



# ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН

ЛИХ ЕВГЕНИЙ

ГРУППА 101

# ВВЕДЕНИЕ

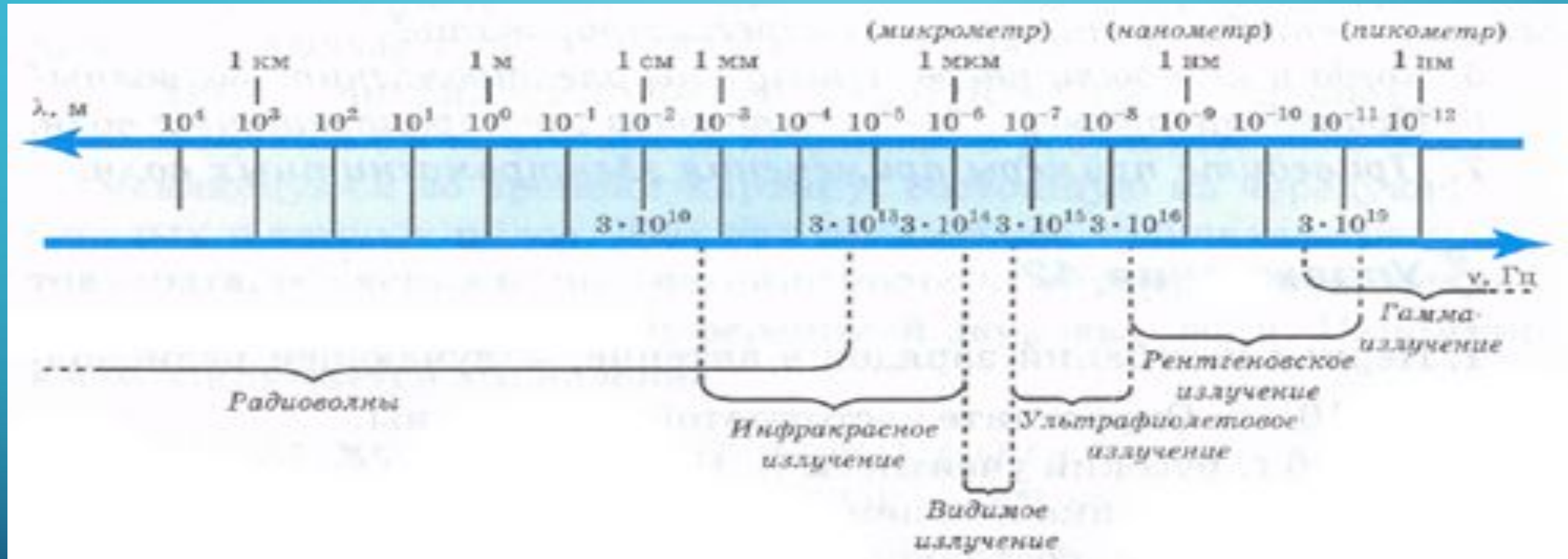
- Подобно световым волнам, радиоволны могут практически без потерь распространяться на большие расстояния в земной атмосфере, и это делает их полезнейшими носителями закодированной информации.
- После появления уравнений Максвелла стало ясно, что они предсказывают существование неизвестного науке природного явления — поперечных электромагнитных волн, представляющих собой распространяющиеся в пространстве со скоростью света колебания взаимосвязанных электрического и магнитного поля. Сам Джеймс Кларк Максвелл первым и указал научному сообществу на это следствие из выведенной им системы уравнений. В этом преломлении скорость распространения электромагнитных волн в вакууме оказалась столь важной и фундаментальной всеуниверсальной константой, что ее обозначили отдельной буквой  $c$  в отличие от всех прочих скоростей, которые

- Сделав это открытие, Максвелл сразу же определил, что видимый свет является «всего лишь» разновидностью электромагнитных волн. К тому времени были известны длины световых волн видимой части спектра — от 400 нм (фиолетовые лучи) до 800 нм (красные лучи), (нанометр — единица длины, равная одной миллиардной метра, которая в основном используется в атомной физике и физике лучей;  $1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$ ).

