

Министерство образования и науки Российской Федерации
Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова

В.Т. Белых
О.Ю. Ильина

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

*Утверждено Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия*

Магнитогорск
2015

УДК 614.64(075)
ББК 31-30ня7
Б 439

Рецензенты:

*Заведующий кафедрой экологии Сибайского филиала
Башкирского государственного университета,
профессор, доктор технических наук*
С.И. Янтурин

*Начальник лаборатории охраны окружающей среды ОАО «ММК»,
кандидат технических наук*
О.Ф. Дробный

Белых, В.Т.

Б 439 **Энергетическое загрязнение среды обитания:** учеб. пособие / В.Т. Белых, О.Ю. Ильина. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. – 46 с.

Учебное пособие раскрывает вопросы энергетического загрязнения среды обитания, которое рассматривается в рамках дисциплины «Источники загрязнения среды обитания». Акцент сделан на источники теплового, радиоактивного, акустического и электромагнитного загрязнения среды. Кратко рассмотрены воздействия данных видов загрязнений на живые организмы и человека и меры защиты от них.

Предназначено для обучающихся направления 280700.62 «Техносферная безопасность».

УДК 614.64(075)
ББК 31-30ня7

© Магнитогорский государственный
технический университет
им. Г.И. Носова, 2015
© Белых В.Т., Ильина О.Ю., 2015

ВВЕДЕНИЕ

Главным и наиболее распространенным видом отрицательного воздействия человека на биосферу является загрязнение. Большинство острейших экологических ситуаций в мире и в России так или иначе связано с загрязнением окружающей природной среды (взрыв на Чернобыльской АЭС, кислотные дожди, парниковый эффект).

Наиболее развернутую характеристику этого понятия приводит известный французский ученый Ф. Рамад (1981): «Загрязнение есть неблагоприятное изменение окружающей среды, которое целиком или частично является результатом человеческой деятельности, прямо или косвенно меняет распределение приходящей энергии, уровни радиации, физико-химические свойства окружающей среды и условия существования живых существ. Эти изменения могут влиять на человека прямо или через сельскохозяйственную продукцию, через воду или другие биологические продукты (вещества)».

По видам загрязнения выделяют:

1) химические, или материальные (тяжелыми металлами, пестицидами, отдельными химическими веществами и элементами, синтетическими поверхностно-активными веществами (СПАВ), пластмассами);

2) физические, или энергетические (тепловое, шумовое, радиоактивное, электромагнитное);

3) биологические (биогенное, микробиологическое, продукты и живые организмы, появляющиеся в результате исследований в области геной инженерии).

Широкое внедрение в промышленности новых интенсивных технологий, рост мощности и быстроходности оборудования, сопровождающееся увеличением сжигания топлива, широкое использование многочисленных средств наземного, воздушного и водного транспорта, применение разнообразного электрифицированного промышленного, бытового оборудования, средств связи, развитие ядерной энергетики, – все это привело к тому, что человек – на работе, в быту, на отдыхе, при передвижении и пр. – подвергается многократному воздействию энергетического загрязнения среды обитания.

1. ИСТОЧНИКИ ТЕПЛООВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

С использованием природных ресурсов связано тепловое загрязнение и, в частности, накопление дополнительной энергии в околоземном пространстве. Энергия избыточной теплоты выделяется многими энергетическими и технологическими установками (электростанции, промышленные предприятия) и распространяется в окружающую среду с теплоносителями (нагретые газы, пар, вода, растворы, расплавы и др.), а также тепловым излучением от нагретых поверхностей. Тепловые загрязнения носят, как правило, локальный характер.

Ежегодно в окружающую среду планеты поступает до $2 \cdot 10^{24}$ Дж теплоты. Основными источниками тепловых выбросов являются процессы сжигания органического топлива и объекты ядерной энергетики. Газовые выбросы в атмосферу при неблагоприятных метеорологических условиях могут способствовать повышению температуры в зоне их распространения.

К факторам и условиям, повышающим температуру воздуха, относятся:

- увеличение в составе атмосферы углекислого газа;
- выделение антропогенного тепла при сжигании различных видов минерального и органического топлива, а также при крупных пожарах;
- увеличение площадей поверхностей, выполняющих роль аккумуляторов (асфальт, каменные покрытия, стены, железные крыши зданий и т.д.), имеющих в летнее время температуру 60°C .

Установлено, что органического топлива в сутки человечеством потребляется столько, сколько природа синтезировала бы его за тысячелетие. При ежегодном сжигании 7 млрд т условного топлива в атмосферу выбрасывается $143 \cdot 10^{14}$ Дж тепла. Тепловыделения совокупности промышленных предприятий на региональном уровне составляют от 10 до 200 Вт/м^2 площадью до 10^4 км^2 . Это приводит к устойчивым «островам теплоты», следствием чего является образование в зонах их действия туманов, облачности, увеличение атмосферных осадков, в том числе кислотных дождей.

Источниками теплового загрязнения в городе служат:

- подземные газопроводы промышленных предприятий ($140\text{--}160^{\circ}\text{C}$);
- теплотрассы ($50\text{--}150^{\circ}\text{C}$);
- сборные коллекторы и коммуникации ($35\text{--}45^{\circ}\text{C}$).

На современном этапе цивилизации тепловое загрязнение атмосферы в основном связано с возникновением так называемых «островов теплоты», т.е. грандиозных промышленно-городских конгломератов, занимающих площадь до сотни квадратных километров. Они характеризуются мощной концентрацией энергии при

ее производстве, но в большей степени при потреблении. Температура воздуха внутри «островов теплоты» устойчиво превышает на 1–4°C естественную температуру воздуха вокруг них, что приводит к возникновению сильной вертикальной конвекции и, как следствие, к увеличению интенсивности выпадающих осадков (в т.ч. кислотных дождей), а в совокупности с продуктами сгорания и образованию влажного смога (типа лондонского). Тепловое воздействие проявляется также в ухудшении режима земной поверхности: термокауст, солифлюкция, наледи (замерзание прорвавшейся грунтовой воды с образованием больших ледяных полей) и в ухудшении условий жизни людей.

1.1. Воздействие теплового загрязнения

Тепловое загрязнение причиняет серьезный вред водным системам. Оно обуславливается сбросом в источники подогретых вод или изменением температуры в результате действия других факторов. Нагретые сточные воды повышают температуру в водных объектах, изменяя их естественный тепловой режим и протекание биохимических процессов. Важнейшим поставщиком подогретых вод являются тепловые и атомные электростанции, а также другие объекты, где вода используется как охлаждающий агент. Серьезной экологической проблемой является то, что обычным способом использования воды для поглощения тепла является прямая прокачка пресной озерной или речной воды через охладитель и затем возвращение ее в естественные водоемы без предварительного охлаждения. Для электростанции мощностью 1000 МВт требуется озеро площадью 810 га, глубиной около 8,7 м. Эти воды, попадая в реки и водоемы, обуславливают их тепловое загрязнение. В местах выхода вод образуются зоны, в которых температура выше, чем во всем водоеме. Электростанции могут повышать температуру воды по сравнению с окружающей на 5–15°C. Если температура воды в водоеме составляет 16°C, то температура отработанной на станции воды будет от 22 до 28°C. В летний период она может достигать 30–36°C. Это приводит к размножению водорослей, потере кислорода, углекислоты и азота, что сказывается на воспроизводстве рыб, растений, гибели гидробионтов, превращении типично водных экосистем в болотные. Выработка 1 млн кВт электроэнергии на ТЭС дает 1,5 км³ подогретых вод, на АЭС такой же мощности объем подогретых вод достигает 3–3,5 км³.

Большинство морских обитателей лишены способности поддерживать определенную температуру тела. У этих существ устанавливается такая же температура, как у окружающей воды. Организмы, неспособные передвигаться, например взрослые устрицы или укорененные растения, находятся в полной зависимости от

температуры окружающей воды. Вне определенных температурных пределов они просто не могут существовать. Те же организмы, которые могут плавать, например рыбы, перемещаются в зоны с подходящей температурой. Это явление называется поведенческим регулированием температуры.

В естественных условиях при медленных повышениях или понижениях температур рыбы и другие водные организмы постепенно приспосабливаются к изменениям температуры окружающей среды. Но если в результате сброса в реки и озера горячих стоков с промышленных предприятий быстро устанавливается новый температурный режим, времени для акклиматизации не хватает, живые организмы получают тепловой шок и погибают. Искусственное подогревание воды может существенно изменить и поведение рыб – вызвать несвоевременный нерест, нарушить миграцию. Если разрушающая сила электростанций превышает способность видов к самовосстановлению, популяция приходит в упадок. Повышение температуры воды способно нарушить структуру растительного мира водоемов. Характерные для холодной воды водоросли заменяются более теплолюбивыми и, наконец, при высоких температурах полностью ими вытесняются. Кроме изменения среды обитания водных организмов, электростанции могут оказывать на них физическое влияние. Соленая вода, используемая для охлаждения, оказывает сильное коррозирующее влияние на металлические поверхности и вызывает высвобождение ионов металлов, особенно меди, в воду. Ракушечные животные накапливают медь в таких количествах, что становятся непригодными для использования их человеком.

Результатом сброса в водоемы нагретых стоков могут быть и иные, более серьезные последствия. Одним из них является влияние на процессы обмена веществ. Согласно закону Ван-Гоффа, скорость химической реакции удваивается с увеличением температуры на каждые 10°C. Поскольку температура тела холоднокровных организмов регулируется температурой окружающей водной среды, повышение температуры воды усиливает скорость обмена веществ у рыб и водных беспозвоночных.

В свою очередь, это повышает их потребность в кислороде. В результате же возрастания температуры воды содержание в ней кислорода падает. Нехватка кислорода вызывает жесткий физиологический стресс и даже смерть.

Если тепловое загрязнение усугубляется поступлением в водоем органических и минеральных веществ (смыв удобрений с полей, навоза с ферм, бытовые стоки), происходит процесс эвтрофикации, т.е. резкого повышения продуктивности водоема. Азот и фосфор, служа питанием для водорослей, в том числе микроскопических, позволяют последним резко усилить свой рост. Размно-

жившись, они начинают закрывать друг другу свет, в результате чего происходит их массовое отмирание и гниение.

В общем, приток избыточного тепла упрощает водные сообщества, иными словами, число различных видов уменьшается, хотя количество представителей отдельных видов может быть велико. В одном из исследований было показано, что при 31°C число видов становится вдвое меньше, чем при 26°C. Еще 24% видов исчезли при 34°C. Быть может, однако, что такая упрощенная экосистема менее устойчива, чем первоначальная, более сложная. Для температуры во многих естественных водоемах характерны сезонные вариации. Эти вариации позволяют различным видам доминировать в различные периоды года так, что большое число видов способно конкурировать за пространство и пищу на данном участке. Частично влияние теплового загрязнения на существа можно объяснить тем, что добавочное тепло сглаживает эти флуктуации температуры. Следовательно, в зоне теплового загрязнения способно существовать меньшее число видов.

Все перечисленные выше последствия теплового загрязнения водоемов наносят огромный вред природным экосистемам и приводят к пагубному изменению среды обитания человека.

1.2. Защита от теплового загрязнения

Неблагоприятные эффекты теплового загрязнения вод требуют повсеместного внедрения систем для охлаждения производственных стоков (градирен). Важную роль играет экономия топлива. Защита от теплового загрязнения атмосферного воздуха больших городов и промышленных центров обеспечивается рациональными объемно-планировочными решениями, создающими условия для проветривания жилых кварталов, разделением промышленной и селитебной зон, уменьшением удельной энергоемкости продукции, выбором ресурсо- и энергосберегающих технологий, использованием «вторичного» тепла для различных целей (в том числе и для обогрева парников, теплиц и зданий), повсеместной экономией тепло- и энергоресурсов и т.п. В этом отношении весьма перспективными являются инженерные решения по утилизации энергии уходящих газов дымовых печей и сушильных камер широко используются рекуперативные пластинчатые теплообменники, подогревающие приточный воздух в системах вентиляции и воздушного отопления, тепловых завес и т.п. Применяются также модульные утилизационные теплообменники на стационарных двигателях внутреннего сгорания, передающие теплоту

уходящих газов для систем снабжения горячей водой предприятий, жилья, тепличных хозяйств.

