

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)**

Институт Машиностроения и автомобильного транспорта
Кафедра «Автотранспортная и техносферная безопасность»

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Курс лекций

Составитель:
Баландина Е.А.

Владимир – 2016г.

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ПРИНЦИПЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

1.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Безопасность (жизне)деятельности – область научных знаний, изучающая опасности и способы защиты от них человека в любых условиях его обитания.

Безопасность – состояние деятельности, при котором с определенной вероятностью исключено проявление опасностей, или отсутствие чрезмерной опасности.

В Уставе Всемирной организации здравоохранения записано: «Здоровье – это состояние полного физического, духовного и социального благополучия, а не только отсутствие болезней и физических дефектов».

Деятельность – специфическая человеческая форма активного отношения к окружающему миру, содержание которой составляет его целесообразное изменение и преобразование. Всякая деятельность включает в себя цель, средство, результат и сам процесс деятельности. Формы деятельности многообразны. Они охватывают практические, интеллектуальные, духовные процессы, протекающие в быту, общественной, культурной, трудовой, научной, учебной и других сферах жизни.

Здоровье – естественное состояние организма, характеризующееся его уравновешенностью с окружающей средой и отсутствием каких-либо болезненных изменений.

Идентификация опасности – процесс распознавания образа опасности, установления возможных причин, пространственных и временных координат, вероятности проявления, величины и последствий опасности.

Опасность – явления, процессы, объекты, свойства предметов, способные в определенных условиях причинить ущерб здоровью человека.

Потенциальный – возможный, скрытый.

Причина – событие, предшествующее и вызывающее другое событие, именуемое следствием.

Риск – количественная оценка опасности. Определяется как частота или вероятность возникновения одного события при наступлении другого события. Обычно это безразмерная величина, лежащая в пределах от 0 до 1. Может определяться и другими удобными способами.

Система – совокупность элементов, взаимодействие между которыми адекватно цели.

Условия деятельности – совокупность факторов среды обитания, воздействующих на человека.

Ущерб здоровью – это заболевание, травмирование, следствием которого может стать летальный исход, инвалидность и т. п.

Цель – то, что представляется в сознании и ожидается в результате определенных направленных действий.

ОПАСНОСТЬ

Опасность – центральное понятие БЖД, под которым понимаются любые явления, угрожающие жизни и здоровью человека.

Количество признаков, характеризующих опасность, может быть увеличено или уменьшено в зависимости от целей анализа. Данное определение опасности в БЖД поглощает существующие стандартные понятия (опасные и вредные производственные факторы), являясь более объемным, учитывающим все формы деятельности.

Опасность хранят все системы, имеющие энергию, химически или биологически активные компоненты, а также характеристики, несоответствующие условиям жизнедеятельности человека.

Опасности носят потенциальный характер. Актуализация опасностей происходит при определенных условиях, именуемых причинами. Признаками, определяющими опасность, являются: угроза для жизни; возможность нанесения ущерба здоровью; нарушение условий нормального функционирования органов и систем человека. Опасность – понятие относительное.

НОМЕНКЛАТУРА ОПАСНОСТЕЙ

Номенклатура – система названий, терминов, употребляемых в какой-либо отрасли науки, техники. В теории БЖД целесообразно выделить несколько уровней номенклатуры: общую, локальную, отраслевую, местную (для отдельных объектов) и др.

