

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
БЕЗОПАСНОСТИ

Лекция № 11 - 12

ИЗЛУЧЕНИЯ ОПТИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНА. ЛАЗЕРЫ. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ

лектор - к.м.н., доцент Емельянов В.В.

авторы-составители презентаций –

доценты кафедры иммунохимии УрФУ

к.м.н. Емельянов В.В., к.х.н. Максимова Н.Е., к.х.н. Мочульская Н.Н.

ИЗЛУЧЕНИЯ ОПТИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНА

Электромагнитный спектр Солнца в разных областях имеет длину волны от 0,1 до 100000 нм.

Солнечное электромагнитное излучение распространяется со $v = 300\,000$ км/с и достигает поверхности Земли за 8 мин.

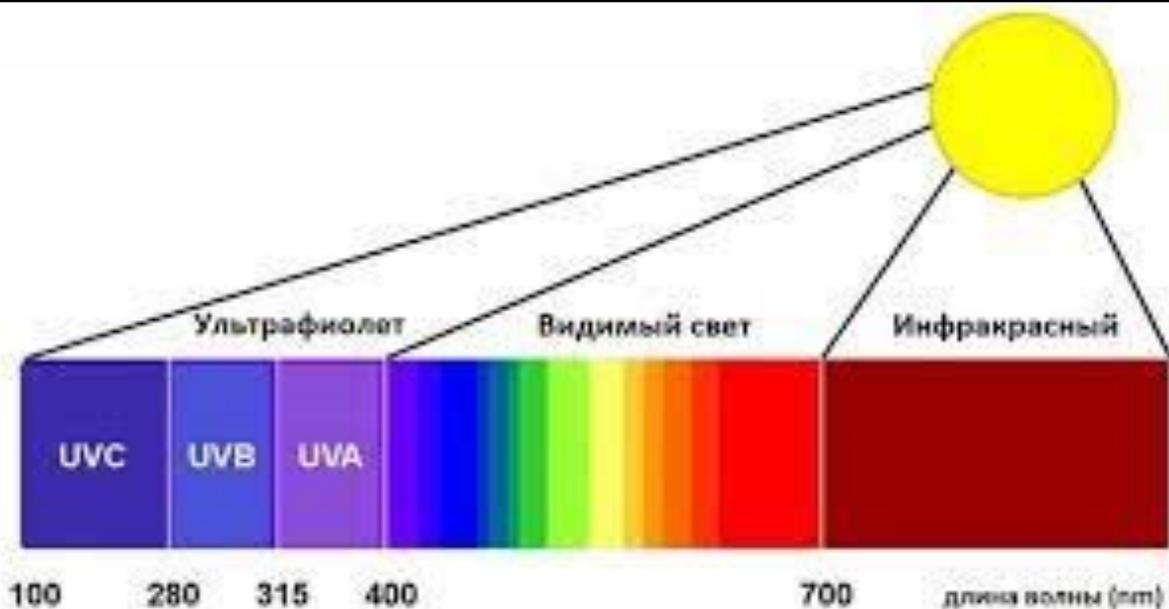
Солнечное излучение

- **прямое** (исходит от Солнца);
- **рассеянное** (от небесного свода);
- **отраженное** (от поверхности различных предметов).

Солнечное излучение

<p>излучения с $\lambda < 290$ нм <i>(рентгеновское, короткое УФ- и γ- излучение)</i></p>	<p>полностью поглощается O_2 и O_3 в верхних слоях атмосферы</p>
<p>излучение с $\lambda \sim 700$ нм</p>	<p>избирательно поглощается O_2 в верхнем слое атмосферы и водяным паром в околоземном</p>
<p>для остальных λ</p>	<p>земная атмосфера прозрачна</p>

Гигиеническое значение солнечной радиации



Атмосфера пропускает до поверхности Земли только оптическую часть солнечного спектра:

- Невидимые ультрафиолетовые лучи (290 – (390)400 нм) – 1%,
- Видимые световые лучи (400 – 760 нм) – 40%,
- Невидимые инфракрасные лучи (760(780) – 3000 нм) – 59%

ИЗЛУЧЕНИЯ ОПТИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНА

100	280	320	390		780		1400	3000	→ до 1 мм
	С	В	А			А		В	λ, нм
Ультрафиолетовая				Видимая		Инфракрасная		области	

Жесткие УФ-лучи ($\lambda < 290$ нм) задерживаются слоем озона

ИНФРАКРАСНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

Поверхности Земли достигает ИК-излучение с $\lambda = 760-3000$ нм, более длинноволновое излучение задерживается атмосферой.