# 1. ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ. ВИДЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН

- Электромагнитные поля - это особая форма существования материи, характеризующаяся совокупностью электрических и магнитных свойств. Основными параметрами, характеризующими электромагнитное поле, являются: частота, длина волны и скорость распространения. Электромагнитные поля окружают нас повсюду, но мы не можем их почувствовать и вообще заметить, - поэтому мы не видим излучений милицейского радара, не видим лучей, поступающих от телевизионной башни или линии электропередачи. Имеется целый ряд типов электромагнитного излучения, начиная с радиоволн и заканчивая гамма-лучами. Электромагнитные лучи всех типов распространяются в вакууме со скоростью света и отличаются друг от друга только длинами волн.
- Сегодня открыты электромагнитные волны всех без исключения диапазонов, и практически все они находят широкое и полезное применение в науке и технике. Частоты волн и энергии соответствующих им квантов электромагнитного излучения возрастают с уменьшением длины волны.

# ШКАЛА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН



Совокупность всех электромагнитных волн образует так называемый сплошной **спектр электромагнитного излучения**. Он подразделяется на следующие **диапазоны** (в порядке увеличения частоты и уменьшения длины волн)

# 1.1 РАДИОВОЛНЫ

- Как уже отмечалось, радиоволны могут значительно различаться по длине — от нескольких сантиметров до сотен и даже тысяч километров, что сопоставимо с радиусом Земного шара (около 6400 км). Волны всех радиодиапазонов широко используются в технике — дециметровые и ультракороткие метровые волны применяются для телевидения и радиовещания в диапазоне ультракоротких волн с частотной модуляцией (УКВ/ФМ), обеспечивая высокое качество приема сигнала в пределах зоны прямого распространения волн. Радиоволны метрового и километрового диапазона применяются для радиовещания и радиосвязи на больших расстояниях с использованием амплитудной модуляции (АМ), которая, хотя и в ущерб качеству сигнала, обеспечивает его передачу на сколь угодно большие расстояния в пределах Земли благодаря отражению волн от ионосферы планеты. Впрочем, сегодня этот вид связи уходит в прошлое благодаря развитию спутниковой связи. Волны дециметрового диапазона не могут огибать земной горизонт подобно метровым волнам, что ограничивает зону приема областью прямого распространения, которая, в зависимости от высоты антенны и мощности передатчика, составляет от нескольких до нескольких десятков километров. И тут на помощь приходят спутниковые ретрансляторы, берущие на себя ту роль отражателей радиоволн, которую в отношении метровых волн играет ионосфера.

## 1.2 МИКРОВОЛНЫ

- Микроволны и радиоволны диапазона сверхвысоких частот (СВЧ) имеют длину от 300 мм до 1 мм. Сантиметровые волны, подобно дециметровым и метровым радиоволнам, практически не поглощаются атмосферой и поэтому широко используются в спутниковой и сотовой связи и других телекоммуникационных системах. Размер типовой спутниковой тарелки как раз равен нескольким длинам таких волн.
- Более короткие СВЧ-волны также находят множество применений в промышленности и в быту. Достаточно упомянуть про микроволновые печи, которыми сегодня оснащены и промышленные хлебопекарни, и домашние кухни. Действие микроволновой печи основано на быстром вращении электронов в устройстве, которое называется клистрон. В результате электроны излучают электромагнитные СВЧ-волны определенной частоты, при которой они легко поглощаются молекулами воды. Когда вы помещаете еду в микроволновую печь, молекулы воды, содержащиеся в еде, поглощают энергию микроволн, движутся быстрее и таким образом разогревают еду. Иными словами, в отличие от обычной духовки или печи, где еда разогревается снаружи, микроволновая печь разогревает ее изнутри.

## 1.3 ИНФРАКРАСНЫЕ ЛУЧИ

- Эта часть электромагнитного спектра включает излучение с длиной волны от 1 миллиметра до восьми тысяч атомных диаметров (около 800 нм). Лучи этой части спектра человек ощущает непосредственно кожей — как тепло. Если вы протягиваете руку в направлении огня или раскаленного предмета и чувствуете жар, исходящий от него, вы воспринимаете как жар именно инфракрасное излучение. У некоторых животных (например, у норных гадюк) есть даже органы чувств, позволяющие им определять местонахождение теплокровной жертвы по инфракрасному излучению ее тела.

Поскольку большинство объектов на поверхности Земли излучает энергию в инфракрасном диапазоне волн, детекторы инфракрасного излучения играют немаловажную роль в современных технологиях обнаружения. Инфракрасные окуляры приборов ночного видения позволяют людям «видеть в темноте», и с их помощью можно обнаружить не только людей, но и технику, и сооружения, нагретые за день и отдающие ночью свое тепло в окружающую среду в виде инфракрасных лучей. Детекторы инфракрасных лучей широко используются спасательными службами, например, для обнаружения живых людей под завалами после землетрясений или иных стихийных бедствий и техногенных катастроф.



