

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ КАК ВРЕДНЫЙ ФАКТОР ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

**Рубцова Н.Б.,
д.б.н., профессор,
ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда
имени академика Н.Ф. Измерова».**

***3-й Международный молодежный Форум «ПРОФЕССИЯ И ЗДОРОВЬЕ»
8-10 сентября 2020 г., Суздаль***

Наименование	Длины волн	Частоты
Квазипостоянные		0-3 Гц
Крайне низкие, КНЧ	100 000 км-10 000 км (декамегаметровые)	3-30 Гц
Сверхнизкие, СНЧ	10 000 км-1 000 км (мегаметровые)	30-300 Гц
Инфранизкие, ИНЧ	1 000 км-100 км (гектокилометровые)	0,3-3 кГц
Очень низкие, ОНЧ	100 км-10 км(мириаметровые)	3-30 кГц
Низкие, НЧ	10 км-1 км (километровые)	30-300 кГц
Средние, СЧ	1 км-100 м (гектометровые)	0,3-3,0 МГц
Высокие, ВЧ	100 м -10 м (декаметровые)	3-30 МГц
Очень высокие, ОВЧ	10 м – 1 м (метровые)	30-300 МГц
Ультравысокие, УВЧ	1 м – 10 см (дециметровые)	0,3-3 ГГц
Сверхвысокие, СВЧ	10 см - 1 см (сантиметровые)	3-30 ГГц
Крайне высокие, КВЧ	1 см - 0,1 см (миллиметровые)	30-300 ГГц
Гипервысокие, ГВЧ	1 мм-0,1 мм(децимиллиметровые)	300-3 000 ГГц

ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ ЭМП

Ближняя зона (зона индукции)

$$r < \lambda / 2\pi$$

Промежуточная зона (зона интерференции)

$$\lambda / 2\pi < r < 2\pi \lambda$$

Дальняя зона (волновая зона)

$$r > 2\pi \lambda$$

ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

ГИПОГЕОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ - ослабленное магнитное поле Земли

- ✓ экранированные помещения
- ✓ в радиотехнической, радиоэлектронной, авиационной промышленности,
- ✓ на гражданских и военных объектах радиосвязи и радиолокации,
- ✓ в подземных сооружениях (хранилищах, бункерах, шахтах, помещениях метрополитена),
- ✓ в зданиях из железобетонных конструкций,
- ✓ в средствах наземного, водного и воздушного транспорта гражданского и военного назначения и др.

ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

- ✓ оборудование электрогазоочистки, электростатическая сепарация руд и материалов, электроворсование,
- ✓ электростатическое нанесение лакокрасочных и полимерных материалов, изготовление и эксплуатация полупроводниковых приборов и микросхем,
- ✓ оборудование, накапливающее электростатические заряды вследствие электризации перерабатываемого продукта при изготовлении, обработке и транспортировке диэлектрических материалов,
- ✓ энергосистемы постоянного тока,
- ✓ эксплуатация вычислительной и множительной техники

ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

ПОСТОЯННОЕ МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

- ✓ магниты, электромагниты;
- ✓ силовоточные системы постоянного тока (линии передачи постоянного тока, электролизные ванны в производстве алюминия и другие электротехнические устройства),
- ✓ реакторы термоядерного синтеза,
- ✓ магнитогидродинамические генераторы,
- ✓ сверхпроводящие магнитные системы накопления энергии;
- ✓ Установки ядерного магнитного резонанса, электронного парамагнитного резонанса;
- ✓ медицинская техника (магниторезонансные томографы и физиотерапевтические аппараты) и др.
- ✓ трамваи, троллейбусы, электровозы на постоянном токе,
- ✓ транспортные средства на магнитной подушке.

ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ (50 Гц)

- ✓ элементы токопередающих систем различного напряжения
- ✓ Воздушные и кабельные линии электропередачи,
- ✓ распределительные устройства и др.,
- ✓ электротранспорт,
- ✓ электрооборудование промышленного, научного и медицинского назначения.

ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ РАДИОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА

- ✓ неэкранированные ВЧ-блоки установок (генераторные шкафы, конденсаторы, трансформаторы, магнетроны, клистроны, лампы бегущей волны, волноводные тракты и др.),
- ✓ физиотерапевтические аппараты,
- ✓ персональные ЭВМ,
- ✓ антенные системы радиолокационных станций (РЛС), радио- и телерадиостанций,
- ✓ Системы сухопутной подвижной радиосвязи и пр.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ И В МЕСТАХ ПРОЖИВАНИЯ

- ГИПОГЕОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ;
- ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЕ ПОЛЕ;
- ПОСТОЯННОЕ МАГНИТНОЕ ПОЛЕ;
- ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ (50 Гц);
- ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ РАДИОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА (10 кГц - 300 ГГц / 30 кГц-300 ГГц)

ГИГИЕНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ЭМП

- ✓ СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах».
- ПДУ электростатического поля, ПДУ постоянного магнитного поля,
- ПДУ ЭП и МП промышленной частоты 50 Гц, имп. МП (сварка);
- ПДУ электрического и магнитного полей в диапазоне частот 10 кГц – 300 МГц; ПДУ электромагнитных полей в диапазоне частот 300 МГц – 300 ГГц

СанПиН 2.1.8/2.2.4-1383 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов»

СанПиН 2.2.4.1329 – 03 «Требования по защите персонала от воздействия импульсных электромагнитных полей»

СанПиН 2.2.2/2.4-1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»

СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи»

СанПин 2.5.2/2.2.4.1989-06 «Электромагнитные поля на плавательных средствах и морских сооружениях. Гигиенические требования безопасности»

СанПиН 2.1.8/2.2.4.2489-09 «Гипогеомагнитные поля в производственных, жилых и общественных зданиях и сооружениях»

ГИГИЕНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ ВНЕПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ЭМП

- СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи»
- СанПиН 2.1.8/2.2.4-1383 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов»
- СанПиН 2.2.2/2.4-1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»
- СанПиН 2.1.2.2801-10 «Изменения и дополнения № 1 к СанПиН 2.1.2.2645-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях».
- ГН 2.1.8/2.2.4.2262-07 «Предельно допустимые уровни магнитных полей частотой 50 Гц в помещениях жилых, общественных зданий и на селитебных территориях»
- СанПиН 2.1.8/2.2.4.2489-09 «Гипогеомагнитные поля в производственных, жилых и общественных зданиях и сооружениях»

ГИПОГЕОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ

- ЦНС - признаки дисбаланса нервных процессов (преобладание торможения, дистония мозговых сосудов с регуляторной межполушарной асимметрией, возрастание амплитуды нормального физиологического тремора, удлинение времени реакции на появляющийся объект в режиме непрерывного аналогового слежения, снижение критической частоты слияния световых мельканий).
- Нарушения механизмов регуляции вегетативной нервной системы (функциональные изменения со ССС - лабильность пульса и АД, нейроциркуляторной дистонии гипертензивного типа, нарушения процесса реполяризации миокарда).
- Иммунная система - снижение общего числа Т-лимфоцитов и уменьшение концентрации IgG и IgA; увеличение концентрации IgE (свидетельство аллергизации организма).
- Рост заболеваемости с ВУТ (при более высокой частоте заболеваний, сопровождающихся синдромом иммунологической недостаточности).

ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

Биологическая активность сравнительно низкая

Ранее действие ЭСП связывали только с электрическими разрядами, возникающими при контакте человека с заряженными или незаземленными предметами.

Невротические реакции, в том числе фобии.

ЭСП обладает собственной биологической активностью.

Нарушения функционального характера (астеноневротический синдром и вегетососудистая дистония).

Преобладание субъективных жалоб невротического характера (головная боль, раздражительность, нарушение сна, ощущение "удара током" и т.п.). Объективно - не резко выраженные функциональные сдвиги, не имеющие каких-либо специфических проявлений.

Кровь устойчива к воздействию ЭСП. Тенденция к снижению показателей красной крови (эритроциты, гемоглобин), незначительному лимфоцитозу и моноцитозу.

ПОСТОЯННОЕ МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

Наиболее чувствительны системы, выполняющие регуляторные функции (нервная, сердечно-сосудистая, нейроэндокринная и др.)

Противоречивость взглядов.