Кроме того, разработаны технологические пути решения проблемы охлаждения на электростанциях. Вместо использования в качестве охладителя воды из естественных водоёмов инженерами предложен метод, позволяющий решить данную проблему без вреда для окружающей среды. Это метод испарительных или охладительных башен. Вместо спуска нагретой воды в реку электростанция перекачивает эту воду в нижнюю часть 90–150 – метровой охладительной башни со скошенными стенками. Нагретая вода из труб разбрызгивается на водоуловитель и охлаждается, стекая через ряд перегородок и планок. Температурные и атмосферные различия, созданные нагретой водой, вызывают приток воздуха, который всасывается снизу, проходит между планками и перегородками и выходит через верхнее отверстие башни. Вода скапливается в бассейне под днищем башни и вновь возвращается в конденсатор. Незначительная часть воды, примерно 2,8–4,0%, теряется при испарении. При использовании охладительных башен полностью исключается тепловое загрязнение среды, но данное природоохранное мероприятие требует определённых материальных затрат.

2. ИСТОЧНИКИ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Все население Земли подвергается воздействию радиационного фона, имеющего относительно постоянный уровень. Под радиационным фоном принято понимать ионизирующие излучения от природных источников космического и земного происхождения, а также от искусственных радионуклидов, рассеянных в биосфере в результате деятельности человека. Радиационный фон обусловлен факторами окружающей среды и не включает облучение лиц, работающих с источниками ионизирующего излучения, облучение в диагностических и лечебных целях и др.

Различают природный (естественный) радиационный фон; технологически измененный естественный радиационный фон; искусственный радиационный фон, обусловленный радиоактивностью продуктов ядерного взрыва.

Естественный радиационный фон (ЕРФ) представляет собой ионизирующие излучения, действующие на человека на поверхности Земли от природных источников космического и земного происхождения.

Биосфера Земли постоянно подвергается воздействию ионизирующего излучения, в том числе космического, альфа-, бета- и гамма-излучений многочисленных радионуклидов, рассеянных в земных породах, воде подземных источников, рек, морей и океанов, в воздухе, а также входящих в состав живых организмов. Совокупность

этих видов ионизирующего излучения получила название природного или естественного радиоактивного фона. С космическим излучением в нижние слои атмосферы попадают такие радионуклиды, как тритий, бериллий-7, бериллий-10, натрий-22, натрий-23, изотоп углерода-14. Основные радиоактивные изотопы, встречающиеся в горных породах, калий-40 (основной естественный бета-излучатель), рубидий-87 (радионуклид с мягким бета-излучением), уран-238, торий-232 (является альфа-излучателем).

Технологически измененный естественный радиационный фон (ТИЕРФ) представляет собой ионизирующие излучения от природных источников, претерпевших определенные изменения в результате деятельности человека. Например, излучение от естественных радионуклидов, поступающих в биосферу вместе с извлеченными из недр Земли полезными ископаемыми; результат поступления в окружающую среду продуктов сгорания органического топлива; излучение в помещениях, построенных из материалов, содержащих естественные радионуклиды.

С началом широкого испытания ядерного оружия возникло глобальное загрязнение биосферы искусственными радионуклидами. В последние годы к нему присоединяются все возрастающие загрязнения локального, регионального и глобального характера отходами предприятий ядерной энергетики и в результате использования источников ионизирующих излучений в научных целях, в медицине и народном хозяйстве.

Значительное загрязнение окружающей среды может возникнуть в результате аварий на АЭС.

Таким образом, к антропогенным источникам ионизирующих излучений относятся:

- испытания ядерного оружия;
- предприятия по добыче, переработке и получению расщепляющихся материалов и искусственных радиоактивных изотопов;
- учреждения, предприятия и лаборатории, использующие радиоактивные вещества в технологии производственных процессов.

В зависимости от характера технологического процесса, осуществляемого в «горячих» лабораториях (фасовка радиоактивных веществ, выполнение экспериментов с облученными на реакторах материалами, изготовлением радиоактивных препаратов и т. д.), они могут быть источниками газообразных, жидких и твердых радиоактивных отходов с высоким содержанием в них разнообразных радиоактивных изотопов.

При применении открытых радиоактивных веществ в медицинской практике возможно образование газообразных, жидких и твердых радиоактивных отходов (воздух, удаленный из боксов и вытяжных шкафов; выделения больших; респираторы однократно го использования, фильтровальная бумага и др.).

Главным источником ионизирующих излучений и радиоактивного загрязнения является искусственный радиационный фон от предприятий ядерного топливного цикла. Это атомные станции (реакторы, хранилища отработанного ядерного топлива, хранилища отходов); предприятия по изготовлению ядерного топлива (урановые рудники и гидрометаллургические заводы, предприятия по обогащению урана и изготовлению тепловыделяющих элементов – ТВЭЛов); предприятия по переработке и захоронению радиоактивных отходов (радиохимические заводы, хранилища отходов); исследовательские ядерные реакторы, транспортные ядерно-химические установки и военные объекты.

К антропогенным источникам ионизирующих излучений можно отнести медицинское обслуживание, телевизоры и дисплеи, авиатранспорт на высоте 12 км, ТЭС в радиусе 20 км и др.

Источниками радиоактивных загрязнений биосферы могут быть: выпадения радиоактивных аэрозолей, поступающих в стратосферу в результате испытания ядерного оружия; выпадения радиоактивных изотопов, образующихся в результате уничтожения в высоких слоях атмосферы ядерных энергетических установок; отходы атомной промышленности, захороненные с нарушением технологии, потерянные при транспортировке; все виды стоков, сбросов, выбросы при работе и авариях на атомных электростанциях, подводных и надводных судах с атомными двигателями; радиоактивные вещества, попавшие в биосферу в результате аварийных ситуаций и несчастных случаев, связанных с атомным оружием; неконтролируемые источники радиации (отходы урановых шахт, производства, на которых используются радиоактивные изотопы, заводы по переработке горючих веществ). Радиоактивное загрязнение биосферы тем более опасно, что использование радиоактивных изотопов в промышленности и энергетике локализовано в районах с наибольшей плотностью населения. При испытании атомного оружия все радиоактивные изотопы находятся в атомном состоянии. По мере охлаждения облака взрыва тугоплавкие материалы оболочки бомбы конденсируются и во взвешенном состоянии переносятся на огромные расстояния.

Кроме радиоактивных продуктов деления урана или плутония, в глобальных радиоактивных выпадениях могут присутствовать радиоактивные изотопы, возникающие в результате взаимодействия нейтронов, образующихся при ядерном взрыве с атомами элементов заряда, конструкций и элементов, содержащихся в воздухе, почве, породах. За счет взаимодействия нейтронов с элементами заряда образуется нептуний-239, а при термоядерном взрыве – тритий и уран-237. При взаимодействии нейтронов с конструктивными элементами устройства образуются кобальт-60, кобальт-57, вольфрам-185, вольфрам-181, рений-188 и родий-102. При взаимодействии с компо-

нентами воздуха образуются аргон-41, углерод-14 и тритий. При взаимодействии с почвой активируются алюминий, кремний, натрий, марганец, железо, кобальт и другие элементы.

Долгоживущие изотопы: тритий, плутоний-235, плутоний-238, углерод-14, железо-55, кобальт-60, поступившие в атмосферу в результате ядерных взрывов, выпадают на поверхность суши или водную поверхность. В почве они аккумулируются, загрязняя ее.

Миграция радиоактивных веществ в почве определяется ее гидрологическим режимом и химическим составом почвы и радионуклидов. Большой сорбционной способностью обладают глинистые почвы, черноземы. Высокой прочностью удерживания в почве обладают ^{90}Sr и ^{137}Sr . В сельскохозяйственных культурах обнаруживается 0,1–1% от общего ^{90}Sr в почвах (табл.1).

Огромную опасность представляют открытые полигоны временного хранения радиоактивных отходов (ВАО). Только в России на предприятиях атомной энергии образуется свыше 1,5 млн т опасных отходов, а утилизируется и обезвреживается всего 22,4%, в спецхранилища помещается 46,4%, передается другим ведомствам и организациям 31,2%.

Наиболее распространенным ВАО являются жидкие отходы, основная часть которых накапливается в связи с производством оружейного плутония.

Таблица 1

Ориентировочное значение радиоактивного загрязнения
сухой массы культурных растений, Бк/кг

Культура	Sr-90	Sr-137
Пшеница	2,849	10,73
Морковь	0,555	1,887
Капуста	0,469	2,109
Картофель	0,185	1,406
Свекла	0,666	1,702
Яблоки	0,333	1,998

Отработанные ядерные отходы представляют собой урановые трубки, которые до отправки на переработку уже отслужили 5–10 лет на атомных электростанциях. Затем их помещают в специальный транспортный чехол из циркония и в специальный контейнер с толщиной стенок 30 см. На месте захоронения ядерные отходы помещают в особые контейнеры, так называемые тепловыделяющие сборники. Десятилетия отработан-

ное ядерное топливо будет «светиться» радиацией и выделять тепло. Все это время контейнеры с урановыми трубками будут охлаждаться на глубине четырех метров. В дальнейшем главным источником ВАО станет процесс переработки отработанного ядерного топлива (ОЯТ) с целью извлечения урана и плутония. Его промывают в огромном количестве различных химических растворов, чтобы экстрагировать плутоний. Получаются твердые, газообразные и жидкие радиоактивные отходы. Жидких радиоактивных отходов при обработке одной тонны ядерного топлива получается 2 тыс. т – радиоактивной жидкости. Всего на этих полигонах в РФ хранится 1,5 млн Ки (1 Ки = $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк, что соответствует активности 1 г радия) отработанного ядерного топлива и загрязненного оборудования (самый крупный из них – это территория ПО «Маяк»).

Первоначально вместо утилизации и консервации этих отходов использовался их сброс в воды Мирового океана. Основная масса технологических РАО (98%) была сброшена в Атлантический океан.

Практикуемый ныне сброс разбавленных растворов радиоактивных отходов в Мировой океан в природные глинистые образования может быть квалифицирован как «кажущееся» обезвреживание, так как механизм воздействия малых доз радионуклидов на биосферу детально не изучен.

В России жидкие отходы на ПО «Маяк» (Челябинская область) сбрасывались в реку Теча с 1948 по 1952 г. и природное озеро Карачай. В 1967 г. в результате засушливого лета озеро Карачай пересохло и ветром радиоактивные донные отложения были подняты в воздух и развеяны над территорией около 2700 км². Было принято решение засыпать озеро Карачай. Чтобы радиоактивный ил не поднимался на поверхность, на дно сначала опустили бетонные колпаки, сверху эту конструкцию засыпали щебнем и песком. Под Карачаем образовался огромный подземный водоем, при этом неизвестны формы и размеры подземного озера. Сегодня радиоактивная линза, заражая подземные водоемы, движется со скоростью 90 м в год в сторону Челябинска. В районе реки Теча и озера Карачай радиационный фон превышает допустимую норму примерно в 20 раз. Общее количество сброшенных радионуклидов оценивается в 2,76 млн Ки, значительная часть из них долгоживущие.

За весь период работы ПО «Маяк» в воздух выброшено не менее 150 млн Ки газообразных продуктов. На территории предприятия захоронено около 2 млн Ки твердых радиоактивных отходов, более 900 млн Ки высокоактивных жидких отходов хранится в специальных контейнерах.