По длине волны выделяют три области:

ИК – А коротковолновая ($< 1,4$ мкм);

ИК – В средневолновая ($1,4 - 3,0$ мкм);

ИК – С длинноволновая ($> 3,0$ мкм).

В производственных условиях гигиеническое значение имеет более узкий диапазон $0,76 - 70$ мкм.

Биологическое действие ИК-излучения

Действие ИК-излучения при локальном действии на ткани:
тонизирующее, обезболивающее, противовоспалительное.

Действие ИК-излучения при поглощении проявляется в основном глубинным или поверхностным прогреванием тканей.

Патогенное воздействие:

ИК-излучения с $\lambda > 1400$ нм «калящие лучи» - поглощаются поверхностными тканями, вызывая жжение (ожог кожи, роговицы).

ИК-излучения с $\lambda = 700-1400$ нм проникают на глубину до 3 см, ведут к перегреванию тканей (солнечный удар при перегревании тканей мозга, ожог кожи, сетчатки).

Со стороны органа зрения – развитие катаракты.

Большое количество поглощенного ИК-света приводит к перегреву и повышению температуры организма вследствие нарушения гомеостатических механизмов терморегуляции.

Гигиеническое нормирование

СанПиН 2.2.4.548-96

**«Гигиенические требования к микроклимату
производственных помещений»**

ПДУ интенсивности теплового облучения работников от источников излучения, нагретых до белого и красного свечения (раскаленный или расплавленный металл, стекло, пламя и пр.) не должны превышать 140 Вт/м^2 .

При этом облучению не должно подвергаться $> 25 \%$ поверхности тела и обязательным является использование СИЗ лица и глаз.

Меры профилактики

- 1. Строительно-планировочные:** учет розы ветров, инсоляции и т.п.

- 2. Технологические:** совершенствование технологических процессов.
- 3. Санитарно-технические:** снижение интенсивности тепловых облучений, совершенствование систем вентиляции, кондиционирования воздуха, устройство теплозащитных экранов (теплоотводящих, теплоотражательных, теплопоглощающих).
- 4. Организационные:** режим труда и отдыха, питьевой режим, нормирование продолжительности рабочих смен в зависимости от температуры в помещении.
- 5. Лечебно-профилактические:** предварительные и периодические медосмотры (противопоказания для приема на работу – хронические заболевания глаз, вегето-сосудистая дистония, катаракта); обеспечение питьем, обогащенным витаминами и микроэлементами.
- 6. Средства индивидуальной защиты:** спецодежда, каски, очки (нормируются их тепло- и лучезащитные свойства).

ОПТИЧЕСКОЕ (ВИДИМОЕ) ИЗЛУЧЕНИЕ

Оптическое излучение в спектре ЭМИ – узкий диапазон (400-700 нм).

Основное свойство оптического излучения – способность вызывать световое ощущение.

Свет дает около 80 % информации из внешнего мира.

Биологическое действие



благоприятное действие на организм

Длительное отсутствие или недостаточность видимого излучения



Развитие патологических состояний

стимулирует жизнедеятельность, усиливает обмен веществ, улучшает общее самочувствие, эмоциональное настроение, повышает работоспособность

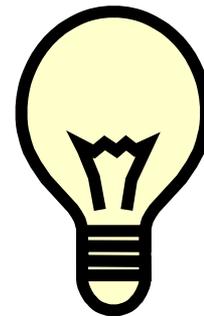
аномалии рефракции, нарушение биоритмов, изменения в ЦНС, нарушения биохимических и иммунных реакций.

Гигиенические требования к освещению

Гигиеническое значение естественного освещения – обеспечение функции зрительного анализатора.

Следует учитывать различные характеристики процесса зрительного восприятия:

- скорость восприятия,
- устойчивость ясного видения,
- контрастная чувствительность,
- цветовосприятие,
- адаптация к темноте и свету.