В общую номенклатуру в алфавитном порядке включаются все виды опасностей: алкоголь, аномальная температура воздуха, аномальная влажность воздуха, аномальная подвижность воздуха, аномальное барометрическое давление, арборициды, аномальное освещение, аномальная ионизация воздуха, вакуум, взрыв, взрывчатые вещества, вибрация, вода, вращающиеся части машины, высота, газы, гербициды, глубина, гиподинамия, гипокинезия, гололед, горячие поверхности, динамические перегрузки, дождь, дым, движущиеся предметы, едкие вещества, заболевания, замкнутый объем, избыточное давление в сосудах, инфразвук, инфракрасное излучение, искры, качка, кинетическая энергия, коррозия, лазерное излучение, листопад, магнитные поля, макроорганизмы, медикаменты, метеориты, микроорганизмы, молнии (грозы), монотонность, нарушение газового состава воздуха, наводнение, накипь, недостаточная прочность, неровные поверхности, неправильные действия персонала, огнеопасные вещества, огонь, оружие (огнестрельное, холодное и т. д.), острые предметы (колющие, режущие), отравление, ошибочные действия людей, охлажденные поверхности, падение (без установленной причины), пар, перегрузка машин и механизмов, перенапряжение анализаторов, пестициды, повышенная яркость света, пожар, психологическая несовместимость, пульсация светового потока, пыль, рабочая поза, радиация, резонанс, сенсорная депривация, скорость движения и вращения, скользкая поверхность, снегопад, солнечная активность, солнце (солнечный удар), сонливость, статические перегрузки, статическое электричество, тайфуны, ток высокой частоты, туман, ударная волна, ультразвук, ультрафиолетовое излучение, умственное перенапряжение, ураган, ускорение, утомление, шум, электромагнитное поле, эмоциональный стресс, эмоциональная перегрузка, ядовитые вещества и др.

При выполнении конкретных исследований составляется номенклатура опасностей для отдельных объектов (производств, цехов, рабочих мест, процессов, профессий и т. п.).

Полезность номенклатур состоит в том, что они содержат полный перечень потенциальных опасностей и облегчают процесс идентификации. Процедура составления номенклатуры имеет профилактическую направленность.

ТАКСОНОМИЯ ОПАСНОСТЕЙ

Таксономия – наука о классификации и систематизации сложных явлений, понятий, объектов. Поскольку опасность является понятием сложным, иерархическим, имеющим много признаков, таксономирование их выполняет важную роль в организации научного знания в области безопасности деятельности, позволяет глубже познать природу опасности.

Термин «таксономия» предложил швейцарский ботаник О. Декандоль в 1813 г.

Совершенная, достаточно полная таксономия опасностей пока не разработана. Приведем лишь некоторые примеры.

По происхождению различают 6 групп опасностей: природные, техногенные, антропогенные, экологические, социальные, биологические.

По характеру воздействия на человека опасности можно разделить на 5 групп: механические, физические, химические, биологические, психофизиологические.

По времени проявления отрицательных последствий опасности делятся на импульсивные и кумулятивные.

По локализации опасности бывают: связанные с литосферой, гидросферой, атмосферой, космосом.

По вызываемым последствиям: утомление, заболевания, травмы, аварии, пожары, летальные исходы и т. д.

По приносимому ущербу: социальный, технический, экологический, экономический.

Сферы проявления опасностей: бытовая, спортивная, дорожно-транспортная, производственная, военная и др.

По структуре (строению) опасности делятся на простые и производные, порождаемые взаимодействием простых.

По реализуемой энергии опасности делятся на активные и пассивные. К пассивным относятся опасности, активизирующиеся за счет энергии, носителем которой является сам человек. Это – острые (колющие и режущие) неподвижные элементы; неровности поверхности, по которой перемещается человек; уклоны, подъемы; незначительное трение между соприкасающимися поверхностями и др.

Различают априорные признаки (предвестники) опасности и апостериорные признаки (следы) опасностей.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОПАСНОСТЕЙ

Опасности носят *потенциальный*, т. е. скрытый характер.

Под **идентификацией** понимается процесс обнаружения и установления количественных, временных, пространственных и иных характеристик, необходимых и достаточных для разработки профилактических и оперативных мероприятий, направленных на обеспечение жизнедеятельности.

В процессе идентификации выявляются: номенклатура опасностей, вероятность их проявления, пространственная локализация (координаты), возможный ущерб и другие параметры, необходимые для решения конкретной задачи.

Главное в идентификации заключается в установлении возможных причин проявления опасности. Полностью идентифицировать опасность очень трудно. Например, причины некоторых аварий и катастроф остаются невыясненными долгие годы или навсегда.