Опасными источниками радиоактивного загрязнения являются аварии на предприятиях, вырабатывающих или использую-

щих атомную энергию. На предприятиях ядерно-топливного цикла с 1947 г. произошло более 250 аварий, около 40 из них приходится на последние 20 лет. При аварии на чернобыльской АЭС в 1986 г. в биосферу поступили радиоактивные изотопы йода, стронция, церия, рутения и других элементов. «Чернобыльский след» помимо территории Украины и Белоруссии распространился на часть Брянской, Тульской, Орловской и других областей России. Авария на предприятии «Маяк» в 1957 г. также привела к загрязнению радионуклидами (общей активностью 20 млн Ки) значительной территории.

Также необходимо сказать несколько слов о радиоактивном заражении планеты. Если взорвать все атомные арсеналы США, России, Англии, Франции и Китая, что по всеобщему мнению приведет к гибели цивилизации, образуется 150 т продуктов деления.

Над реакторами в Фукусиме, где произошел взрыв водорода (12 марта 2011 г.), находились бассейны, в которых охлаждали отработанное ядерное топливо. Вообще, оно должно храниться в хранилищах, далеко от АЭС, но на Фукусиме пренебрегли правилами ядерной безопасности, что было скрыто мировыми СМИ.

Один реактор на Фукусиме дает около 1000 кг таких же продуктов деления, которые образуются при ядерных и термоядерных взрывах. Таких реакторов на Фукусиме шесть, т.е. 6000 кг в год.

Мировые СМИ также умолчали о том, что на Фукусиме хранили 40-летний запас отработанного топлива – более 200 т продуктов деления, т.е. больше, чем нужно для уничтожения цивилизации.

Сравнительно недавно стали очевидны размеры радоновой опасности: радон образуется повсеместно и постоянно при распаде ^{238}U и подстерегает каждого человека в его жилище.

Постоянными источниками загрязнения радионуклидами являются рудники, где добываются урановые и ториевые руды. В настоящее время для получения урана и тория используют бурый уголь некоторых месторождений. На 1 кг такого угля приходится 37 Бк урана-238, 18,5 Бк радия-226, 26 Бк свинца-210, 30 Бк полония-210. Весьма опасно использование бурых углей, содержащих радиоактивные элементы, в качестве топлива: часть их уносится с отходящими газами на большие расстояния, часть поступает в золоотвалы ТЭС, а оттуда – в атмосферу, почвы и воды прилегающих территорий.

Если исключить взрывы атомных устройств и аварийные ситуации, то основным источником радиационного воздействия на биосферу являются предприятия ядерного топливно-энергетического цикла (ЯТЦ) в штатном режиме.

Известны следующие виды воздействия ЯТЦ на окружающую среду:

1. Расход природных ресурсов (земельные угодья, вода, сырье для основных фондов ЯТЦ и т.д.).

2. Тепловое загрязнение окружающей среды.
3. Выброс загрязняющих веществ химической природы в окружающую среду.

4. Радиоактивное загрязнение окружающей среды.

Основные проблемы радиационной безопасности для окружающей среды при работе ЯТЦ в штатном режиме:

- Возможное увеличение отрицательных последствий за счет стохастических эффектов, особенно в зонах влияния действующих АЭС.

- Влияние инертных газов на биоту. Известно, что радиоактивный йод концентрируется в щитовидной железе, другие изотопы, еще недавно считавшиеся безвредными, накапливаются в клеточных структурах – хлоропластах, митохондриях, клеточных мембранах. Их влияние на метаболизм еще не до конца изучено.

- Нерегулируемый выброс радионуклида криптона-85 в атмосферу от АЭС и предприятий по переработке отработанных ТВЭЛ. Уже сейчас ясна его роль в изменении электропроводности атмосферы и формировании парникового эффекта. Его содержание в миллионы раз превышает содержание в доядерную эпоху и прибывает 5 % ежегодно.

- Накопление в пищевых цепях радиоактивность-излучения Н. Он связывается протоплазмой клеток и тысячекратно накапливается в пищевых цепях. При распаде он превращается в гелий и испускает сильное β -излучение, вызывая генетические нарушения. Содержание трития в хвое деревьев в районе дислокации АЭС (США) в десятки раз выше, чем в удалении от них.

- Накопление углерода-14 в биосфере. Предполагается, что оно ведет к резкому замедлению роста деревьев. Такое замедление роста фиксируется на Земле повсеместно и может быть связано с 25%-м увеличением содержания углерода в атмосфере по сравнению с доядерной эпохой.

- Образование трансурановых элементов. Особенно опасным является свинец-239.

2.1. Действие ионизирующих излучений

Радиоактивные вещества, попадая в воду, воздух, почву, включаются в биосферный круговорот. Они представляют опасность как источники внешнего и особенно внутреннего облучения. Многие радионуклиды обладают свойством избирательного накопления в различных органах и тканях в силу совпадения или близости их химических свойств свойствам элементов, которые естественным образом входят в живые организмы. В водных экосистемах преимущественную роль играет процесс биоаккумуляции.

Ионизирующие излучения используются для автоматизации производственных процессов, контроля качества изделий, для улучшения некоторых свойств органических материалов. Среди большого разнообразия ионизирующих излучений, исследуемых ядерной физикой, пять видов наиболее часто находят применение в промышленности: α , β и нейтронное излучения, которые являются корпускулярными, т.е. потоками частиц, а также γ и рентгеновское излучения, представляющие собой электромагнитные волны высокой частоты.

В ядерной физике существует большое количество параметров, характеризующих поля ионизирующих излучений. Для защиты человека от ионизирующего излучения практический интерес представляют понятия дозы и мощности дозы, которые определяют количество ионизирующего излучения. Различают экспозиционную, поглощенную и эквивалентную дозы излучения.

Экспозиционная доза характеризует излучение по эффекту ионизации и выражает энергию излучения, преобразованную в кинетическую энергию заряженных частиц в единице массы атмосферного воздуха. В системе СИ экспозиционная доза выражается в кулон на килограмм (Кл/кг), внесистемной единицей гамма- или рентгеновского излучения является рентген (Р). 1 Р соответствует образованию $2,1 \cdot 10^9$ пар ионов в 1 см^3 воздуха при 0°C и давлении 760 мм рт. ст. 1 Р соответствует $2,58 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг.

Поглощенная доза дает количественную оценку действия, производимого любым ионизационным излучением в любом облученном веществе, и показывает, какое количество энергии излучения поглощено в единице массы облучаемого вещества. За единицу поглощенной дозы в системе СИ принят грей (Гр). 1 Гр равняется дозе излучения, при которой в 1 кг вещества поглощается энергия равная 1 Дж. Внесистемной единицей поглощенной дозы является рад – энергия в 100 эрг, поглощенная в 1 г вещества ($1 \text{ рад} = 0,01 \text{ Гр}$).

Эквивалентная доза вводится для оценки радиационной опасности облучения человека от равных видов излучения и определяется как произведение поглощенной дозы на коэффициент качества излучения k :

$$D_{\text{экв}} = D_{\text{полг}} \cdot k.$$

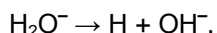
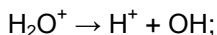
Коэффициент качества дает количественную оценку биологического действия каждого вида излучения, которая зависит от его ионизирующей способности:

Вид излучения	Значения k
Гамма- и рентгеновское	1
Бета-частицы	1
Нейтроны с энергией до 20 кэВ	3
Нейтроны с энергией 0,1–10 МэВ	10
Альфа-частицы	20

Для излучений, к которых равен единице, т.е. для гамма-, бета- и рентгеновского излучений, значения поглощенной и эквивалентной доз будут равны. В системе СИ эквивалентная доза измеряется в зивертах (Зв), внесистемной единицей служит бэр (биологический эквивалент рада), $1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр}$.

Важной характеристикой ионизирующих излучений является мощность дозы, которая показывает, какую дозу облучения получает среда за единицу времени. Большинство дозиметрических приборов измеряет мощность экспозиционной дозы. По ее значению можно судить об интенсивности излучения. В системе СИ единицей мощности экспозиционной дозы является ампер на килограмм (А/кг), мощности поглощенной дозы – Гр/с, мощность эквивалентной дозы – Зв/с. Внесистемными единицами служат соответственно Р/с, рад/с и бэр/с.

Действие излучений на биологические ткани, как и на любые другие материалы и вещества, определяется степенью радиационного повреждения их внутреннего строения. Радиоактивные излучения, действуя на живую ткань, вызывают ионизацию, повышают реакционную способность атомов, образуют свободные радикалы. Благодаря содержанию в организме человека 75–80% воды одной из типичных реакций является радиолиз, т.е. радиационное разложение:



Радикалы OH^- , рекомбинируясь с кислородом O_2 , образуют перекись водорода H_2O_2 и гидроперекись HO_2 . Это так называемое не прямое действие радиации, которое оказывает больший вред, чем прямое. Свободные радикалы вступают в реакцию с молекулами белка, ферментов и других жизненно важных веществ, в результате чего нарушается нормальное течение биохимических реакций и искажается обмен веществ. В дальнейшем начинаются изменения в физиологических процессах, составе крови, и на конечной стадии при развитии лучевой болезни происходит гибель клеток и всего организма.

При облучении человека малыми дозами радиации изменений в здоровье не наблюдается. Так, на Земле существует естественный радиационный фон, который на уровне моря определяется в $0,5 \text{ мГр/год}$. На высоте 1500 м он уже в два раза выше, на высоте 6 км – в 5 раз, поэтому человек при полете на самолете или при посещении гор получает повышенную дозу облучения, которая не сказывается на его самочувствии. Незначительные скорпроходящие изменения в крови отмечаются при однократном облучении дозой $0,2\text{--}0,25 \text{ Гр}$, при дозе $0,8\text{--}1,2 \text{ Гр}$ наблюдаются

начальные признаки лучевой болезни, затем она переходит в острую форму при дозе 2,5–4,0 Гр. При облучении 4,0–5,0 Гр погибают 50% и при 5,5–7,0 Гр – 100% пораженных.

Способность вызывать отдаленные последствия – лейкозы, злокачественные новообразования, раннее старение – одно из коварных свойств ионизирующего излучения.

Медицина разработала препараты, повышающие стойкость организма к облучению. Это витамины и гормоны, которые укрепляют организм, а также вещества – радиопротекторы, связывающие свободные радикалы или уменьшающие концентрацию кислорода в тканях человека.

В настоящее время имеется ряд противолучевых средств, которые при комплексном лечении позволят исключить летальный исход при дозах около 10 Гр.

За персоналом, работающим в полях ионизирующих излучений, ведется постоянный радиационный контроль, измеряются мощности дозы облучения на рабочих местах, проводятся регулярные профилактические медицинские осмотры. Для правильной организации защиты человека от поражающего действия излучения необходимо установить максимальную дозу, которую можно считать безвредной. Эту предельно допустимую дозу (ПДД) определяли на основании многочисленных опытов на животных и наблюдений за поражающим действием излучения на людей при авариях и несчастных случаях в атомной промышленности, а также при взрывах атомных бомб.

В настоящее время в нашей стране действуют «Нормы радиационной безопасности» НРБ-99/2009. Эти нормы определяют ПДД как «наибольшее значение индивидуальной эквивалентной дозы за календарный год, при котором равномерное облучение в течение 50 лет не может вызвать в состоянии здоровья неблагоприятных изменений, обнаруживаемых современными методами». Допустимые уровни облучения устанавливаются для трех категорий лиц, которые отличаются друг от друга степенью контакта с радиоактивными веществами.

К категории А относятся профессиональные работники, постоянно или временно работающие непосредственно с источниками ионизирующих излучений. Для них устанавливается предельно допустимая доза.

К категории Б относится ограниченная часть населения, которая не работает непосредственно с источниками радиоактивного излучения, но по условиям проживания или профессиональной деятельности может подвергаться действию радиоактивных веществ. Для категории Б устанавливается предельная доза облучения (ПД).

В категорию В включено остальное население страны.