## 1.4 ВИДИМЫЙ СВЕТ

- Как уже говорилось, длины электромагнитных волн видимого светового диапазона колеблются в пределах от восьми до четырех тысяч атомных диаметров (800–400 нм). Человеческий глаз представляет собой идеальный инструмент для регистрации и анализа электромагнитных волн этого диапазона. Это обусловлено двумя причинами. Во-первых, как отмечалось, волны видимой части спектра практически беспрепятственно распространяются в прозрачной для них атмосфере. Во-вторых, температура поверхности Солнца (около  $5000^{\circ}\text{C}$ ) такова, что пик энергии солнечных лучей приходится именно на видимую часть спектра. Таким образом, наш главный источник энергии излучает огромное количество энергии именно в видимом световом диапазоне, а окружающая нас среда в значительной мере прозрачна для этого излучения. Неудивительно поэтому, что человеческий глаз в процессе эволюции сформировался таким образом, чтобы

## 1.5 УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫЕ ЛУЧИ

- К ультрафиолетовым лучам относят электромагнитное излучение с длиной волны от нескольких тысяч до нескольких атомных диаметров (400–10 нм). В этой части спектра излучение начинает оказывать влияние на жизнедеятельность живых организмов. Мягкие ультрафиолетовые лучи в солнечном спектре (с длинами волн, приближающимися к видимой части спектра), например, вызывают в умеренных дозах загар, а в избыточных — тяжелые ожоги. Жесткий (коротковолновой) ультрафиолет губителен для биологических клеток и поэтому используется в медицине для стерилизации хирургических инструментов и медицинского оборудования, убивая все микроорганизмы на их поверхности.

- Всё живое на Земле защищено от губительного влияния жесткого ультрафиолетового излучения озоновым слоем земной атмосферы, поглощающим большую часть жестких ультрафиолетовых лучей в спектре солнечной радиации. Если бы не этот естественный щит, жизнь на Земле едва ли бы вышла на сушу из вод Мирового океана. Однако, несмотря на защитный озоновый слой, какая-то часть жестких ультрафиолетовых лучей достигает поверхности Земли и способна вызвать рак кожи, особенно у людей, от рождения склонных к бледности и плохо загорающих на солнце.

## 1.6 РЕНТГЕНОВСКИЕ ЛУЧИ

- Излучение в диапазоне длин волн от нескольких атомных диаметров до нескольких сот диаметров атомного ядра называется рентгеновским. Рентгеновские лучи проникают сквозь мягкие ткани организма и поэтому незаменимы в медицинской диагностике. Как и в случае с радиоволнами временной разрыв между их открытием в 1895 году и началом практического применения, ознаменовавшимся получением в одной из парижских больниц первого рентгеновского снимка, составил считанные годы.

## 1.7 ГАММА-ЛУЧИ

- Самые короткие по длине волны и самые высокие по частоте и энергии лучи в электромагнитном спектре — это  $\gamma$ -лучи (гамма-лучи). Они состоят из фотонов сверхвысоких энергий и используются сегодня в онкологии для лечения раковых опухолей (а точнее, для умерщвления раковых клеток). Однако их влияние на живые клетки столь губительно, что при этом приходится соблюдать крайнюю осторожность, чтобы не причинить вреда окружающим здоровым тканям и органам.

- Все описанные типы электромагнитного излучения проявляют себя внешне по-разному, по своей сути они являются близнецами. Все электромагнитные волны в любой части спектра представляют собой распространяющиеся в вакууме или среде поперечные колебания электрического и магнитного полей, все они распространяются в вакууме со скоростью света  $c$  и отличаются друг от друга лишь длиной волны и, как следствие, энергией, которую они переносят. В частности, микроволновые излучения с большими длинами волн нередко относятся к сверхвысокочастотному диапазону радиоволн. Отсутствуют четкие границы и между жестким ультрафиолетовым и мягким рентгеновским, а также между жестким рентгеновским и мягким гамма-излучением.