Заключения экспертов ВОЗ об отсутствии существенного влияния ПМП с уровнями до 2 Тл

В РФ - изменения в состоянии здоровья у лиц, работающих с источниками ПМП (вегетодистонии, астеновегетативный и периферический вазовегетативный синдромы или их сочетание):

- субъективные жалобы астенического характера,
- функциональные сдвиги со стороны сердечно-сосудистой системы (брадикардия, иногда тахикардия, изменение на ЭКГ зубца Т), тенденция к гипотонии;
- достаточная устойчивость крови (только тенденция к снижению количества эритроцитов и содержания гемоглобина, умеренный лейко- и лимфоцитоз);

ПОСТОЯННОЕ МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

- **периферический вазовегетативный синдром** (или вегетативно-сенситивный полиневрит) с наличием вегетативных, трофических, сенситивных расстройств в дистальном отделе рук, изредка при легких двигательных и рефлекторных нарушениях.

Эпидемиологические исследования:

- сдвиги в картине крови и артериального давления, не выходящие за пределы нормальных физиологических колебаний;
- у рабочих алюминиевой промышленности повышенная заболеваемость и смертность от лейкемии (лейкоза).

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ НИЗКОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА (В Т.Ч. ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ)

- Взаимодействие внешних электромагнитных полей с биологическими объектами - наведение внутренних полей и электрических токов.
- величина и распределение внутренних полей и электрических токов в теле человека зависит от:
 - размера,
 - формы,
 - анатомического строения тела,
 - электрических и магнитных свойств тканей (электрическая/магнитная проницаемость и электрическая/магнитная проводимость),
 - ориентации объекта относительно поляризации тела,
 - характеристик ЭМП (частота, интенсивность, модуляция и др.).

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ

Жалобы:

- неврологического характера (головная боль, повышенная раздражительность, утомляемость, вялость, сонливость);
- на нарушение деятельности сердечно-сосудистой системы;
- на нарушение желудочно-кишечного тракта

Функциональные изменения нервной и сердечно-сосудистой систем:

- вегетативная дисфункции (тахи- или брадикардия, артериальная гипертензия или гипотония, лабильность пульса, гипергидроз);
- нерезко выраженные изменения состава периферической крови - умеренная тромбоцитопения, нейтрофильный лейкоцитоз, моноцитоз, тенденция к ретикулопении;
- Иммунологические изменения:
 - соотношения в пуле Т-лимфоцитов

ВЛИЯНИЕ НА НАСЕЛЕНИЕ

✓ IARC (МАИР)

в 2002 г. отнес МП ПЧ к категории 2b - «условных=возможных канцерогенов» по лейкозам для детей.

✓ ВОЗ

в рамках меморандума программы «Электромагнитные поля и здоровье человека» рекомендовала ввести в отношении регламентации МП ПЧ “precautionary principle” «в связи с вероятностью их канцерогенного влияния и недостаточной изученностью вопроса».

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ РАДИОЧАСТОТ И МИКРОВОЛН

Поглощение энергии ЭМП в тканях определяется в основном:

- колебанием свободных зарядов,
- колебанием дипольных моментов с частотой воздействующего поля.
- Первый - приводит к возникновению токов проводимости и связанным с электрическим сопротивлением среды потерям энергии (потери ионной проводимости),
- Второй - приводит к потерям энергии за счет трения дипольных молекул в вязкой среде (диэлектрические потери).

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ РАДИОЧАСТОТ И МИКРОВОЛН

Низкие частоты основной вклад в поглощение энергии ЭМП вносят потери, связанные с ионной проводимостью.

- Ионная проводимость возрастает с ростом частоты поля до $10^6 - 10^7$ Гц в связи с уменьшением емкостного сопротивления мембран и большим участием внутриклеточной среды в общей проводимости (увеличение поглощения энергии).
- **Увеличение частоты** - ионная проводимость среды практически постоянна, поглощение энергии увеличивается за счет потерь на вращение дипольных молекул среды (главным образом, молекул воды и белков).