Степень поражения человека зависит не только от вида излучения, но и от характера облучения. Различают внешнее облучение человека, когда источник излучения размещается вне организма, внешне по отношению к человеку, и внутреннее, когда радиоактивная пыль или аэрозоль вместе с воздухом или с пылью попадают во внутренние органы человека. Наличие в них источника излучения создает повышенную опасность для человека, так как его внутренние органы обладают высокой чувствительностью к излучению. По степени радиочувствительности органы человека разделяются на три группы. Эти органы называются критическими, поскольку они, во-первых, являются очень важными для жизнедеятельности организма, и, во-вторых, именно в них задерживаются и накапливаются изотопы при внутреннем облучении. К I группе относятся гонады, красный костный мозг; ко II – мышцы, щитовидная железа, жировая ткань, печень, почки, селезенка, желудочно-кишечный тракт, легкие, хрусталик глаза и другие органы; к III – кожный покров, костная ткань, кисти, предплечья, лодыжки и стопы.

В табл. 2 приведены основные пределы доз (ПД) в соответствии с НРБ-99/2009.

Таблица 2

Основные пределы доз (извлечение НРБ-99/2009)

Нормируемые величины	Пределы доз, мЗв	
	Персонал (группа А)	население
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год
Эквивалентная доза за год:		
– в хрусталике глаза	150	15
– коже	500	50
– кистях и стопах	500	50

При отсутствии источника внешнего облучения предельно допустимая доза определяется внутренним облучением, которое ограничивается годовым предельно допустимым поступлением радиоактивных веществ в организм человека (ПДП), а для отдельных лиц и населения (категория Б) – пределом годового поступления (ПГП). Исходя из этих величин можно определить среднегодовую допустимую концентрацию (ДК) данного радиоактивного вещества в атмосферном воздухе или воде:

$$ДК_A = \frac{ПДП}{2,5 \cdot 10^6} \cdot 3,7 \cdot 10^6 \text{ Бк/л,}$$

$$ДК_B = \frac{ПГП}{7,3 \cdot 10^6} \cdot 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк/л},$$

где Бк – беккерель, 1 Бк = $2,7 \cdot 10^{-11}$ Кл; $2,5 \cdot 10^6$ и $7,3 \cdot 10^6$ – соответственно средние объемы воздуха, вдыхаемого за год профессиональным работником (категория А) и взрослым человеком населения (категория Б), л/год.

Величины ДК, ПДП, ПГП для 245 радиоактивных изотопов представлены в НРБ-99/2009.

2.2. Защита от ионизирующего излучения

Защита населения и окружающей среды от действия источников ионизирующих излучений достигается соблюдением требований СП 2.6.1.799-99 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности».

Основной целью защиты человека от действия радиоактивного излучения является снижение дозы облучения до величин ПДД и ПД. Для внешнего облучения существуют три основных способа защиты – с помощью экранов, расстоянием и защита временем.

Защита экранированием устраивается при значительной радиоактивности источника излучений. Она основана на законе ослабления излучения в веществе. Для точечного источника γ -излучения закон имеет вид

$$D_x = D_o \cdot e^{-\mu \cdot x} \cdot B,$$

где D_o и D_x – мощности дозы при входе в экран и за защитой, бэр/ч; x – толщина защиты, см; μ – полный линейный коэффициент ослабления излучения в веществе, см^{-1} ; B – фактор накопления рассеянного излучения. Он учитывает вклад в поток не только прямого нерассеянного, но и рассеянного излучения.

На основании закона ослабления излучения в веществе подбирается материал защиты и рассчитывается толщина и конфигурация экрана. СП 2.6.1.799-99 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности» устанавливают проектные мощности дозы, которые применяются для расчета защитных экранов различных помещений (табл.3). Допустимая мощность дозы облучения человека определяется из предельно допустимой годовой дозы 5 бэр, которой соответствует недельная доза 100 мбэр. При работе t часов в неделю мощность дозы, мбэр/ч,

$$D = 100/t.$$

Таблица 3

Проектные мощности эквивалентной дозы для различных помещений и территорий

Категория облучаемых лиц	Продолжительность облучения, ч/год	Назначение помещений и территорий	Проектная мощность дозы, мБэр/ч
А	1700	Помещения постоянного пребывания персонала	1,4
	850	Помещения, в которых персонал пребывает не более половины рабочего времени	2,9
Б	2000	Помещения учреждения и территория санитарно-защитной зоны, где находятся лица, относящиеся к категории Б	0,12
	8800	Любые помещения (в том числе жилые) и территория в пределах зоны наблюдения	0,03

Наибольшей толщины экрана требует электромагнитное излучение, а также поток нейтронов, особенно с энергией более 0,1 МэВ.

Конструктивно экраны могут решаться в виде глобальных или локальных защит, размещаемых стационарно или в передвижном варианте. Среди индивидуальных средств защитными экранами считаются передники и костюмы из просвинцованной резины.

Защита расстоянием используется при небольших дозах излучения и основывается на удалении рабочих мест от источника. Ионизирующее излучение взаимодействует с атомами воздуха и ослабляется. Закон ослабления излучения в воздухе от точечного γ – источника имеет вид

$$D_e = D_o \cdot e^{-\mu_B \cdot R} \cdot \frac{1}{R^2},$$

где D_e – мощность дозы излучения, действующего на человека, мБэр/ч; D_o – мощность дозы источника излучения, мБэр/ч; μ_B – полный линейный коэффициент ослабления излучения в воздухе, см⁻¹; R – расстояние от источника излучения до человека, м.

Защита расстоянием позволяет в ряде случаев избежать устройств защитных экранов или использовать его совместно с экранированием. Увеличение расстояния от источника до человека обеспечивается применением дистанционного инструмента – манипуляторов, щипцов и специальных захватов.

Так называемая «защита временем» имеет целью ограничить время нахождения человека в радиационной обстановке. Та-

кой способ защиты применяется, как правило, при ремонтных и аварийных работах, а также при посещении необслуживаемых помещений с достаточно высоким уровнем радиации. При этом работник, получивший за любой малый промежуток времени дозу, превышающую ПДД, обязан покинуть опасную зону. Защиту временем можно считать вспомогательным средством к двум другим основным видам защиты от внешнего облучения.

Наиболее опасным для внутреннего облучения являются частицы β - и α -излучений. Попадая внутрь организма, они вызывают ионизацию живых клеток, которая составляет для α -излучения 5000 пар ионов на 1 мм пути, а для β -излучения – 5–10 пар ионов. Вследствие высокой радиочувствительности внутренних органов и длительности процесса частичного выведения радиоактивных изотопов из организма, внутреннее облучение человека считается более опасным, чем внешнее.

Защита от внутреннего облучения основана на исключении попадания радиоактивной пыли или аэрозолей в организм человека. Для этого радиоактивные вещества следует содержать в герметичных сосудах или запаянных ампулах, а работать с ними разрешается в защитных вытяжных герметичных шкафах или боксах. Этим же целям служат устройство мощной вентиляции, обеспечивающей за 1 ч 5–10-кратный обмен воздуха, и применение индивидуальных средств защиты – респиратора, противогаза, резиновых перчаток и т.п. Также важное значение имеет дозиметрический контроль производственных процессов и дезактивация после работы спецодежды и поверхностей тела, особенно кистей рук.

Защитить окружающую среду от ионизирующих излучений – обеспечить не превышение предела дозы (ПД) облучения для лиц категории Б, установленного в НРБ-99/2009, и выполнение требований по защите лиц категории В, также установленных в НРБ-99/2009.

Соблюдение ПД достигается регламентацией и контролем допустимых уровней ионизирующих излучений, установленных в НРБ-99/2009.

Основные мероприятия по защите персонала группы В и населения: всемерное ограничение поступления в окружающую атмосферу, воду, почву отходов, содержащих радионуклиды и зонирование территории за пределами промышленного предприятия введением СЗЗ и зоны наблюдения.

СП 2.6.1.799-99 – регламентированы сбор, удаление и обезвреживание твёрдых и жидких радиоактивных отходов (РАО) и основные требования к проектированию и применению пылегазоочистки выбросов в атмосферу от радионуклидов.

3. ИСТОЧНИКИ АКУСТИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Среди глобальных проблем современной экологии (парниковый эффект, разрушение озонового слоя, загрязнение воды и атмосферы и др.) акустическое загрязнение – одно из наиболее тревожных, поскольку не меньше влияет на людей, чем, например, разрушение озонового слоя или кислотные дожди. Неблагоприятное акустическое воздействие в той или иной мере, по-видимому, ощущает каждый второй человек на планете.

Основные источники акустического загрязнения окружающей среды – транспортные средства, техническое оборудование промышленных и бытовых предприятий, вентиляторные и газотурбокомпрессорные установки, станции для испытания ТТДУ и ДВС, различные аэрогазодинамические установки, электрические трансформаторы.

В докладе Европейской комиссии, посвящённой проблеме шума на пороге XXI века, отмечено, что более 20% населения Западной Европы (более 80 млн человек) страдает от повышенного шума, который вызывает серьёзные заболевания. Условно область проживания в зоне экстремальных акустических воздействий названа «чёрной зоной». Ещё около 45% населения (около 180 млн человек) живёт в так называемой «серой зоне», где уровни звука меньше, чем в «чёрной зоне», но всё же настолько высоки, что шум является причиной беспокойства и дискомфорта. Итак, в среднем каждые два жителя города из трёх болеют, страдают или испытывают чувство дискомфорта от действия повышенного шума.

Большое значение при нормировании шума имеют частотные и временные характеристики шума (табл. 4).

Таблица 4

Характеристика типичных шумов

Источник шума и расстояние от него, м	Звуковое давление, Па	Интенсивность, Вт/м ²	Уровень шума, дБ	Звуковая мощность, Вт
Эталонный звук	$2 \cdot 10^{-5}$	10^{-12}	-	10^{-12}
Карманные часы, 1	$2 \cdot 10^{-4}$	10^{-10}	20	$1,25 \cdot 10^{-9}$
Обычный разговор, 1	$2 \cdot 10^{-2}$	10^{-6}	60	$1,25 \cdot 10^{-5}$
Звон будильника, 1	$2 \cdot 10^{-1}$	10^{-4}	80	$1,25 \cdot 10^{-3}$
Крик, 1	$6 \cdot 10^{-1}$	10^{-3}	90	$1,25 \cdot 10^{-2}$
Дисковая пила при резке проката, 2	6	10^{-1}	110	2,5
Машина огневой зачистки металла, 3	20	1	120	56
Взлет реактивного самолета, 10	$2 \cdot 10^2$	10^2	140	$6,3 \cdot 10^4$
Шепот, 0,3	$2 \cdot 10^{-3}$	10^{-8}	40	$1,25 \cdot 10^{-8}$

Так, импульсные (отдельные импульсы звуковой энергии длительностью менее 200 мс) и тональные шумы более опасны,

чем широкополосные, поэтому в цехах, где используются машины с таким характером шума (отбойные молотки, вентиляторы и др.), предельные уровни звукового давления во всем нормируемом диапазоне частот устанавливаются на 5 дБ меньше, чем для широкополосного шума.

Часто на производстве встречаются непостоянные (нестабильные) шумы, уровень звука которых непрерывно изменяется во времени (например, шум дуговой сталеплавильной печи); прерывистые шумы, уровень звука которых падает до уровня фонового шума (например, в литейном цехе).

3.1. Краткая классификация шума

По характеру спектра шум подразделяется на:

- *широкополосный*, имеющий непрерывный спектр шириной более 1 октавы;

- *тональный* – шум, в спектре которого имеются слышимые дискретные тона, с уровнем в третьоктавных полосах, превышающем соседние не менее чем на 10 дБ.

Так, шум в жилой застройке, возникающий при испытании турбореактивного двигателя, является широкополосным, так как он имеет непрерывный спектр не только в одной октаве, но и во всем измеренном диапазоне частот. Такой широкополосный шум может быть постоянным во времени (длительное испытание двигателя).

Шум осевого вентилятора на территории жилой застройки имеет тональный характер, так как уровень звукового давления (УЗД) третьоктавной полосы частот со среднегеометрической частотой 125 Гц более чем на 10 дБ превышает уровни в соседних областях.