## 2. ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН В БЫТУ

- Без электричества человечество уже давно не мыслит своего существования. С помощью него работают все бытовые приборы, вся наша промышленность, медицинские приборы. Безусловно, электромагнитные волны нужны и полезны, но в то же время они оказывают и вредное воздействие на человека.
- Источниками низкочастотных излучений (0 - 3 кГц) являются все системы производства, передачи и распределения электроэнергии (линии электропередачи, трансформаторные подстанции, электростанции, различные кабельные системы), домашнюю и офисную электро- и электронную технику, в том числе и мониторы ПК, транспорт на электроприводе, ж/д транспорт и его инфраструктуру, а также метро, троллейбусный и трамвайный транспорт.

- Электромагнитное поле на 18-32% территории городов формируется в результате автомобильного движения. Электромагнитные волны, возникающие при движении транспорта, создают помехи теле- и радиоприему, а также могут оказывать вредное воздействие на организм человека. Транспорт на электроприводе является мощным источником магнитного поля в диапазоне от 0 до 1000 Гц. Железнодорожный транспорт использует переменный ток. Городской транспорт - постоянный. Максимальные значения индукции магнитного поля в пригородном электротранспорте достигают 75 мкТл, средние значения - около 20 мкТл. Средние значения на транспорте с приводом от постоянного тока зафиксированы на уровне 29 мкТл. У трамваев, где обратный провод - рельсы, магнитные поля компенсируют друг друга на гораздо большем расстоянии, чем у проводов троллейбуса, а внутри троллейбуса колебания магнитного поля невелики даже при разгоне. Но самые большие колебания магнитного поля - в метро. При отправлении состава величина магнитного поля на платформе составляет 50-100 мкТл и больше, превышая геомагнитное поле. Даже когда поезд давно исчез в туннеле, магнитное поле не возвращается к прежнему значению. Лишь после того, как состав минует следующую точку подключения к контактному рельсу, магнитное поле вернется к старому значению. Правда, иногда не успевает: к платформе уже приближается следующий поезд и при его торможении магнитное поле снова меняется. В самом вагоне магнитное поле еще сильнее - 150-200 мкТл, то есть в десять раз больше, чем в обычной электричке.



- Источники высокочастотных излучений (от 3 кГц до 300 ГГц) включают в себя функциональные передатчики - источники электромагнитного поля в целях передачи или получения информации. Это коммерческие передатчики (радио, телевидение), радиотелефоны (авто-, радиотелефоны, радио СВ, любительские радиопередатчики, производственные радиотелефоны), направленная радиосвязь (спутниковая радиосвязь, наземные релейные станции), навигация (воздушное сообщение, судоходство, радиоточка), локаторы (воздушное сообщение, судоходство, транспортные локаторы, контроль за воздушным транспортом). Сюда же относится различное технологическое оборудование, использующее СВЧ-излучение, переменные (50 Гц - 1 МГц) и импульсные поля, бытовое оборудование (СВЧ-печи), средства визуального отображения информации на электронно-лучевых трубках (мониторы ПК, телевизоры и пр.). Для научных исследований в медицине применяют токи ультравысокой частоты. Возникающие при использовании таких токов электромагнитные поля представляют определенную профессиональную вредность, поэтому необходимо принимать меры защиты от их воздействия на организм.

- Индукция магнитного поля от электроплит типа "Электра" на расстоянии 20-30 см от передней панели - там, где стоит хозяйка, - составляет 1-3 мкТл. У конфорок, оно, естественно, больше. А на расстоянии 50 см уже неотличимо от общего поля в кухне, которое составляет около 0,1-0,15 мкТл.
- Невелики и магнитные поля от холодильников и морозильников, у обычного бытового холодильника поле выше предельно допустимого уровня (0,2 мкТл) возникает в радиусе 10 см от компрессора и только во время его работы. Однако у холодильников, оснащенных системой "no frost" (заморозка без инея), превышение предельно допустимого уровня можно зафиксировать на расстоянии метра от дверцы.
- СВЧ-печи, в силу принципа своей работы, служат мощнейшим источником излучения. Но по той же причине их конструкция обеспечивает соответствующую экранировку, да и пища разогревается или готовится в них быстро. Но все же опираться локтем на включенную "микроволновку" не стоит. На расстоянии 30 см печь создает заметное переменное (50 Гц) магнитное поле (0,3-8 мкТл). Неожиданно малыми оказались поля от мощных электрических чайников. Так, на расстоянии 20 см от чайника "Tefal" поле составляет около 0,6 мкТл, а на расстоянии 50 см неотличимо от общего электромагнитного поля в кухне.