СанПиН 2.2.1/ 2.1.1.1076 – 01

«Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите помещений жилых и общественных зданий и территорий»

СанПиН 2.2.1/ 2.1.1.1278 – 03

«Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий»

Естественное освещение

Гигиенические требования, предъявляемые к естественному освещению:

1. ***Достаточность*** (освещенность – для большинства работ 100 лк и более) определяется климатической зоной, временем года и суток, погодой и состоянием атмосферы, инсоляционным режимом помещения, системой освещения, расположением окон, площадью стекол и пола, глубиной помещения.
2. ***Равномерность*** во времени и пространстве (ограничение колебаний светового потока): определяется коэффициентом неравномерности – отношение макс/мин освещенности.
3. ***Отсутствие прямой и отраженной блескости*** (окраска и полировка стен и оборудования).
4. ***Ограничение теней.***

Нормируемый показатель –
коэффициент естественной освещенности (КЕО)

$$KEO = \frac{\text{Освещенность внутри помещения}}{\text{Освещенность вне помещения}} * 100\%$$

Устанавливается для различных помещений с учетом их назначения, характера и точности выполняемых работ. В большинстве случаев нормируется 0,5-4 %.

Искусственное освещение

Виды систем искусственного освещения:

- общая (светильники на потолке),
- местная (только в домашних условиях),
- комбинированная (в большинстве случаев).

При оценке искусственного освещения основные определяемые параметры –

1. Вид источника света (люминесцентные или лампы накаливания)
2. Мощность и количество источников
3. Тип осветительной арматуры
4. Высота подвески
5. Размеры помещения
6. Расположение светильников.

УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

– невидимое глазом электромагнитное излучение, занимающее в электромагнитном спектре промежуточное положение между светом и рентгеновским излучением

Биологическое действие

УФИ разных областей различно:

A (400 – 315 нм): в коже образуется меланин, воспринимающийся как загар и защищающий организм от избыточного проникновения УФ-лучей.

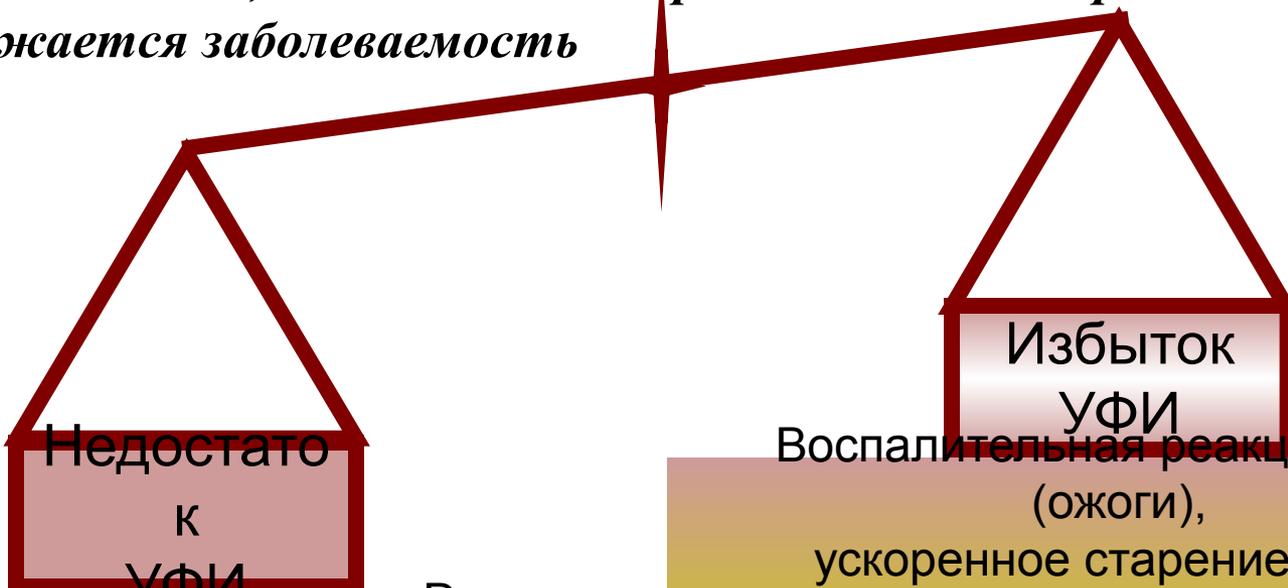
B (315 – 280 нм): общетонизирующее действие (за счет поглощения энергии макромолекулами и повышения скорости метаболических реакций). Синтез из холестерина витамина D_3 , регулирующего фосфорно-кальциевый обмен. Эритема (стойкое покраснение незагорелого участка кожи через 8-14 часов от воздействия УФО).

