения, воздействующего на человека

- Зеркально отражённое излучение – наиболее опасное для органа зрения.
- Диффузно рассеянное излучение. На практике встречается значительно чаще. В зависимости от отражающих свойств обрабатываемого материала, мощности и режима работы лазера рассеянное излучение может превышать ПДУ для органа зрения.
- Прямое непосредственное воздействие лазерного луча на глаза или поверхность тела – бывает при грубых нарушениях правил техники безопасности.

Сопутствующие неблагоприятные факторы, сопровождающие работу лазеров (I слайд)

- Импульсные световые вспышки (лампы накачки);
- Ультрафиолетовое излучение (лампы накачки, кварцевые газоразрядные трубки);
- Озон и оксиды азота;
- Ионизация воздуха при разряде импульсных ламп накачки;
- Шум (работа вспомогательных элементов лазерной установки, взаимодействие луча с обрабатываемыми материалами);
- Мягкое рентгеновское излучение;
- Электромагнитные поля радиочастот (ВЧ и УВЧ накачка);
- Агрессивные и токсические жидкости (активная среда, охлаждающие жидкости).

Сопутствующие неблагоприятные факторы, сопровождающие работу лазеров (II слайд)

Загрязнение воздуха аэрозолями и газами (продукты деструкции обрабатываемых лазерным лучом материалов);

Высокотемпературная плазма, являющаяся источником кратковременного рентгеновского и нейтронного излучения. Возникает в результате взаимодействия особо мощного лазерного излучения с обрабатываемым веществом.



Особую опасность
представляет лазерное излучение
для глаз,
которые относительно прозрачны
для излучения с длиной волны
от 0,4 до 1,4 мкм,
включающему в себя
видимую и
ближнюю инфракрасную
области спектра.



В результате фокусирования
световой энергии,
падающей на роговую оболочку,
энергетическая плотность её на сетчатке
резко возрастает.

Особенно чувствителен к лазерному
излучению
пигментный эпителий сетчатки,
разрушение которого может привести к
потере зрения.

Значение длительности импульса лазерного излучения

- Лазерное излучение с длительностью импульса $<10^{-6}$ сек. Поглощается в основном на гранулах меланина. Т.о., тепловой источник сильно локализован в пространстве, то есть только на гранулах.
- При лазерном излучении $>10^{-6}$ сек. Выделение энергии более однородно вследствие распространения её за счёт теплопроводности.



Биологическое действие лазерного излучения (I слайд)

- Высокая пролиферативная активность тканей после облучения.
- Ускорение синтеза РНК.
- Снижение уровня свободнорадикальных реакций.
- Положительная динамика основных симптомов гипертонической болезни.
- Положительные или отрицательные изменения ЭЭГ в зависимости от энергии и экспозиции излучения и состояния человека.
- Затруднения венозного оттока.
- Обострение хронических процессов.
- Повышение иммунной реактивности.



Биологическое действие лазерного излучения (II слайд)

- Общая утомляемость
- Чувство тяжести и боли в глазах
- Головные боли
- Повышенная раздражительность и возбудимость
- Нарушения сна
- Лабильность сосудистых реакций
- Гипергидроз
- Повышение сухожильных и периостальных рефлексов
- В сетчатке – мелкие единичные точечные изменения
- Снижение световой и контрастной чувствительности
- Увеличение времени восстановления адаптации
- Изменение цветовой чувствительности

Радиозащитное действие лазерного излучения

Доза γ -излучения	Выживаемость животных	Срок гибели животных
600 Р	60%	2 неделя
700 Р	45%	2 неделя
600 Р + лазерное облучение	95%	3 неделя
700 Р + лазерное облучение	72%	3 неделя



Гигиеническая регламентация лазерного излучения

Существует 2 подхода:

- По повреждающему действию излучения на среды глаза или кожу;
- По тем функциональным изменениям, которые возникают в самом глазу либо в других органах и тканях организма под воздействием лазерного излучения.



Санитарные нормативы лазерного излучения

- ГОСТ 50723-94 «Лазерная безопасность. Общие требования безопасности при разработке и эксплуатации лазерных изделий».
- ПДУ гелий-неонового лазера для экспозиции $1,2 \times 10^{-1}$ сек. равен 2×10^{-3} Вт/см².
- Максимальная плотность энергии, безопасная для кожи, равна 0,1 Дж/см².
- И другие нормативы.

Видимое электромагнитное излучение