# 3. ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

- Западная промышленность уже реагирует на повышающийся спрос к бытовым приборам и персональным компьютерам, чье излучение не угрожает жизни и здоровью людей, рискнувших облегчить себе жизнь с их помощью. Так, в США многие фирмы выпускают безопасные приборы, начиная от утюгов с бифилярной намоткой и кончая неизлучающими компьютерами.
- В нашей стране существует Центр электромагнитной безопасности, где разрабатываются всевозможные средства защиты от электромагнитных излучений: специальная защитная одежда, ткани и прочие защитные материалы, которые могут обезопасить любой прибор. Но до внедрения подобных разработок в широкое и повседневное их использование пока далеко. Так что каждый пользователь должен позаботиться о средствах своей индивидуальной защиты сам, и чем скорее, тем лучше. Сотрудники Центра электромагнитной безопасности провели независимое исследование ряда компьютеров, наиболее распространенных на нашем рынке, и установили, что "уровень электромагнитных полей в зоне размещения пользователя превышает биологически опасный уровень"

- Степень биологического воздействия электромагнитных полей на организм человека зависит от частоты колебаний, напряженности и интенсивности поля, режима его генерации (импульсное, непрерывное), длительности воздействия. Биологическое воздействие полей разных диапазонов неодинаково. Чем короче длина волны, тем большей энергией она обладает. Высокочастотные излучения могут ионизировать атомы или молекулы в соматических клетках - и т.о. нарушать идущие в них процессы. А электромагнитные колебания длинноволнового спектра хоть и не выбивают электроны из внешних оболочек атомов и молекул, но способны нагревать органику, приводить молекулы в тепловое движение. Причем тепло это внутреннее - находящиеся на коже чувствительные датчики его не регистрируют. Чем меньше тело, тем лучше оно воспринимает коротковолновое излучение, чем больше - тем лучше воспринимает длинноволновое.

- 1. Астенический синдром. Этот синдром, как правило, наблюдается в начальных стадиях заболевания и проявляется жалобами на головную боль, повышенную утомляемость, раздражительность, нарушение сна, периодически возникающие боли в области сердца.
- 2. Астеновегетативный или синдром нейроциркулярной дистонии. Этот синдром характеризуется ваготонической направленностью реакций (гипотония, брадикардия и др.).
- 3. Гипоталамический синдром. Больные повышено возбудимы, эмоционально лабильны, в отдельных случаях обнаруживаются признаки раннего атеросклероза, ишемической болезни сердца, гипертонической болезни.
- Поля сверхвысоких частот могут оказывать воздействие на глаза, приводящее к возникновению катаракты (помутнению хрусталика), а умеренных - к изменению

- В результате длительного пребывания в зоне действия электромагнитных полей наступают преждевременная утомляемость, сонливость или нарушение сна, появляются частые головные боли, наступает расстройство нервной системы и др. Многократные повторные облучения малой интенсивности могут приводить к стойким функциональным расстройствам центральной нервной системы, стойким нервно-психическим заболеваниям, изменению кровяного давления, замедлению пульса, трофическим явлениям (выпадению волос, ломкости ногтей и т. п.).

## 4. ЗАЩИТА ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

- Действие электромагнитного излучения на организм человека в основном определяется поглощенной в нем энергией. Известно, что излучение, попадающее на тело человека, частично отражается и частично поглощается в нем. Поглощенная часть энергии электромагнитного поля превращается в тепловую энергию. Эта часть излучения проходит через кожу и распространяется в организме человека в зависимости от электрических свойств тканей (абсолютной диэлектрической проницаемости, абсолютной магнитной проницаемости, удельной проводимости) и частоты колебаний электромагнитного поля.
- Существенные различия электрических свойств кожи, подкожного жирового слоя, мышечной и других тканей обуславливают сложную картину распределения энергии излучения в организме человека. Точный расчет распределения тепловой энергии, выделяемой в организме человека при облучении, практически невозможен. Тем не менее, можно сделать следующий вывод: волны миллиметрового диапазона поглощаются поверхностными слоями кожи, сантиметрового — кожей и подкожной клетчаткой, дециметрового — внутренними органами.