C (280 – 200 нм): приводит к свертыванию белков – бактерицидное действие (максимум для 254 нм).
Образование озона и оксидов азота в воздухе.

УФ-излучение – жизненно необходимый фактор

Общестимулирующее действие на организм

повышается умственная работоспособность, физическая выносливость, повышается сопротивляемость организма, снижается заболеваемость



Недостаток
УФ

Гипо- или авитаминоз D,
снижение иммунитета,
обострение хронических
заболеваний,
слабость, расстройство ЦНС

Избыток
УФ

Воспалительная реакция кожи
(ожоги),
ускоренное старение кожи,
возникновение кожных
онкологических
заболеваний

Профессиональные заболевания кожи и глаз

Электроофтальмия (острое поражение глаз)

возникает у электросварщиков и их помощников – вызывает УФО от мощных искусственных источников (светящаяся плазма сварочной дуги);

Фотодерматит возникает у работников, контактирующих с асфальтом, мазутом, рубероидом.

Сопутствующие факторы:

- **Фотосенсибилизаторы:** ароматические соединения, производные каменноугольной смолы, парфюмерия и косметика, лекарства (тетрациклины, сульфаниламиды и др.). Проявления в виде фотоаллергии – крапивница.
- **Фотопротекторы:** УФ-фильтры – природные и синтетические, в т.ч. воздействия, активизирующие антиоксидантные системы кожи.

Гигиеническое нормирование

Нормируемый показатель – облученность.

Эритемная (биологическая) доза облученности равна минимальному времени облучения, после которого через 8-14 ч появляется покраснение на незагорелом участке кожи.

Профилактическая доза УФИ = 1/8 эритемной дозы.

*Оптимальная (физиологическая) доза УФИ =
= 1/4–1/2 эритемной дозы.*

Для производственных помещений нормативы дифференцированы с учетом области спектра, длительности и режима облучения.

Меры профилактики

- 1. Санитарно-технические:** устройство экранов, загораживающих или рассеивающих свет.
- 2. Организационные:** рациональный режим труда.
- 3. Лечебно-профилактические:** предварительные и периодические медосмотры (противопоказания для приема на работу – с болезнями кожи и глаз).
- 4. Средства индивидуальной защиты кожи и глаз:** защитная одежда (одежда пропускает 20 -50 % УФИ), защитные крема с УФ-фильтрами, очки со стеклами, содержащими оксид свинца (обычные стекла не пропускают УФИ с $\lambda < 315$ нм).

ЛАЗЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

(Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation - усиление света посредством вынужденного излучения)

Лазер – устройство, генерирующее направленный пучок электромагнитного излучения оптического диапазона.

Физические характеристики лазерного излучения

Применение

**Монохроматичность лазерного луча.
Малая расходимость луча.
Высокая интенсивность (высокая энергетическая экспозиция).**

**Распространяется на значительные расстояния.
Отражается от границы раздела двух сред.**

**Локальный термоэффект:
возможность точной обработки материалов (резка, прошивка отверстий, точечная и шовная сварка, пайка, поверхностная закалка, термообработка и др.)
в промышленности и медицине**

для целей локации, навигации, связи.

В зависимости от используемого активного элемента лазеры оптического диапазона генерируют излучения от УФ- до дальней ИК-области.

При работе с лазерными установками обслуживающий персонал может подвергаться воздействию излучений:

в условиях открытого пространства

- прямого (выходящего непосредственно из лазера),
- рассеянного (рассеянного средой, сквозь которую проходит излучение)



при эксплуатации лазеров в закрытых помещениях

- отраженного (зеркального или диффузного).

ДЕЙСТВИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

термическое

быстрый нагрев структур,
вскипание жидких сред

свертывание белков
испарение тканевой жидкости

термический ожог тканей - глаза и кожа
(ожог сетчатки глаз !)

механическое

в импульсном режиме
возникает ударная волна -

повреждение глубоко лежащих органов,
сопровождающееся кровоизлиянием

физико-химическое

поглощение энергии биомолекулами,
активация свободно-радикальных
процессов

вторичные эффекты - реакция на облучение

изменения в ЦНС, сердечно-сосудистой и эндокринной системах

Профессиональные заболевания –
ожоги кожи, поражения роговицы и сетчатки.

Гигиеническое нормирование

СанПиН 5804-91 «Санитарные нормы и правила устройства и эксплуатации лазеров».