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ РАДИОЧАСТОТ И МИКРОВОЛН

Максимумы поглощения

- телом энергии внешнего поля в случае резонансного поглощения при определенном соотношении длины волны с размером биологического объекта.
- Локальные максимумы поглощения внутри головы - 750-2500 МГц,
- Максимум с общим размером тела - 50-100 МГц.
- В диапазоне частот 10-200 ГГц. - быстрое затухание энергии ЭМП при ее проникновении вглубь ткани.
- Плотность потока энергии (ППЭ) 10 мВт/см^2 — порог теплового действия. (**ППЭ 10 мВт/см^2 МКВ диапазоне — УПМ — 4 Вт/кг массы**)
- ППЭ $1-10 \text{ мВт/см}^2$ наличие реакций организма человека неопределенно, может быть связано с микротепловыми изменениями.
- ППЭ менее 1 мВт/см^2 . возможность специфического и информационного действия

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ РАДИОЧАСТОТ И МИКРОВОЛН

Критические органы и системы:

- центральная нервная система,
- глаза,
- гонады,
- кроветворная система;
- эффекты со стороны сердечно-сосудистой и нейроэндокринной системы, иммунитета, обменных процессов,
- данные об индуцирующем влиянии на процессы канцерогенеза

ХРОНИЧЕСКИЕ НАРУШЕНИЯ

- ✓ **Астенический синдром** (на начальных стадиях заболевания) - жалобы на головную боль, повышенную утомляемость, раздражительность, периодически возникающие боли в области сердца. Вегетативные сдвиги обычно ваготонической направленности реакций (гипотония, брадикардия и др.).
- ✓ **Астеновегетативный синдром** (нейроциркуляторная дистония) гипертонического типа (в умеренно выраженных и выраженных стадиях заболевания) – на фоне углубления астенических проявлений вегетативные нарушения, связанные с преобладанием тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы в виде сосудистой неустойчивости с гипертензивными и ангиоспастическими реакциями
- ✓ **Гипоталамический синдром**, характеризующийся пароксизмальными состояниями в виде симптоадреналовых кризов. В период кризов возможны приступы пароксизмальной мерцательной аритмии, желудочковой экстрасистолии. Повышенная возбудимость, эмоциональная лабильность. Признаки раннего атеросклероза, ишемической болезни сердца, гипертонической болезни.

ОТДАЛЕННЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

- ✓ Ранний атеросклероз
- ✓ Ишемическая болезнь сердца
- ✓ Гипертоническая болезнь
- ✓ Онкологические заболевания
- ✓ Нарушения течения беременности
- ✓ Врожденные пороки развития у детей
- ✓ Нейро-дегенеративные заболевания (болезни Альцгеймера, Паркинсона, прогрессирующая мышечная атрофия, ALS, депрессия)

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ КАК ФАКТОР РИСКА

- **2002** - сверхнизкочастотные магнитные поля (диапазон 30-300 Гц) отнесены к категории возможных канцерогенов («Group 2b») (лейкозы у детей);
IARC. Volume 80. Non-ionizing Radiation, Part 1: Static and Extremely Low-frequency (ELF) Electric and Magnetic Fields 2002; 429 pages.
- **2011 г.** - ЭМП РЧ как фактора риска развития онкологических заболеваний - ЭМП, создаваемые аппаратами сотовой связи, отнесены к категории “2b” по рискам развития глиом у пользователей при длительной эксплуатации мобильных телефонов (более 10 лет)
- **2013 г.** - сообщение о возможной связи ЭМП мобильных телефонов и возрастанием риска злокачественных новообразований щитовидной железы.
IARC. Volume 102. Non-ionizing Radiation, Part 2: Radiofrequency Electromagnetic Fields 2013; 462 pages
- **2016 г.** – Исследование в рамках Национальной токсикологической программы США

КАТЕГОРИИ РИСКА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Электромагнитные поля
электроэнергетических, теле- и
радиопередающих объектов, систем
сухопутной подвижной радиосвязи и пр.

фактор риска потери здоровья

Для лиц, профессионально связанных с их
обслуживанием и эксплуатацией:

ЭМП – фактор осознанного риска

Для других категорий работающих и населения:

ЭМП - фактор вынужденного риска

Использование гаджетов:

ЭМП – фактор произвольного риска

ПРИНЦИПЫ ЗАЩИТЫ ОТ ЭМП

- Защита временем - применяется при отсутствии возможности уменьшения интенсивности воздействия до ПДУ. реализован в гигиенических нормативах
- Защита расстоянием - наиболее эффективный метод (выведение человека из зоны влияния ЭМП): санитарно-защитные зоны = «санитарные разрывы»).
- Защита с помощью применения средств защиты (коллективных и индивидуальных).



Спасибо за внимание