- Кроме теплового действия электромагнитные излучения вызывают поляризацию молекул тканей тела человека, перемещение ионов, резонанс макромолекул и биологических структур, нервные реакции и другие эффекты.
- Из сказанного следует, что при облучении человека электромагнитными волнами в тканях его организма происходят сложнейшие физико-биологические процессы, которые могут явиться причиной нарушения нормального функционирования как отдельных органов, так и организма в целом.
- Нормы допустимого облучения устанавливаются для обеспечения безопасных условий труда обслуживающего персонала источников излучения и всех окружающих лиц (см. таблицу 2).
- Если облучение людей превышает указанные предельно допустимые уровни, то необходимо применять защитные средства.



- Защита человека от опасного воздействия электромагнитного облучения осуществляется рядом способов, основными из которых являются: уменьшение излучения непосредственно от самого источника, экранирование источника излучения, экранирование рабочего места, поглощение электромагнитной энергии, применение индивидуальных средств защиты, организационные меры защиты.
- Для реализации этих способов применяются: экраны, поглотительные материалы, аттенюаторы, эквивалентные нагрузки и индивидуальные средства.
- Экраны предназначены для ослабления электромагнитного поля в направлении распространения волн. Степень ослабления зависит от конструкции экрана и параметров излучения. Существенное влияние на эффективность защиты оказывает также материал, из которого изготовлен экран.
- Толщина экрана в основном определяется частотой и мощностью излучения и мало зависит от применяемого металла.
- Очень часто для экранирования применяется металлическая сетка. Экраны из сетки имеют ряд преимуществ. Они просматриваются, пропускают поток воздуха, позволяют достаточно быстро ставить и снимать экранирующие устройства.

# БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ РАДИОАКТИВНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

- Излучения радиоактивных веществ оказывают очень сильное воздействие на все живые организмы. Даже сравнительно слабое излучение, которое при полном поглощении повышает температуру тела лишь на  $0,001\text{ }^{\circ}\text{C}$ , нарушает жизнедеятельность клеток.
- Живая клетка — это сложный механизм не способный продолжать нормальную деятельность далее при малых повреждениях отдельных его участков. Между тем и слабые излучения способны нанести клеткам существенные повреждения и вызвать опасные заболевания (лучевая болезнь).
- При большой интенсивности излучения живые организмы погибают. Опасность излучений усугубляется тем, что они не вызывают никаких болевых ощущений даже при смертельных дозах.
- Механизм биологического действия излучения, поражающего объекты, еще недостаточно изучен. Но ясно, что оно сводится к ионизации атомов и молекул и это приводит к изменению их химической активности. Наиболее чувствительны к излучениям ядра клеток, особенно клеток, которые быстро делятся. Поэтому в первую очередь излучения поражают костный мозг, из-за чего нарушается процесс образования крови. Далее наступает поражение клеток пищеварительного тракта и других органов.
- Сильное влияние оказывает облучение на наследственность, поражая гены в хромосомах. В большинстве случаев это влияние является неблагоприятным.

- Облучение живых организмов может оказывать и определенную пользу. Быстроразмножающиеся клетки в злокачественных (раковых) опухолях более чувствительны к облучению, чем нормальные. На этом основано подавление раковой опухоли  $\gamma$ -лучами радиоактивных препаратов, которые для этой цели более эффективны, чем рентгеновские лучи.

- Доза излучения. Воздействие излучений на живые организмы характеризуется дозой излучения. Поглощенной дозой называют отношение энергии  $E$  ионизирующего излучения к массе  $m$  облучаемого вещества:

$$D = \frac{E}{m}. \quad (13.6)$$

- В СИ поглощенную дозу излучения выражают в грейх (сокращенно: Гр). 1 Гр равен поглощенной дозе излучения, при которой на единицу массы передается энергия ионизирующего излучения 1 Дж:

$$1 \text{ Гр} = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}.$$

- Естественный фон радиации (космические лучи, радиоактивность окружающей среды и человеческого тела) составляет за год дозу излучения около  $2 \cdot 10^{-3}$  Гр на человека. Международная комиссия по радиационной защите установила для лиц, работающих с излучением, предельно допустимую за год дозу 0,05 Гр. Доза излучения 3—10 Гр, полученная за короткое время, смертельна.

# РЕНТГЕН

- На практике широко используется внесистемная единица экспозиционной дозы излучения — рентген (сокращенно: Р). Эта единица является мерой ионизирующей способности рентгеновского и гамма-излучений. Доза излучения равна одному рентгену (1 Р), если в 1 см<sup>3</sup> сухого воздуха при температуре 0 °С и давлении 760 мм рт. ст. образуется столько ионов, что их суммарный заряд каждого знака в отдельности равен  $3 \cdot 10^{-10}$  Кл. При этом получается примерно  $2 \cdot 10^9$  пар ионов. Число образующихся ионов связано с поглощаемой веществом энергией. В практической дозиметрии можно считать 1 Р примерно эквивалентным поглощенной дозе излучения 0,01 Гр.