По временным характеристикам шум делится на:

- *постоянный* – шум, УЗД которого изменяется за 8-часовой рабочий день не более чем на 5 дБА при измерении на временной характеристике шумомера;

- *непостоянный* – шум, УЗД которого изменяется за 8-часовой рабочий день более чем на 5 дБА при измерении на временной характеристике шумомера.

Непостоянный шум подразделяют на:

- *колеблющийся во времени* – шум, УЗД которого непрерывно изменяется во времени;

- *прерывистый* – шум, УЗД которого ступенчато изменяется на 5 дБА и более, причем длительность интервала, в течение которого УЗД остается постоянным, составляет не менее 1 с;

- *импульсный* – состоит из одного или нескольких сигналов, длительностью менее 1 с, при этом УЗД в дБА отличаются не

менее чем на 10 дБА при измерении характеристики на шумомере «медленно» и «импульсно».

Шум транспорта в аудитории учебного заведения может быть колеблющимся во времени, а шум воздуходелительной установки при периодическом сбрасывании сжатого воздуха – прерывистым. Наконец, шум молота имеет импульсный характер.

Раздражающее действие шума на человека зависит от его уровня, спектральных и временных характеристик. Шум с уровнем более 60 дБА вызывает нервное раздражение, установлена прямая связь между возрастающим шумом в городах и увеличением числа нервных заболеваний.

Вообще независимо от продолжительности, воздействия оставлять уши незащищенными при уровне шума в 120 дБ не следует, а при уровне, достигающем 135 дБ, опасно. Даже кратковременное пребывание в зонах с октавными уровнями свыше 135 дБ в любой октавной полосе по ГОСТ 12.1.003-89 недопустимо.

Для предприятий черной металлургии характерно чрезвычайно большое разнообразие источников шума. Эти шумы можно разделить на *механические* и *аэродинамические*.

Источниками механических шумов являются механические колебания (вибрация) поверхностей машин и оборудования. Одним из возможных возмущений вибрации является неуравновешенность вращающихся деталей.

Характер излучения зависит от частоты. Поскольку длина звуковой волны возрастает с уменьшением частоты, то, чем больше поверхность, тем ниже частота, с которой происходит эффективное излучение звука. Усиление звука (шума) происходит за счет резонансных явлений и вследствие передачи вибрации большим излучающим поверхностям. Если вынужденная частота исходного возмущения (в рассматриваемом случае частота вращения, сопряжения зубьев, а также несколько первых кратных им частот) близка или совпадает с частотами собственных колебаний машины, интенсивность вибрации, шума возрастает.

Когда возмущения обусловлены силами, возникающими при вращении неуравновешенных частей механизма, очень часто усиление и излучение звука осуществляет настил, на котором установлен механизм, кроме того, механизмы, как правило, имеют металлический кожух.

Указанные причины возникновения вибрации вызывают линейчатый частотный спектр колебаний машин и оборудования, причем составляющие спектра имеют высокую интенсивность лишь на низких и частично на средних частотах.

Основной причиной появления широкополосного спектра шума и вибраций являются соударения тел. Ударами сопровождается работа многих механизмов. Особенно сильные удары произ-

водят, например, молоты и штамповочные машины. В пневматических перфораторах конец зубила ударяет по обрабатываемому материалу, зубья дисковых пил с большой скоростью ударяют по разрезаемой заготовке.

Особой разновидностью механического шума является шум при сухом трении между двумя взаимно перемещающимися телами. Такой шум появляется при работе сил трения движения проката по направляющим холодильника и т.п.

В черной металлургии наиболее распространенными источниками аэродинамических шумов являются вентиляторы, а также газовые струи. Еще более интенсивный, чем в вентиляторах, аэродинамический шум может возникнуть, когда быстро движущийся поток горячего газа начинает смешиваться с холодным и неподвижным окружающим воздухом: образуются вихри и потоки, вызывающие беспорядочные колебания и, как следствие, сильный шум. Металлурги хорошо знакомы с подобными источниками шума: например, машина огневой зачистки металла в прокатном цехе или газовая горелка воздухонагревателя доменной печи.

3.2. Инфразвук

Акустические поля различных частот, от инфразвукового диапазона до ультразвукового, непрерывно, на протяжении всей жизни, действуют на человека, вызывая различные, часто еще не до конца изученные реакции, как всего организма, так и отдельных его органов. Наиболее загадочные явления наблюдаются при воздействии на человека инфразвуковых колебаний. Не воспринимая их непосредственно органами слуха, человек, тем не менее, ощущает их другими органами.

Применение в различных сферах деятельности человека машин и механизмов, увеличение их мощности и габаритных размеров, производительности и других технических характеристик обуславливают тенденцию повышения низкочастотных составляющих в спектрах шумов на рабочих местах и появление инфразвука. Характерной особенностью инфразвука в отличие от слышимого и ультразвукового диапазона частот является большая длина волны и малая частота колебаний. При этом инфразвуковые волны могут свободно огибать препятствия, распространяясь в воздушной среде на большие расстояния с незначительной потерей энергии, поскольку поглощение инфразвука в атмосфере незначительно.

В последнее время наблюдается увеличение инфразвукового фона в окружающей среде в связи с активной деятельностью человека на Земле, в частности с развитием промышленного производства и транспорта. К основным техногенным источникам инфразвуковых колебаний в городах можно отнести производствен-

ный инфразвук, генерируемый различным оборудованием, расположенным на территории многочисленных промышленных предприятий в черте городской застройки в крупных урбанизированных центрах (наиболее характерно для градообразующих предприятий металлургической промышленности, в которой фиксировался инфразвук 97-107 дБ на частотах 8–16 Гц).

Человек подвергается воздействию таких техногенных источников звука: возвратно-поступательных движений частей различных механизмов и сооружений, доменных печей, дизельных моторов, кузнечных прессов, реакторов. Наибольшую интенсивность инфразвуковых колебаний создают машины и механизмы, имеющие поверхности больших размеров. При этом инфразвуковые колебания являются не только составной, но во многих случаях и преобладающей частью спектров производственных шумов.

Инфразвук – составная часть спектров шума, излучаемого технологическими агрегатами (табл. 5). Так, в спектрах шума большей части агрегатов черной металлургии преобладают низкие частоты. В сталелитейном производстве УЗД инфразвука и низкочастотного шума агрегатов существенно зависят от интенсификации технологических процессов.

Таблица 5

Спектры инфразвука и шума

Спектр	Октавные полосы, Гц / максимальные УЗД, дБ	Основные источники шума
Инфразвуковой	2, 4, 8, 16 /82-133	Автотранспорт, доменные и кислородно-конвертерные печи, речные и морские суда, железнодорожный транспорт, компрессоры
Инфранизкочастотный	2-125 /84-112	Мартеновские печи, агломашины, отдельные виды транспортных средств и самоходные машины
Низкочастотный	31,5, 63, 125 /84-116	Электродуговые печи, тягачи, гусеничные тракторы, портовые краны, турбинные установки, автопогрузчики, экскаваторы

Инфразвуковые колебания в диапазоне ниже 20 Гц создают воздушные и поршневые компрессоры с максимальными УЗД от 92 до 123 дБ преимущественно в октавах 8–16 Гц. Измерения инфразвука в компрессорных цехах показали, что спектр шума имеет пик в 1/3-октаве 20 Гц.

Чаще всего человек, не находящийся в производственной среде, подвергается непосредственному воздействию инфразвука в транспортных средствах, особенно на железнодорожном, морском и авиационном транспорте. Кроме того, транспортные потоки

и отдельные автомобили формируют низкочастотный шум в окрестностях дорог, который является основной составляющей инфразвукового фона в жилых и общественных зданиях, где человек проводит основную часть своей жизни.

Следует отметить, что в жилых и общественных зданиях уровни инфразвуковых колебаний меняются от 70 до 120 дБ, на территории жилой застройки – от 80 до 100 дБ. При этом их выраженность в общем шумовом спектре определяется разностью дБ Лин и дБА, составляющей от 10 до 20–30 дБ, т.е. выявляемый инфразвук оценивается от незначительного до ярко выраженного. В большинстве случаев инфразвук встречается не в изолированном виде, а в сочетании с низкочастотным шумом и вибрацией.

3.3. Действие шума и инфразвука

Длительный шум неблагоприятно влияет на орган слуха, понижая чувствительность к звуку. Он приводит к расстройству деятельности сердца, печени, к истощению и перенапряжению нервных клеток. Ослабленные клетки нервной системы не могут достаточно четко координировать работу различных систем организма. Отсюда возникают нарушения их деятельности. Шум оказывает вредное влияние и на зрительные и вестибулярные анализаторы, снижает рефлекторную деятельность, что часто становится причиной несчастных случаев и травм. Чем выше интенсивность шума, тем хуже мы видим и реагируем на происходящее.

Наибольшее раздражение вызывает шум в диапазоне частот 3000–5000 Гц. Хроническая подверженность шуму на уровне более 90 дБ может привести к потере слуха.

Исследователи установили, что шум может разрушать растительные клетки. Например, эксперименты показали, что растения, подверженные обстрелу звуками, засыхают и гибнут. Причиной гибели является чрезмерное выделение влаги через листья. Деревья в городе умирают гораздо раньше, чем в естественной среде. Пчела теряет способность ориентироваться и перестаёт работать при шуме реактивного самолёта.

Гигиеническая проблема, связанная с воздействием инфразвука на организм человека, возникла сравнительно недавно – в 70-е годы XX века. Неблагоприятное действие инфразвука на организм человека проявляется, прежде всего, в психических нарушениях, негативном влиянии на сердечно-сосудистую, дыхательную, эндокринную и другие системы организма, вестибулярный аппарат. Специфической для действия инфразвука реакцией является нарушение равновесия.

Инфразумы воспринимаются человеком, главным образом, как физическая нагрузка: возникает утомление, головная боль, го-

ловокружение. Инфразвук силой свыше 150 дБ совершенно непереносим человеком; при 180–190 дБ наступает смерть вследствие разрыва легочных альвеол.

Вредное воздействие инфразвука на организм человека усугубляется при совпадении частоты инфразвуковых колебаний с собственной частотой того или иного органа. Резонансные частоты для человека находятся в диапазоне 4–15 Гц. Инфразвук частотой до 10 Гц вызывает резонансные явления со стороны крупных внутренних органов – желудка, печени, сердца, легких.

Длительное воздействие инфразвука 4–10 Гц может вызвать, например, хронический гастрит, колит, сохраняющиеся длительное время после прекращения его воздействия.

При воздействии на человека повышенных уровней инфразвука наряду с указанными признаками наблюдается также затруднения дыхания, связанные, по-видимому, с вибрацией грудной клетки, с резонансными явлениями; тошнота вследствие раздражения рецепторов различных органов; расстройства терморегуляции, выражающиеся в возникновении озноба и ознобopodobного дрожания; нарушения зрительного восприятия; многообразные вегетативные реакции, вызванные нарушением функционирования гипоталамуса и другие.

3.4. Защита от акустического загрязнения

Для снижения акустического загрязнения окружающей среды необходимо:

- заменить шумные источники и технологии на малошумные (замена ДВС на электродвигатель в автомобилях);
- изменить направленности излучения шума источником (например, для реактивной струи направить срез струи в сторону, противоположную защищаемому объекту);
- снизить шум по пути распространения от источника до защищаемого от шума места (при помощи акустических экранов в виде домов, стенок, выемок, зеленых насаждений);
- провести архитектурно-планировочные меры в жилой застройке (применение звукоизоляции окон);
- провести организационные мероприятия (ограничение места и времени движения грузовых автомобилей и мотоциклов).

Инфразвук может распространяться на большие расстояния вследствие незначительного поглощения в атмосфере и способности огибать препятствия. Большие длины волн, свойственные инфразвуку, определяют их выраженную дифракционную способность, а значительные величины амплитуды колебаний позволяют им воздействовать на человека на значительных расстояниях от источника.