Можно говорить о разной степени идентификации: более или менее полной, приближенной, ориентировочной и т. п.

ПРИЧИНЫ И СЛЕДСТВИЯ

Условия, при которых реализуются потенциальные опасности, называются **причинами**.

Другими словами, причины характеризуют совокупность обстоятельств, благодаря которым опасности проявляются и вызывают те или иные нежелательные последствия, ущерб.

Формы ущерба, или нежелательные последствия, разнообразны: травмы различной тяжести, заболевания, определяемые современными методами, урон окружающей среде и др.

Опасность, причины, следствия являются основными характеристиками таких событий, как несчастный случай, чрезвычайная ситуация, пожар и т. д.

Триада «опасность – причины – нежелательные следствия» – это логический процесс развития, реализующий потенциальную опасность в реальный ущерб (последствие). Как правило, этот процесс включает несколько причин, т. е. является многопричинным. Одна и та же опасность может реализоваться в нежелательное событие через разные причины.

В основе профилактики несчастных случаев по существу лежит поиск причин.

АКСИОМА О ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ОПАСНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Человеческая практика дает основание для утверждения о том, что любая деятельность потенциально опасна.

Ни в одном виде деятельности невозможно достичь абсолютной безопасности. Следовательно, можно сформулировать следующее заключение: любая деятельность потенциально опасна. Это утверждение имеет аксиоматический характер (об аксиомах см., например, Кондаков Н. И. Логический словарь, М.: Наука, 1971. С. 15-18).

Данная аксиома имеет исключительное методологическое и эвристическое значение. Из этой аксиомы следует вывод о том, что, несмотря на предпринимаемые защитные меры, всегда сохраняется некоторый остаточный риск.

КВАЛИФИКАЦИЯ ОПАСНОСТЕЙ

Квантификация – это введение количественных характеристик для оценки сложных, качественно определяемых понятий.

Применяются численные, балльные и другие приемы квантификации. Наиболее распространенной оценкой опасности является риск.

В. Машалл дает следующее определение: **риск** – частота реализации опасностей.

Количественная оценка – это отношение числа тех или иных неблагоприятных последствий к их возможному числу за определенный период. Определяя риск, необходимо указать класс последствий, т. е. ответить на вопрос: риск чего?

Формально риск – это частота. Но по существу между этими понятиями имеет место существенная разница, т. к. применительно к проблемам безопасности о возможном числе неблагоприятных последствий приходится говорить с известной долей условности.

Прежде чем перейти к рассмотрению других аспектов проблемы риска, приведем примеры.

Пример 1. Определить риск R_{np} гибели человека на производстве в нашей стране за 1 год, если известно, что ежегодно погибает около $n = 7$ тыс. человек, а численность работающих составляет примерно $N = 70$ млн. человек:

$$R_{np} = \frac{n}{N} = \frac{7 \cdot 10^3}{70 \cdot 10^6} \approx 10^{-4}$$

Пример 2. Ежегодно в стране вследствие различных опасностей неестественной смертью погибает около 500 тыс. человек. Принимая численность населения страны 150 млн. человек, определим риск гибели $R_{стр}$ жителя страны от опасностей:

$$R_{стр} = \frac{5 \cdot 10^5}{1,5 \cdot 10^8} \approx 3 \cdot 10^{-3}$$

Пример 3. Определим, используя данные предыдущих примеров, риск R_θ быть ввергнутым в фатальный несчастный случай, связанный с ДТП, если ежегодно погибает в этих происшествиях 30 тыс. человек:

$$R_\theta = \frac{3 \cdot 10^4}{1,5 \cdot 10^8} \approx 2 \cdot 10^{-4}$$

Различают индивидуальный и социальный риск.

Индивидуальный риск характеризует опасность определенного вида для отдельного индивидуума.

Социальный риск (точнее – групповой) – это риск для группы людей. Социальный риск – это зависимость между частотой событий и числом пораженных при этом людей.