Деление на 4 класса опасности лазеров (безопасные, малоопасные, среднеопасные и высокоопасные).

ГОСТ 12.1.040-83 «Лазерная безопасность. Общие положения».

Нормируемые параметры лазерного излучения

- энергетическая экспозиция – H , Дж/м²;
- облученность – E , Вт/ м².

ПДУ устанавливаются таким образом, чтобы *исключить возникновение биологических эффектов* для всего спектрального диапазона и вторичных эффектов для видимой области длин волн.

Меры профилактики

- 1. Санитарно-технические:** ограждение лазерной зоны, экранирование пучка излучения, дистанционное управление (для лазеров четвертого класса опасности).
- 2. Средства индивидуальной защиты:** специальные очки, щитки, маски, обеспечивающие снижение облучения глаз.
- 3. Лечебно-профилактические:** предварительные и периодические медосмотры.
Противопоказания – заболевания кожи или глаз.

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
БЕЗОПАСНОСТИ

Лекция № 12

ИЗЛУЧЕНИЯ ОПТИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНА. ЛАЗЕРЫ. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ

лектор - к.м.н., доцент Емельянов В.В.

авторы-составители презентаций –

доценты кафедры иммунохимии УрФУ

к.м.н. Емельянов В.В., к.х.н. Максимова Н.Е., к.х.н. Мочульская Н.Н.



**НЕИОНИЗИРУЮЩИЕ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ
ИЗЛУЧЕНИЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА
ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА**

Электромагнитное поле (ЭМП)

– особая форма существования материи, создаваемая движущимися и неподвижными электрическими зарядами в воздушном пространстве.

Основные параметры ЭМП

- длина волны
- частота колебаний
- скорость распространения.

Силовая характеристика ЭМП – напряженность

Единица измерения напряженности

электрического поля (E) – В/м.

магнитного поля (H) – А/м.

Энергетическая характеристика поля –

плотность потока энергии излучения (ППЭ) – Вт/м².

К ЭМИ относятся

Вид излучения	Длина волны (λ)	Частота (ν)
УФИ	100 – 390 нм	3000 – 750 ТГц
Видимое	390 – 780 нм	750 – 385 ТГц
ИК	780 нм – 0,1 мм	385 – 3 ТГц
Гипервысокочастотное	0,1 – 1 мм	3000 – 300 ГГц
Сверхвысокочастотное (микроволновое)	1 мм – 1 м	300 – 0,3 ГГц
Радиочастотное	1 м – 1 км	300 – 0,3 МГц
Низкочастотное	1 – 10 км	300 кГц – 3 Гц

ИСТОЧНИКИ ЭМИ

ПРИРОДНЫЕ

Солнце, Галактика и др.

ТЕХНОГЕННЫЕ

Системы радионавигации,
связи, радио- и телевидения

Системы управления
воздушным движением
Промышленное
оборудование:

радиоэлектронные
средства, системы
термообработки материалов
и пищевых продуктов

Медицинское оборудование:
физиотерапия, МРТ

Бытовые: компьютеры,
мобильные и
спутниковые телефоны, СВЧ-
печи

по временным характеристикам

- **постоянное;**
- **прерывистое.**

по способу передачи на человека

- **общее** (облучается все тело);
- **местное** (часть тела).

ЭЛЕКТРОМАГНИННЫЕ ПОЛЯ РАДИОЧАСТОТ

(от 300 Гц до 300 МГц)

Свойства ЭМП диапазона радиочастот

способность нагревать материалы, распространяться и отражаться от границы раздела двух сред, взаимодействовать с веществом

Применение ЭМП диапазона радиочастот

- при термообработке металлов и древесины; пайке, плавке металлов,
- при сварке полимеров для обложек книг, игрушек, спецодежды,
- в радиосвязи, телевидении, медицине, радиоспектроскопии,
- для вулканизации резины,
- при термической обработке пищевых продуктов, пастеризации, стерилизации



**воздействием ЭМП
диапазона радиочастот**



**преобразование электромагнитной
энергии внешнего поля в тепловую**



последствия

повышение t° тела или локальный перегрев тканей и органов, которые недостаточно хорошо кровоснабжаются (хрусталик, стекловидное тело, желчный пузырь, мочевой пузырь и др.).

Особенно действию ЭМП радиочастот подвержены такие системы органов, как

нервная, сердечно-сосудистая, эндокринная, иммунная.