Для организации защиты от инфразвука необходимо использовать комплексный подход, включающий конструктивные меры снижения инфразвука в источнике образования, планировочные решения, организационные, медицинские меры профилактики и средства индивидуальной защиты.

Борьбу с инфразвуком в источнике его возникновения необходимо вести прежде всего в направлении изменения режима работы технологического оборудования увеличением его быстроходности, например увеличением числа рабочих ходов кузнечно-прессовых машин, чтобы основная частота следования силовых импульсов лежала за пределами инфразвукового диапазона. Одновременно должны приниматься меры по снижению интенсивности аэродинамических процессов, в частности по ограничению скоростей движения средств транспорта, снижению скоростей истечения в атмосферу рабочих тел (авиационные и ракетные двигатели, двигатели внутреннего сгорания, системы сброса пара тепловых электростанций и т. д.).

При выборе конструкции предпочтение должно отдаваться малогабаритным машинам большой жесткости, поскольку в конструкциях с плоскими поверхностями большой площади и малой жесткости создаются условия для генерации инфразвука.

Для уменьшения амплитуды инфразвуковых колебаний целесообразно использовать глушители шума, что является наиболее простым способом уменьшения уровня инфразвуковых составляющих шума всасывания и выхлопа стационарных дизельных и компрессорных установок, ДВС и турбин.

4. ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

С развитием электроэнергетики, радио- и телевизионной техники, средств связи электронной офисной техники, специального промышленного оборудования и др. появилось большое количество искусственных источников электромагнитных полей (ЭМП), что обусловило интенсивное электромагнитное загрязнение среды обитания человека.

По определению, электромагнитное поле – это особая форма материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между электрически заряженными частицами.

Электромагнитные поля окружают нас постоянно. Однако человек различает только видимый свет, который занимает лишь узкую полосу спектра электромагнитных волн (рис.1).

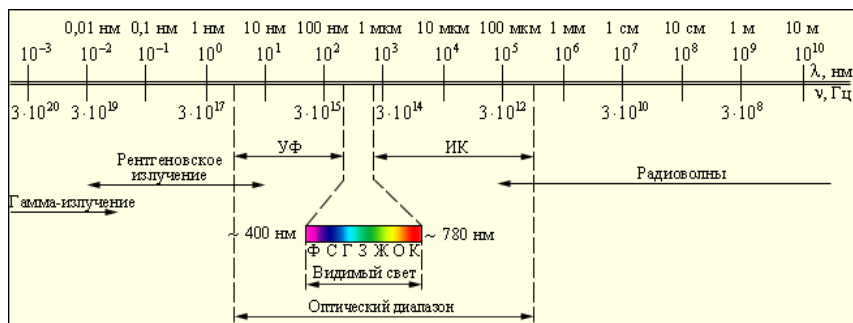


Рис. 1. Электромагнитный спектр

Глаз человека не различает ЭМП, длина волны которых больше или меньше длины световой волны, поэтому мы не видим излучений промышленного оборудования, радаров, радиоантенн, линий электропередач и др. Все эти устройства, как и многие другие, использующие электрическую энергию, излучают так называемые антропогенные ЭМП, которые вместе с естественными полями Земли и Космоса создают сложную и изменчивую электромагнитную обстановку.

Электромагнитные волны характеризуются длиной волны λ . Источник, генерирующий излучения, т.е. создающий электромагнитные колебания, характеризуется частотой f . Международная классификация электромагнитных волн по частотам приведена в табл. 6.

Таблица 6
Международная классификация электромагнитных волн по частотам

Номер диапазона	Диапазон радиочастот	Границы диапазона	Диапазон радиоволн	Границы диапазона
1	Крайне низкие, КНЧ	3–30 Гц	Декамегаметровые	100–10 мм
2	Сверхнизкие, СНЧ	30–300 Гц	Мегаметровые	10–1 мм
3	Инфракрасные, ИНЧ	0,3–3 кГц	Гектокилометровые	1000–100 км
4	Очень низкие, ОНЧ	3–30 кГц	Мириаметровые	100–10 км
5	Низкие частоты, НЧ	30–300 кГц	Километровые	10–1 км
6	Средние, СЧ	0,3–3 МГц	Гектометровые	1–0,1 км
7	Высокие частоты, ВЧ	3–30 МГц	Декаметровые	100–10 м
8	Очень высокие, ОВЧ	30–300 МГц	Метровые	10–1 м
9	Ультравысокие, УВЧ	0,3–3 ГГц	Дециметровые	1–0,1 м
10	Сверхвысокие, СВЧ	3–30 ГГц	Сантиметровые	10–1 см
11	Крайне высокие, КВЧ	30–300 ГГц	Миллиметровые	10–1 мм
12	Гипервысокие, ГВЧ	300–3000 ГГц	Децимиллиметровые	1–0,1 мм

Природные (естественные) источники ЭМП. Все естественные источники ЭМП разделяют на две категории: земные и внеземные. К земным относят электрические и магнитные квазистатические поля Земли, атмосферные разряды, а также излучения живых организмов. Электрическое поле Земли направлено нормально к земной поверхности, заряженной отрицательно относительно верхних слоев атмосферы. Напряженность электрического поля у поверхности составляет 120–130 В/м и убывает с высотой примерно экспоненциально. Магнитное поле Земли имеет две пространственных составляющих: горизонтальная максимальна у экватора (20–30 А/м) и убывает к полюсам (2–10 А/м), а вертикальная составляющая у полюсов составляет 50–60 А/м, уменьшаясь к экватору до пренебрежимо малого значения. Частотный спектр атмосферных разрядов лежит в диапазоне от сотен герц до примерно 30 МГц.

Максимум интенсивности находится вблизи 10 Гц. Данный вид ЭМП определяется электрическими грозowymi разрядами и полярными сияниями. Во время вспышек на Солнце интенсивность атмосферных разрядов усиливается. К земным же источникам относят излучения живых организмов. Человеческое тело излучает ЭМП с плотностью потока энергии порядка 0,003 Вт/м². На сегодняшний день известно 7 разновидностей ЭМП, излучаемых человеком в окружающую среду. С появлением тканей из искусственных полимеров генерация статических зарядов на коже увеличилась, напряженность создаваемых электростатических полей составляет до 5–10 кВ/м на расстоянии 10–20 см. Внеземные источники (Солнце, звезды, планеты и галактики) включают излучения за пределами земной атмосферы. В силу относительно низкого уровня излучения от космических радиоисточников и нерегулярного характера воздействия, их суммарный эффект поражения биологических объектов незначителен.

Антропогенные источники ЭМП в соответствии с международной классификацией делятся на 2 группы:

- источники, генерирующие крайне низкие и сверхнизкие частоты от 0 Гц до 3 кГц;
- источники, генерирующие от 3 кГц до 300 ГГц, включая микроволны (СВЧ-излучение) в диапазоне от 300 МГц до 300 ГГц.

К первой группе относятся в первую очередь все системы производства, передачи и распределения электроэнергии.

Источниками электрических полей промышленной частоты являются, например, токоведущие части действующих электростанций: линии электропередач (ЛЭП), трансформаторные подстанции, электростанции, индукторы и конденсаторы термических установок, фидерные линии, генераторы, трансформаторы, электромагниты, соленоиды, электро- и кабельная проводки, металлокерами-

ческие магниты, офисная электро- и электронная техника, транспорт на электроприводе и др. В различных технологиях электромагнитная энергия высокочастотного (ВЧ) и сверхвысокочастотного (СВЧ) диапазонов в основном используется для процессов электротермии, т.е. для нагрева материала в самом ЭМП. Данное направление является перспективным, так как оно обеспечивает большие скорости и качество обработки материалов, экологически и экономически эффективно. Это объясняется тем, что в ЭМП разогрев материала на атомном и молекулярном уровнях происходит во всем объеме сразу за счет электрических потерь, в то время как температура окружающей среды остается практически без изменения.

Вторую группу составляют функциональные передатчики (коммерческие передатчики, радиотелефоны, направленная радиосвязь, навигация, локаторы), различное технологическое оборудование, использующее СВЧ-излучение, переменные (50 Гц – 1 МГц) и импульсные магнитные поля, медицинские терапевтические и диагностические установки (20 МГц – 3 ГГц), бытовое оборудование (СВЧ-печи), средства визуального отображения информации на электронно-лучевых трубках (мониторы ПК, телевизоры и т.п.).

На значительных территориях РФ, особенно вблизи прохождения воздушных линий электропередач высокого и сверхвысокого напряжения, радио- и телецентров, радиолокационных установок, напряженность электрических и магнитных полей возросла от 2 до 5 порядков, создавая тем самым реальную опасность для людей, животного и растительного мира.

О темпах увеличения мощности передающих станций говорит тот факт, что за последние полвека суточная мощность радиоизлучения возросла более чем в 50 тыс. раз. И это без учета мощности радиолокационных станций, принадлежащих различным военным ведомствам. Жители крупных городов буквально «купаются» в ЭМ-полях, источники которых могут быть самыми разными.

Радиоэлектронные средства (РЭС) гражданского назначения эксплуатируются в сетях связи в диапазоне частот 27–1000 МГц. Из них радиовещательные передатчики КВ- и ДСВ-диапазонов являются наиболее мощными источниками ЭМ-излучения.

Телевизионные и УКВ-ЧМ-вещательные передатчики составляют вторую многочисленную группу РЭС, работающих в диапазоне 48–718 МГц.

Большое распространение получили коммерческие системы связи с большим количеством стационарных базовых станций (устанавливаемых практически на любых зданиях) сравнительно небольшой мощности до 10 Вт, но работающие в более специфических по воздействию на биологические системы диапазонах частот 450–1000 МГц. Количество людей, использующих абонентские радиоизлучающие устройства, также стремительно растет.

Достаточно значительный пласт РЭС составляют промышленные и медицинские высокочастотные установки, которые вносят большой вклад в загрязнение окружающей среды электромагнитными полями.

На территориях аэропортов и в прилегающих к ним районах широкое использование современных систем навигационного радиотехнического оборудования для управления воздушным движением привело к превышению в большинстве случаев допустимых санитарных норм уровней электромагнитных излучений сверхвысоких частот (ЭМИ СВЧ).

Биологически значимыми являются электрические поля частотой 50 Гц, создаваемые воздушными линиями и подстанциями. Напряженность магнитных полей промышленной частоты в местах размещения воздушных линий и подстанций сверхвысокого напряжения на 1–3 порядка превышает естественные уровни магнитного поля Земли. Высокие уровни ЭМИ наблюдаются на территориях, а нередко и за пределами размещения передающих радиоцентров низкой, средней и высокой частоты.

Окружающую нас среду по-своему «загрязняют» радиопередающие устройства связи (автомобильные, портативные и ручные радиостанции и радиотелефоны), телевидение, радиолокационная, компьютерная и бытовая электротехника, а также трамваи и электропоезда.

ЭМП ультранизкой (0–10 Гц) и очень низкой частоты (10–1000 Гц) создаются в процессе эксплуатации электрифицированного городского и железнодорожного транспорта, линиями электропередач, подстанциями и кабельными трассами.

Особенностями электромагнитного облучения населения в городах являются:

- одновременный двойственный характер облучения: электромагнитный фон от множества статических источников (интегральный параметр) и ЭМП от сосредоточенных источников (дифференциальный параметр);

- высокая концентрация источников ЭМП и населения на единицу площади, что затрудняет анализ облучаемости;

- вероятность в ряде случаев долговременного воздействия ЭМП (круглосуточно и на протяжении ряда лет);

- воздействие на большие контингенты людей, включая детей, стариков и больных, в том числе имеющих предрасположенность к развитию злокачественных опухолей.