# ЗАЩИТА ОРГАНИЗМОВ ОТ ИЗЛУЧЕНИЯ.

- При работе с любым источником радиации (радиоактивные изотопы, реакторы и др.) необходимо принимать меры по радиационной защите всех людей, могущих попасть в зону действия излучения.
- Самый простой метод защиты — это удаление персонала от источника излучения на достаточно большое расстояние. Даже без учета поглощения в воздухе интенсивность радиации убывает обратно пропорционально квадрату расстояния от источника. Поэтому ампулы с радиоактивными препаратами не следует брать руками. Надо пользоваться специальными щипцами с длинной ручкой.
- В тех случаях, когда удаление от источника излучения на достаточно большое расстояние невозможно, для защиты от излучения используют преграды из поглощающих материалов.
- Наиболее сложна защита от  $\gamma$ -лучей и нейтронов из-за их большой проникающей способности. Лучшим поглотителем  $\gamma$ -лучей является свинец. Медленные нейтроны хорошо поглощаются бором и кадмием. Быстрые нейтроны предварительно замедляются с помощью графита.
- После аварии на Чернобыльской АЭС Международным агентством по атомной энергии (МАГАТЭ) по предложению нашей страны приняты рекомендации по дополнительным мерам безопасности энергетических реакторов. Установлены более строгие регламенты работ персонала АЭС.

# ИНФРАКРАСНОЕ И УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЯ. ШКАЛА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН

- Электромагнитное излучение с частотами в диапазоне от  $3 \cdot 10^{11}$  до  $3,75 \cdot 10^{14}$  Гц называется инфракрасным излучением. Его испускает любое нагретое тело даже в том случае, когда оно не светится. Например, батареи отопления в квартире испускают инфракрасные волны, вызывающие заметное нагревание окружающих тел. Поэтому инфракрасные волны часто называют тепловыми. Не воспринимаемые глазом инфракрасные волны имеют длины волн, превышающие длину волны красного света (длина волны  $\lambda = 780 \text{ нм} \text{ — } 1 \text{ мм}$ ). Максимум энергии излучения электрической дуги и лампы накаливания приходится на инфракрасные лучи. Инфракрасное излучение применяют для сушки лакокрасочных покрытий, овощей, фруктов и т. д. Созданы приборы, в которых не видимое глазом инфракрасное изображение объекта преобразуется в видимое. Изготавливаются бинокли и оптические прицелы, позволяющие видеть в темноте.

# УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

- Электромагнитное излучение с частотами в диапазоне от  $8 \cdot 10^{14}$  до  $3 \cdot 10^{16}$  Гц называется ультрафиолетовым излучением (длина волны  $\lambda = 10—380$  нм). Обнаружить ультрафиолетовое излучение можно с помощью экрана, покрытого люминесцирующим веществом. Экран начинает светиться в той части, на которую падают лучи, лежащие за фиолетовой областью спектра. Ультрафиолетовое излучение отличается высокой химической активностью. Повышенную чувствительность к ультрафиолетовому излучению имеет фотоэмульсия. В этом можно убедиться, спроецировав спектр в затемненном помещении на фотобумагу. После проявления бумага почернеет за фиолетовым концом спектра сильнее, чем в области видимого спектра. Ультрафиолетовые лучи не вызывают зрительных образов: они невидимы. Но действие их на сетчатку глаза и кожу велико и разрушительно. Ультрафиолетовое излучение Солнца недостаточно поглощается верхними слоями атмосферы. Поэтому высоко в горах нельзя оставаться длительное время без одежды и без темных очков. Стеклянные очки, прозрачные для видимого спектра, защищают глаза от ультрафиолетового излучения, так как стекло сильно поглощает ультрафиолетовые лучи.