Профессиональные заболевания –

Вегето-сосудистая дистония

(головная боль, головокружение, зябкость или жар, нарушение сна, повышенная утомляемость, общая слабость, колебания кровяного АД и пульса)

- *Астенический синдром* – начальная стадия заболевания (характерно пониженное АД, замедление сердечных ритмов),
- *Астеновегетативный синдром* – умеренно выраженная стадия заболевания (характерны неустойчивость кровяного АД, склонность к сосудистым спазмам),
- *Гипоталамический синдром* – выраженная стадия заболевания (характерно глубокое поражение вегетативных функций).

Катаракта

(в основе лежит тепловой эффект, который обладает способностью к кумуляции).



Гигиеническое нормирование

СанПиН 2.2.4.1191-03 – «Электромагнитные поля в производственных условиях»

СанПиН 2.2.4.1190-03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи».

СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов».

Оценку воздействия ЭМП радиочастот осуществляют по энергетической экспозиции, которая определяется интенсивностью ЭМИ радиочастот и временем его воздействия на человека.

$$\text{ЭЭ}_E = E^2 * T$$

ЭЭ_E – энергетическая экспозиция, создаваемая эл. полем, $(\text{В/м})^2$;

E – напряженность эл. поля, В/м;

T – время воздействия.

$$\text{ЭЭ}_H = H^2 * T$$

ЭЭ_H – энергетическая экспозиция, создаваемая магн. полем, $(\text{А/м})^2$;

H – напряженность магн. поля, А/м;

T – время воздействия.

Профилактика

1. ***Строительно-планировочные:*** на стадии проектирования паспортизация установок (технические данные генератора, схема размещения в производственном помещении, срок планового ремонта, режим работы, меры защиты работников от излучения).
2. ***Санитарно-технические:*** создание санитарно-защитных зон вокруг антенных сооружений различного назначения; электрогерметизация элементов схем, блоков, узлов установок в целом с целью снижения или устранения ЭМИ, экранирование рабочего места.
3. ***Средства индивидуальной защиты:*** специальная одежда, выполненная из металлизированной ткани, защитные очки.
4. ***Лечебно-профилактические:*** предварительные и периодические медосмотры.



ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПОЛЯ ТОКОВ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ

(от 3 до 300 Гц)

Создание единых энергосистем:

расширение сети высоковольтных линий электропередач (ЛЭП), увеличение напряжения на ЛЭП до тысяч киловольт.

**Возможность неблагоприятного воздействия
ЭМП промышленной частоты**

на персонал, обслуживающий действующие подстанции, производящие строительные, монтажные, наладочные работы в зоне ЛЭП.

Интенсивность ЭМП промышленной частоты оценивают по напряженности электрической и магнитной составляющей.

Интенсивность ЭМП промышленной частоты зависит от
напряжения на линии,
высоты подвеса токонесущих проводов и удаления от них.

Влияние на организм человека

нарушения деятельности нервной и сердечно-сосудистой систем (головная боль, повышенная утомляемость, боли в области сердца, апатия, повышенная чувствительность к яркому свету, резким звукам и другим раздражителям).

Гигиеническое нормирование

СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях».

ГОСТ 12.1.002-84 «ССБТ. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах».

СН 2971-84 «Защита населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты».

устанавливает ПДУ напряженности ЭП частотой 50 Гц для персонала, обслуживающего электроустановки и находящегося в зоне влияния создаваемого ими ЭП, в зависимости от времени пребывания в ЭП.

Допустимое время пребывания в ЭП напряженностью 5-20 кВ/м вычисляется по формуле

$$T = \frac{50}{E} - 2$$

T – допустимое время пребывания в ЭП при соответствующей напряженности, ч

E – напряженность воздействующего ЭП в контролируемой зоне, кВ/м

Допустимое время пребывания в ЭП может быть реализовано однократно или дробно в течение рабочего дня.

В остальное время напряженность ЭП не должна превышать 5 кВ/м.

Меры профилактики

- 1. Санитарно-технические:** стационарные экранирующие устройства (козырьки, навесы, перегородки), переносные (передвижные) экранирующие устройства (палатки, перегородки, щиты, зонты, экраны и т.д.).

Напряжение ЛЭП, кВ	<20	35	110	150-220	330-500	750
Размер санитарно-защитной зоны, м	10	15	20	25	30	40

- 2. Средства индивидуальной защиты:** защитный костюм, металлическая или пластмассовая каска, специальная обувь, имеющая электропроводящую подошву или выполненная целиком из электропроводящей резины.

**ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»**

**МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
БЕЗОПАСНОСТИ**

Лекция № 12

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

лектор - к.м.н., доцент Емельянов В.В.

**авторы-составители презентаций –
доценты кафедры иммунохимии УрФУ**

к.м.н. Емельянов В.В., к.х.н. Максимова Н.Е., к.х.н. Мочульская Н.Н.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

– упорядоченное движение
электрических зарядов

$$I = \frac{U}{R}$$

**Тяжесть поражения электрическим током
ЗАВИСИТ ОТ:**

- ✓ силы тока,
- ✓ электрического сопротивления тела человека,
- ✓ длительности протекания тока через тело,
- ✓ рода и частоты тока,
- ✓ индивидуальных особенностей человека ,
- ✓ условий окружающей среды.

Сила тока - основной фактор, определяющий тяжесть поражения человека и исход электротравмы

Для характеристики его воздействия на человека установлены три критерия:

- ***пороговый осязаемый ток ($\sim 1\text{ мА}$)*** - наименьшее значение тока, вызывающего осязаемые раздражения;
- ***пороговый неотпускающий ток (12-15 мА)*** - значение тока, вызывающее судорожные сокращения мышц, не позволяющие пораженному освободиться от источника поражения;
- ***пороговый фибрилляционный ток ($> 25\text{ мА}$)*** - значение тока, вызывающее фибрилляцию* желудочков сердца.

* ***Фибрилляция желудочков*** – хаотические сокращения сердечной мышцы, полностью нарушающие ее работу.

Ток 100 мА – смертельный

Средние значения пороговых токов

Ток	Значение тока		
	порогового ощутимого, мА	порогового неотпускающего, мА	порогового фибрилля- ционного, мА
Переменный частотой 50 Гц	0,5... 1,5	6... 10	50...100
Постоянный	5.0...20	50...80	300

Различные величины тока частотой 50 Гц действуют следующим образом:

- 5...10 мА** — боль в мышцах, судорожные их сокращения, руки с трудом можно оторвать от электродов;
- 10...20 мА** — боли, руки невозможно оторвать от электродов;
- 25...50 мА** — боль в руках и груди, дыхание затруднено, возможен паралич дыхания и потеря сознания;
- 50...80 мА** — при длительном действии возможна клиническая смерть;
- 100 мА и более** — при длительности более 3 с возможна клиническая смерть

Сопротивление тела человека



Наибольшим сопротивлением (3...20 кОм) обладает верхний слой кожи (0,2 мм), состоящий из мертвых ороговевших клеток, тогда как сопротивление спинномозговой жидкости 0,5...0,6 Ом.

Общее сопротивление тела за счет сопротивления верхнего слоя кожи достаточно велико, но как только этот слой повреждается - его значение резко снижается.

При расчетах, связанных с электробезопасностью, сопротивление тела человека принимают равным 1 кОм.