В настоящее время на Земле возникли крупные электромагнитные «пятна», являющиеся порождением супергородов, которые полностью изменили внешний геофизический облик нашей планеты. Как следствие этого, светимость Земли в радиодиапазоне превзошла светимость Солнца. К примеру, Останкинский телецентр –

самая опасная технопатогенная зона Москвы. Ее размеры – около 4,5 км в диаметре. Действие телебашни, концентрирование энерго-, радио-, информационных, технических и другого рода вредных излучений проецируется отсюда на огромный регион, негативно воздействуя на биополя живой природы.

Еще более сложная электромагнитная обстановка характерна для объектов Военно-промышленного комплекса и Вооруженных сил (ВС), которые перенасыщены разнообразными источниками ЭМП. Номенклатура радиотехнических средств, которыми оснащена армия и флот, весьма многолика. Например, ЭМ-источниками на кораблях являются следующие РЭС: обнаружения воздушных и надводных целей и целеуказания; навигационные и опознавания; целеуказания ракетному оружию; управления артиллерийской стрельбой; радиотехнической разведки и радиоуправления; корабельные средства навигации, привода и посадки летательных аппаратов кораблей; электронного подавления корабельных радиолокационных станций (РЛС) противника и т.д. Их эксплуатация в ограниченных металлических объемах приводит к образованию на элементах надстройки кораблей уровней ЭМП, существенно превышающих установленные нормы.

Для военно-воздушных сил (включая ПВО) характерно наличие в составе объектов, помимо РЭС связи, большого парка РЛС, использующих метровый, дециметровый и сантиметровый участки диапазона. Они, как правило, функционируют в импульсном режиме, излучая более узкополосные ЭМП значительной мощности (в сотни раз больше, чем радиостанции). Кроме того, РЛС имеют антенны с широкой диаграммой направленности, которые сканируют как по азимуту, так и по углу места, что существенно расширяет зоны, опасные для здоровья военнослужащих.

Широко распространенными источниками ЭМИ в населенных пунктах являются радиотелевизионные передающие центры, излучающие в окружающую среду ультракороткие волны особо-высокочастотных и ультравысокочастотных диапазонов. Причем наибольшие уровни облучения людей и воздействия на окружающую среду (ОС) наблюдаются в районе размещения радио- и телепередающих центров старой постройки с высотой антенной опоры не более 180 м.

Компьютер стал привычным явлением не только в офисах и научных лабораториях, но и в школах, больницах и домах. Особую тревогу вызывает использование несертифицированных мониторов в тесноте компьютерных классов в школах и детских садах, где видеодисплеи являются сильными источниками неионизирующих ЭМИ, оптических и субоптических излучений.

При работе компьютеров самыми вредными являются электромагнитные излучения. Чем выше частота ЭМИ, тем сильнее его

отрицательное воздействие на организм. Вплоть до функциональных нарушений гормональной и иммунной систем. В сравнении с бытовыми электроприборами частота ЭМИ монитора больше в несколько тысяч раз.

Установлено также влияние ЭМИ на организм человека от бытовых электроприборов, которое может быть достаточно высоким. Например, при работе фена на расстоянии 3 см магнитная индукция равна 2 тыс. мкТл, электробритвы – 1,5 тыс. мкТл (сравните: естественный геомагнитный фон составляет 30–60 мкТл). При массовом распространении радиотелефон, прикладываемый время от времени к виску, как излучатель волн дециметрового диапазона с большой проникающей способностью, представляет опасность не только для индивидуальных пользователей, но и для всех окружающих. Уровни ЭМИ некоторых модификаций радиотелефонов в 2–7 раз превышает предельно допустимые значения.

Широкое распространение ЭМ-энергии и ее стремительное проникновение во все сферы деятельности человека привели к появлению сравнительно нового комплекса загрязнителей, получившего название «электромагнитный смог».

По мнению экспертов Всемирной организации здравоохранения, сегодня степень электромагнитного загрязнения окружающей среды выходит на уровень, характерный для теперешнего загрязнения ее вредными химическими веществами.

Лазерное излучение. Особое место среди источников ЭМП занимают лазерные установки. Лазер – генератор электромагнитного излучения оптического диапазона, основанный на использовании вынужденного (стимулированного) излучения. Лазерное излучение представляет собой электромагнитное излучение, частота волны которого лежит в области видимой глазом человека. Еще одной особенностью лазерного излучения является его острая направленность (малая расходимость пучка излучения), что позволяет на сравнительно малой площади получать большие значения плотности энергии.

В наши дни лазеры успешно трудятся на современном производстве, справляясь с самыми разнообразными задачами. Лазерным лучом раскраивают ткани и режут стальные листы, сваривают кузова автомобилей и приваривают мельчайшие детали в радиоэлектронной аппаратуре, пробивают отверстия в хрупких и сверхтвердых материалах. Доводка номиналов пассивных элементов микросхем и методы получения на них активных элементов с помощью лазерного луча получили дальнейшее развитие и применяются в производственных условиях. Причем лазерная обработка материалов позволяет повысить эффективность и конкурентоспособность по сравнению с другими видами обработки. В руках хирурга лазерный луч превратился в скальпель, обладающий рядом удивительных свойств. Лазеры широко используются в современных контрольно-измерительных устрой-

ствах, вычислительных комплексах, системах локации и связи. Лазеры позволяют быстро и надежно контролировать загрязненность атмосферы и поверхности моря, выявлять наиболее нагруженные участки деталей различных механизмов, определять внутренние дефекты в них. Лазерный луч становится надежным помощником строителей, картографов, археологов, криминалистов. Непрерывно расширяется область применения лазеров в научных исследованиях – физических, химических, биологических.

4.1. Воздействие электромагнитных излучений

В настоящее время установлена высокая биологическая активность ЭМП. Все живое чувствительно к ЭМП антропогенного происхождения.

Как слабые, так и сильные ЭМП оказывают достаточно выраженное влияние на морфологические, физиологические, биохимические и биофизические характеристики многих растений. В районе действия электрического поля ЛЭП у растений распространены аномалии развития, часто меняются формы и размеры цветков, листьев, стеблей, появляются лишние лепестки.

В районах с повышенным уровнем ЭМП возникают изменения в жизни животных, связанные, прежде всего, с нарушениями функционирования центральной нервной системы. Серьезные изменения в иммунологических и морфологических показателях состояния организма были выявлены у всех исследованных видов млекопитающих (полевой и лесной мышей, обыкновенной бурозубки). Причем физиологические реакции имели обратимый характер и исчезали через несколько дней после завершения облучения, в то время как морфологические изменения были необратимыми.

Техногенные поля несут шлейф разных частот, паразитарных СВЧ-излучений, вредных резонансных явлений, перед которыми человеческий организм пока остается беззащитным. Систематические воздействия ЭМП может приводить к нарушению работоспособности, памяти, внимания. ЭМП повышают риск сердечнососудистых, эндокринных, онкологических заболеваний, снижают иммунитет, потенцию.

Биологическими исследованиями установлено, что наиболее чувствительными к воздействию ЭМИ являются: центральная нервная система, глаза, гонады. При этом могут происходить нарушения деятельности сердечно-сосудистой, нейроэндокринной, кроветворной, иммунной систем и обменных процессов. Исследования показали, что репродуктивная система человека очень чувствительна к облучению ЭМП. При этом у мужчин выявлен довольно высокий процент случаев импотенции, снижение тестостерона в крови. У женщин могут наблюдаться нарушения детородной

функции (токсикозы беременности, самопроизвольные выкидыши, патология родов). Женщины более чувствительны к воздействию волн СВЧ-диапазона, чем мужчины.

Мишенью для СВЧ-излучения являются молекулы, обладающие ЭМ-свойствами. Это, прежде всего, молекулы воды. Живой организм человека в основном состоит из воды. Все вещества при растворении в воде образуют гидратные оболочки. Слабые ЭМП низкой частоты изменяют метастабильные структуры в воде, что резко снижает концентрацию ионов калия и ведет к образованию активных свободных радикалов.

ЭМ-энергия СВЧ-излучений, действуя на воду, переходит в тепловую энергию, и последующие биоэффекты в клетках и тканях связаны с повышением их температуры локально, а затем и разогреванием всего организма; чем больше величина СВЧ-излучения, тем глубже в тканях тепловой ожог.

Наиболее интенсивно перегреваются органы, которые не содержат кровеносных сосудов (хрусталик, семенники, яичники и др.)

Тепловое воздействие распространяется на ЦНС, возбуждая и перевозбуждая ее. ЦНС поражается очень рано из-за прямого и опосредованного действия СВЧ-излучения. В круг негативного воздействия этого излучения включаются эндокринная, иммунная, сердечно-сосудистая, дыхательная системы. На поздних стадиях наступают признаки энергетического истощения и угнетения центров головного мозга.

При хроническом воздействии СВЧ-излучений развивается радиоволновая болезнь с нарушением функций всех регулярных систем, в результате чего резко падает производительность труда и наблюдаются нарушения психики. Облучение в радиодиапазоне вызывает у человека ощущение шумов и свиста.

На основании вышеуказанного и других литературных данных можно утверждать, что ЭМП оказывают неблагоприятное влияние на организм и при определенных условиях могут послужить предпосылкой к формированию патологических состояний среди населения, подвергающегося постоянному воздействию этого излучения. ЭМП приводят к развитию синдрома старения организма, признаками которого являются снижение работоспособности и иммунитета, наличие многих заболеваний, раннее нарушение уровня холестерина, угнетение функции репродуктивной системы, развитие возрастной патологии в ранние годы (гипертоническая болезнь, церебральный атеросклероз). Сроки возникновения нарушений в организме после облучения ЭМП зависят от многих факторов: частотного диапазона, продолжительности воздействия, локализации облучения (общее или местное), характера ЭМП (модулированное, непрерывное, прерывистое) и

др. При этом существенную роль играют индивидуальные особенности организма.

Нормирование ЭМП промышленной частоты осуществляют по предельно допустимым уровням напряженности электрического поля E , кВ/м, напряженности магнитного поля H , А/м, или индукции магнитного поля B , мкТл, частотой 50 Гц в зависимости от времени пребывания в электромагнитном поле на рабочих местах персонала и регламентируются Санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами СанПиН 2.2.4.1191-03.

Пребывание в ЭП напряженностью до 5 кВ/м включительно допускается в течение всего рабочего дня. Допустимое время, ч, пребывания в ЭП напряженностью 5–20 кВ/м

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

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

Допустимое время пребывания в ЭП может быть реализовано одноразово или дробно в течение рабочего дня. В остальное рабочее время напряженность ЭП не должна превышать 5 кВ/м. При напряженности ЭП 20–25 кВ/м время пребывания персонала в ЭП не должно превышать 10 мин. Предельно допустимый уровень напряженности ЭП устанавливается равным 25 кВ/м.

При нахождении персонала в течение рабочего дня в зонах различной напряженностью ЭП время пребывания

$$T_{np} = 8 \left(\frac{t_{E_1}}{T_{E_1}} + \frac{t_{E_2}}{T_{E_2}} + \dots + \frac{t_{E_n}}{T_{E_n}} \right),$$

где T_{np} – приведенное время, эквивалентное по биологическому эффекту пребыванию в ЭП нижней границы нормируемой напряженности, ч ($T_{np} \leq 8$ ч); $t_{E_1}, t_{E_2}, \dots, t_{E_n}$ – время пребывания в контролируемых зонах с напряженностью E_1, E_2, \dots, E_n ; $T_{E_1}, T_{E_2}, \dots, T_{E_n}$ – допустимое время пребывания в ЭП для соответствующих контролируемых зон. Различие в уровнях напряженности ЭП контролируемых зон устанавливается 1 кВ/м.