# ШКАЛА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН



# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Живые объекты излучают электромагнитные волны. Клетки, ткани и органы являются структурами с точными электрическими характеристиками. Движение зарядов в организме человека связано с метаболическими процессами, происходящими в организме. Огромное количество биохимических реакций сопровождается разнообразными частотными характеристиками собственного электромагнитного излучения.
- Бурное развитие отраслей народного хозяйства привело к использованию во всех промышленных производствах, в медицине и в быту электромагнитных волн. Причем в ряде случаев человек оказывается подвержен их воздействию. Электромагнитные волны, взаимодействуя с тканями тела человека, вызывают определенные функциональные изменения. При интенсивном облучении эти изменения могут оказать вредное воздействие на организм человека.

- Человек «приручает» электромагнитные волны, создает все более безопасные бытовые приборы, ведь знание природы воздействия электромагнитных волн на организм человека, норм допустимых облучений, методов контроля интенсивности излучений и средств защиты от них является совершенно необходимым для дальнейшего успешного их применения все в более новых отраслях науки и техники.

# ПРИЛОЖЕНИЯ

## ТАБЛИЦА 1. КЛАССИФИКАЦИЯ ОПАСНЫХ И ВРЕДНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Род излучения, название диапазона длин волн	Диапазон		Название диапазона частот
	длин волн	частот, Гц	
<b>ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ИЗЛУЧЕНИЯ</b>			
Радиоволны:			Радиочастоты:
Мириаметровые	100 000 -10 км	$3-3 \cdot 10^4$	Очень низкие частоты (ОНЧ)
Километровые	10-1 км	$3 \cdot 10^4- 3 \cdot 10^5$	Низкие частоты (НЧ)
Гектометровые	1000-100 м	$3 \cdot 10^5- 3 \cdot 10^6$	Средние частоты (СЧ)
Декаметровые	100-10 м	$3 \cdot 10^6- 3 \cdot 10^7$	Высокие частоты (ВЧ)
Метровые	10-1 м	$3 \cdot 10^7- 3 \cdot 10^8$	Очень высокие частоты (ОВЧ)
Дециметровые	100 -10 см	$3 \cdot 10^8- 3 \cdot 10^9$	Ультравысокие частоты (УВЧ)
Сантиметровые	10-1 см	$3 \cdot 10^9- 3 \cdot 10^{10}$	Сверхвысокие частоты (СВЧ)
Миллиметровые	10-1 мм	$3 \cdot 10^{10}- 3 \cdot 10^{11}$	Крайне высокие частоты
Децимиллиметровые	1 - 0,1 мм	$3 \cdot 10^{11}- 3 \cdot 10^{12}$	Сверхкрайне высокие частоты (СКВЧ)
<b>ИЗЛУЧЕНИЯ ОПТИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНА</b>			
Инфракрасные волны	100-0,76 мкм	$3 \cdot 10^{12}- 3,9 \cdot 10^{14}$	
Видимый свет	0,76 - 0,39 мкм	$3,9 \cdot 10^{14}- 7,7 \cdot 10^{14}$	
Ультрафиолетовые волны	0,39 - 0,001 мкм	$7,7 \cdot 10^{14} - 3 \cdot 10^{17}$	
<b>ИОНИЗИРУЮЩИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ</b>			
Рентгеновское излучение	$0,001- 1 \cdot 10^{-6}$ мкм	$3 \cdot 10^{17}- 3 \cdot 10^{20}$	
Гамма-излучение	$1 \cdot 10^{-6}$ мкм и менее	$3 \cdot 10^{20}$ и более	
<b>КОРПУСКУЛЯРНЫЕ ИЗЛУЧЕНИЯ</b>			
альфа-, бета-лучи, нейтроны, протоны и др.			

## ТАБЛИЦА 2. ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ УРОВНИ ЭМП ПРИ КРУГЛОСУТОЧНОМ НЕПРЕРЫВНОМ ИЗЛУЧЕНИИ

Название радиоволн	Диапазон частот	Диапазон длин волн	ПДУ
Километровые волны	30—300 кГц	10—1 км	25 В/м
Гектометровые волны	0,3—3 МГц	1—0,1 км	15 В/м
Декаметровые волны	3—30 МГц	100—10 м	10 В/м
Метровые волны	30—300 МГц	10—1 м	3 В/м
Дециметровые волны	300—3000 МГц	1—0,1 м	10 мкВт/см <sup>2</sup>
Сантиметровые волны	3—30 ГГц	10—1 см	10 мкВт/см <sup>2</sup>

The background is a dark blue gradient. In the corners, there are decorative white and light blue circuit-like patterns consisting of lines and circles, resembling a printed circuit board or a network diagram.

- Спасибо за внимание.