Длительность действия и «петля» тока

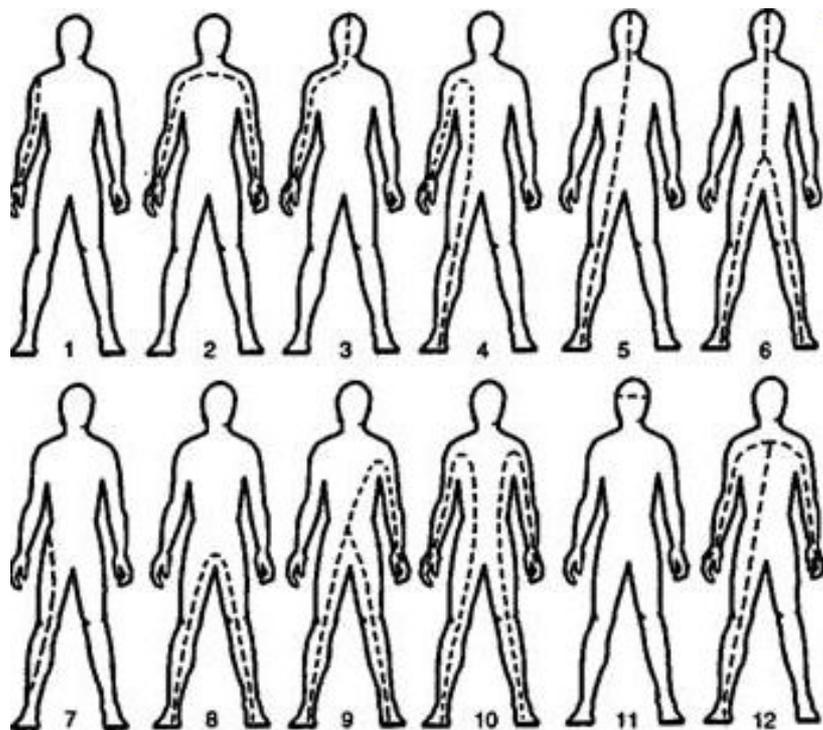


Рис. 2.3. Варианты «петель тока» (1–12)

существенно влияет на исход поражения, так как с течением времени резко падает сопротивление кожи человека, более вероятным становится поражение сердца и возникают другие отрицательные последствия.

Наиболее опасны те пути прохождения тока, при которых поражается головной или спинной мозг (голова – руки, голова – ноги), сердце и легкие (руки – ноги).

Род и частота тока

Наиболее опасен переменный ток частотой 20...1000 Гц.

Переменный ток опаснее постоянного при напряжениях до 300 В.

При больших напряжениях - постоянный ток.

Напряжение до
42 В переменного и 110 В постоянного тока
не вызывает поражений
при относительно непродолжительном воздействии.

Условия окружающей среды

В зависимости от условий, повышающих или понижающих опасность поражения человека электрическим током, все помещения делятся на помещения

- ***с повышенной опасностью*** [помещения с повышенной влажностью (более 75 %) или высокой температурой (выше 35 °С); при наличии токопроводящих пыли и полов, возможности одновременного прикосновения к элементам, соединенным с землей, и металлическим корпусам электрооборудования];
- ***особо опасные*** [помещения с высокой относительной влажностью (близкой к 100%), химически активной средой или одновременным наличием двух и более условий, соответствующих помещениям с повышенной опасностью].

БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ

```
graph TD; A[БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ] --> B[термическое]; A --> C[электролитическое]; A --> D[механическое]; B --> E[ожоги]; C --> F[электролиз крови и других жидкостей в организме – нарушение их химического состава и функций]; D --> G[травмы частей тела под действием непроизвольного сокращения мышц];
```

термическое

ожоги

электролитическое

электролиз крови и других жидкостей в организме – нарушение их химического состава и функций

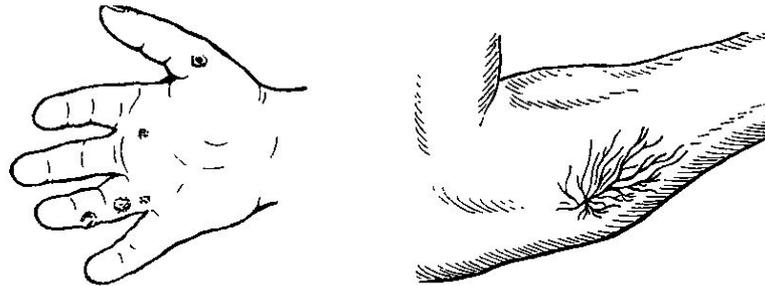
механическое

травмы частей тела под действием непроизвольного сокращения мышц

Основные виды поражений электрическим током

• *электротравмы*

- **электрический ожог** - результат теплового воздействия электрического тока в месте контакта;
- **электрический знак** - специфическое поражение кожи, выражающееся в затвердевании и омертвении верхнего слоя;
- **металлизация кожи** - внедрение в кожу мельчайших частичек металла;



- **электроофтальмия** - воспаление наружных оболочек глаз из-за воздействия ультрафиолетового излучения дуги;
- **механические повреждения**, вызванные непроизвольными сокращениями мышц под действием тока.

- **электрический удар** – поражение организма электрическим током, при котором возбуждение живых тканей сопровождается судорожным сокращением мышц

Средства и способы защиты человека от поражения электрическим током

- уменьшение рабочего напряжения электроустановок;
- выравнивание потенциалов (заземление, зануление);
- электрическое разделение цепей высоких и низких напряжений;
- увеличение сопротивления изоляции токоведущих частей (рабочей, усиленной, дополнительной, двойной и т. п.);
- применение устройств защитного отключения и средств коллективной защиты (оградительных, блокировочных, сигнализирующих устройств, знаков безопасности и т. п.), а также изолирующих средств защиты.