Влияние электрических полей переменного тока промышленной частоты в условиях населенных мест (внутри жилых зданий, на территории жилой застройки и на участках пересечения воздушных линий с автомобильными дорогами) ограничивается «Санитарными нормами и правилами защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты» №

2971-84. В качестве предельно допустимых уровней приняты следующие значения напряженности электрического поля:

- внутри жилых зданий 0,5 кВ/м;
- на территории жилой застройки 1 кВ/м;
- в населенной местности, вне зоны жилой застройки (земли городов в пределах городской черты в границах их перспективного развития на 10 лет, пригородные и зеленые зоны, курорты, земли поселков городского типа, в пределах поселковой черты этих пунктов), а также на территории огородов и садов 5 кВ/м;
- на участках пересечения воздушных линий (ВЛ) с автомобильными дорогами I—IV категории 10 кВ/м;
- в ненаселенной местности (незастроенные местности, хотя бы и частично посещаемые людьми, доступные для транспорта, и сельскохозяйственные угодья) 15 кВ/м.

В качестве приоритетных критериев при оценке степени опасности генерируемого лазерного излучения приняты: энергия и мощность излучения, плотность энергии (мощности) излучения, длительность воздействия и длина волны. Биологические эффекты от действия луча лазера на живые ткани заключаются в термическом (тепловом), энергетическом, фотохимическом и механическом воздействиях. Эти воздействия нарушают жизнедеятельность как отдельных органов, так и организма в целом.

Эффекты воздействия определяются механизмом взаимодействия лазерного излучения с тканями и зависят от энергетических и временных параметров излучения, а также от биологических и физико-химических особенностей облучаемых тканей и органов. Степень потенциальной опасности лазерного излучения зависит от мощности источника, длины волны, длительности импульса и чистоты его следования, окружающих условий, отражения и рассеяния излучения.

Основную опасность при эксплуатации лазера представляет прямое лазерное излучение.

Биологические эффекты, возникающие при воздействии лазерного излучения на организм человека, делятся на две группы:

- первичные эффекты – органические изменения, возникающие непосредственно в облучаемых тканях;
- вторичные эффекты – неспецифические изменения, появляющиеся в организме в ответ на облучение.

Наиболее подвержен поражению лазерным излучением глаз человека. Сфокусированный на сетчатке хрусталиком глаза лазерный луч будет иметь вид малого пятна с еще более плотной концентрацией энергии, чем падающее на глаз излучение. Поэтому попадание лазерного излучения в глаз опасно и может вызвать повреждение сетчатой и сосудистой оболочек с нарушением зрения.

При малых плотностях энергии происходит кровоизлияние, а при больших – ожог, разрыв сетчатой оболочки, появление пузырьков в стекловидном теле глаза.

Лазерное излучение может вызвать также повреждение кожи и внутренних органов человека. Повреждение кожи лазерным излучением схоже с термическим ожогом. На степень повреждения влияют как входные характеристики лазеров, так и цвет, и степень пигментации кожи. Интенсивность излучения, которая вызывает повреждение кожи, намного выше интенсивности, приводящей к повреждению глаза.

4.2. Защита от электромагнитного загрязнения

В зависимости от частоты источника ЭМП, его мощности и режима работы выбирают те или иные средства защиты от воздействия электромагнитных колебаний на человеческий организм.

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

Основные организационные мероприятия включают:

- нормирование параметров электромагнитных воздействий; периодический контроль облучаемости;
- рациональное размещение источников и приемников излучения (территориальный разнос);
- ограничение времени пребывания в ЭМП, предупредительные надписи и знаки.

Основными инженерно-техническими мероприятиями являются уменьшение мощности излучения непосредственно в источнике и электромагнитное экранирование.

Проводить защиту людей от внутренних источников излучений наиболее целесообразно непосредственно в месте проникновения электромагнитной энергии из экранирующих кожухов, улучшая методы радиогерметизации стыков и сочленений.

При защите помещений от внешних излучений с успехом применяют оклеивание стен специальными металлизированными обоями, засетчивание окон, специальные металлизированные шторы и т.п.

Проектирование любой системы защиты начинается со сравнения допустимого уровня электромагнитного поля, определяемого в соответствии с принятыми нормативами ПДУ, с уровнями, полученными методами прогноза или измерения. В результате такого сравнения получают величину необходимого ослабления уровня электромагнитного поля (электромагнитной энергии).

Наиболее эффективным способом снижения интенсивности ЭМП является экранирование. Этот способ защиты от электромаг-

нитных излучений заключается в отражении и поглощении электромагнитных волн.

Экранирование источников ЭМИ РЧ или рабочих мест осуществляется при помощи отражающих или поглощающих экранов (стационарных или переносных). Отражающие экраны выполняются из металлических листов, сетки, ткани с микропроводом и др. В поглощающих экранах используют специальные материалы, обеспечивающие поглощение излучения соответствующей длины волны. В зависимости от излучаемой мощности и взаимного расположения источника и рабочих мест конструктивное решение экрана может быть различным (замкнутая камера, щит, чехол, штора и т. д.).

Экраны могут размещаться вблизи источника (кожухи, сетки), на трассе распространения (экранированные помещения, лесонасаждения), вблизи защищаемого человека (средства индивидуальной защиты – очки, фартуки, халаты).

Для уменьшения влияния электромагнитного загрязнения необходимо:

- Увеличить расстояние до излучения:
 - 25 метров для линий электропередачи и вышек сотовой связи;
 - 30 см от Вашего компьютерного монитора;
 - 5 см от электрических часов рядом с Вашей подушкой;
 - 2,5 см от сотового телефона.
- Если нет действительной необходимости во включении прибора – выключать его (или не включать).
- Не пользоваться своим мобильным телефоном в метро и местах со слабым уровнем сигнала оператора, так как в этом случае сигнал от телефона возрастает многократно.
- Не носить свой мобильный телефон на своем теле (в кармане или на груди).
- Не говорить по мобильному телефону долго, что также касается и домашних переносных радиотелефонов, которые не менее опасны.
- Не давать мобильный телефон детям, помните, что сигнал от него проникает в мозг на 3,5 см.
- Не находиться вблизи работающей микроволновой печи, телевизора и других электроприборов.
- Сократить до минимума поездки в метро и наземным транспортом, работающем на электротяге и генерирующим ЭМИ (троллейбусами, трамваями, электропоездами и т.д.).

Предупреждение поражений лазерным излучением включает систему мер инженерно-технического, планировочного, организационного и санитарно-гигиенического характера.

При использовании лазеров II–III классов в целях исключения облучения персонала необходимо ограждение лазерной зоны или экранирование пучка излучения. Экраны и ограждения должны быть огнестойкими, не выделять токсичных веществ при нагреве и изготовлены из материалов с наименьшим коэффициентом отражения. Лазеры IV класса опасности размещаются в отдельных изолированных помещениях и обеспечиваются дистанционным управлением. При размещении в одном помещении нескольких лазеров следует исключить возможность взаимного облучения операторов, работающих на аналогичных установках.

В качестве индивидуальных средств защиты используют очки со специальными стеклами-фильтрами, щитки, маски, халаты светло-зеленого или голубого цвета.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целенаправленное использование электромагнитной энергии в самых разнообразных областях человеческой деятельности, расширение масштабов использования радиоактивных материалов, увеличение мощности установок, сопровождающихся повышением акустического и теплового загрязнения, привело к значительному энергетическому загрязнению среды обитания.

Экологические проблемы, связанные с этими загрязнениями остаются актуальными для населения планеты при любом уровне экономического развития. Следует отметить, что энергетическое загрязнение не имеет видимых границ и барьеров. При разработке принципов и методов организации мониторинга необходимо учитывать влияние энергетического загрязнения на живые организмы, в т.ч. нарушение нормального протекания биологических процессов, заболевания и гибель. Источники энергетического загрязнения разнообразны, а их воздействие на человека, животных, растения многочисленны, зачастую до конца не изучены и непредсказуемы. Это требует совершенствования методик и аппаратуры для контроля за состоянием тепловой, акустической, ионизирующей и электромагнитной нагрузки на живые организмы, в т.ч. на человека, для правильного выбора средств, снижающих энергетическое воздействие до безопасных уровней, предусмотренных экологической безопасностью.

Стратегия национальной безопасности РФ до 2020 г. определяет государственную политику во всех областях безопасности, и в частности в экологической безопасности.

Важнейшим в методологии экологической безопасности является правильное определение ее целей, что поможет ответить на ряд вопросов: какие уровни опасности можно считать допустимыми? Какие средства обеспечения безопасности следует считать наиболее эффективными? Согласно этой стратегии возникает необходимость разработки метрологии, позволяющей установить тот уровень риска, который является чрезмерным или неприемлемым, а также уровень риска, приемлемый для человека и природной среды, и уровень риска, которым можно пренебречь.

Для всех объектов экономической безопасности это приведет к большей эффективности управления и контроля.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Источники теплового загрязнения.
2. Воздействие теплового загрязнения.
3. Защита от теплового загрязнения.
4. Источники радиоактивного загрязнения.
5. Действие ионизирующих излучений.
6. Защита от ионизирующего излучения.
7. Источники акустического загрязнения.
8. Классификация шума.
9. Инфразвук.
10. Действие шума и инфразвука.
11. Защита от акустического загрязнения.
12. Источники электромагнитного загрязнения.
13. Воздействие электромагнитных излучений.
14. Защита от электромагнитного загрязнения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Инженерная экология и экологический менеджмент / под ред. Н.И. Иванова, И.М. Фадына. – М.: Логос, 2002. – 527 с.
2. Глебова Е.В. Производственная санитария и гигиена труда. – М.: Высш. шк., 2005. – 382 с.
3. Белов С.В. и др. Безопасность жизнедеятельности. – М.: Высш. шк., 2008. – 616 с.
4. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность) – М.: Изд-во ЮРАИТ, 2010. – 672 с.
5. Лотош В.В. Фундаментальные основы природопользования. – Екатеринбург: Полиграфист, 2007. – 561 с.
6. Еремин В.Г. и др. Безопасность жизнедеятельности в энергетике. – М.: Академия, 2010. – 399 с.
7. Белых В.Т. Источники загрязнения среды обитания: конспект лекций. – Магнитогорск: МГТУ, 2004. – 55 с.
8. Быстрицкий Г.Ф. и др. Общая энергетика.– М.: Крокос, 2013. – 407 с.
9. Грачев Н.Н. Средства и методы защиты от электромагнитных и ионизирующих излучений. – М.: Изд-во МИЭМ, 2005. – 215 с.
10. Харченко С.Г. Экологическая безопасность: перспективы обеспечения // Экология и промышленность России. – 2014. – №3. – С. 1–2.
11. Электромагнитное загрязнение окружающей среды – угроза здоровью населения / М.Н. Тихонов, В.В. Довгуша и др. // Безопасность жизнедеятельности. – 2007. – №10. – С. 36–43.
12. Научно-практический журнал «Экология производства» 2008–2014 гг.
13. Журнал «Экология и промышленность России» 2008–2014 гг.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ИСТОЧНИКИ ТЕПЛОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ	4
1.1. Воздействие теплового загрязнения	5
1.2. Защита от теплового загрязнения	7
2. ИСТОЧНИКИ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ	8
2.1. Действие ионизирующих излучений	14
2.2. Защита от ионизирующего излучения	19
3. ИСТОЧНИКИ АКУСТИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ	22
3.1. Краткая классификация шума	23
3.2. Инфразвук	25
3.3. Действие шума и инфразвука	27
3.4. Защита от акустического загрязнения	28
4. ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ	29
4.1. Воздействие электромагнитных излучений	36
4.2. Защита от электромагнитного загрязнения	40
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	43
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	44
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	45

Учебное издание

БЕЛЫХ Валентина Тимофеевна
ИЛЬИНА Оксана Юрьевна

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

Учебное пособие

Редактор Н.П. Боярова
Компьютерная верстка К.В. Гаврусевой

Подписано в печать 17.02.2015. Рег. № 71-15. Формат 60×84/16. Бумага тип. № 1.
Плоская печать. Усл.печ.л. 3,00. Тираж 100 экз. Заказ 96



Издательский центр ФГБОУ ВПО «МГУ»
455000, Магнитогорск, пр. Ленина, 38
Полиграфический участок ФГБОУ ВПО «МГУ»