В качестве примера приведем зарубежные данные, характеризующие индивидуальный риск (см. табл. 1).

Для сравнения риска и выгод многие специалисты предлагают ввести экономический эквивалент человеческой жизни. Такой подход вызывает возражение среди определенного круга лиц, которые утверждают, что человеческая жизнь свята и финансовые сделки недопустимы.

Однако на практике с неизбежностью возникает необходимость в такой оценке именно в целях безопасности людей, если вопрос ставится так: «Сколько надо израсходовать средств, чтобы спасти человеческую жизнь?» По зарубежным исследованиям, человеческая жизнь оценивается от 650 тыс. до 7 млн. долл. США. Следует отметить, что процедура определения риска весьма приближительна. Можно выделить 4 методических подхода к определению риска.

Таблица 1

Индивидуальный риск фатального исхода в год, обусловленный различными причинами
(по данным, относящимся ко всему населению США)

| <i>Причины</i> | <i>Степень риска</i> |
|-------------------------|----------------------|
| Автомобильный транспорт | $3 \cdot 10^{-4}$ |
| Падения | $9 \cdot 10^{-5}$ |
| Пожар и ожог | $4 \cdot 10^{-5}$ |
| Утопление | $3 \cdot 10^{-5}$ |
| Отравление | $2 \cdot 10^{-5}$ |
| Огнестрельное оружие | $1 \cdot 10^{-5}$ |
| Станочное оборудование | $1 \cdot 10^{-5}$ |
| Водный транспорт | $9 \cdot 10^{-6}$ |
| Воздушный транспорт | $9 \cdot 10^{-6}$ |
| Падающие предметы | $6 \cdot 10^{-6}$ |
| Электрический ток | $6 \cdot 10^{-6}$ |
| Железная дорога | $4 \cdot 10^{-7}$ |
| Молния | $5 \cdot 10^{-7}$ |
| Все прочие | $4 \cdot 10^{-5}$ |
| Общий риск | $6 \cdot 10^{-4}$ |
| Ядерная энергия | $2 \cdot 10^{-10}$ |

1) Инженерный, опирающийся на статистику, расчет частот, вероятностный анализ безопасности, построение деревьев опасности.

2) Модельный, основанный на построении моделей воздействия вредных факторов на отдельного человека, социальные, профессиональные группы и т. п.

3) Экспертный, когда вероятность событий определяется на основе опроса опытных специалистов, т. е. экспертов.

4) Социологический, основанный на опросе населения.

Перечисленные методы отражают разные аспекты риска. Поэтому применять их необходимо в

1.2. КОНЦЕПЦИЯ ПРИЕМЛЕМОГО (ДОПУСТИМОГО) РИСКА

Традиционная техника безопасности базируется на категорическом императиве – обеспечить безопасность, не допустить никаких аварий. Как показывает практика, такая концепция неадекватна законам техносферы. Требование абсолютной безопасности, подкупающее своей гуманностью, может обернуться трагедией для людей потому, что обеспечить нулевой риск в действующих системах невозможно.

Современный мир отверг концепцию абсолютной безопасности и пришел к концепции *приемлемого (допустимого) риска*, суть которой в стремлении к такой безопасности, которую приемлет общество в данный период времени.

Восприятие общественностью риска и опасностей субъективно. Люди резко реагируют на события редкие, сопровождающиеся большим числом одновременных жертв.

В то же время частые события, в результате которых погибают единицы или небольшие группы людей, не вызывают столь напряженного отношения. Ежедневно на производстве погибает 40-50 человек, в целом по стране от различных опасностей лишаются жизни более 1000 человек в день. Но эти сведения менее впечатляют, чем гибель 5-10 человек в одной аварии или каком-либо конфликте. Это необходимо иметь в виду при рассмотрении проблемы приемлемого риска. Субъективность в оценке риска подтверждает необходимость поиска приемов и методологий, лишенных этого недостатка. По мнению специалистов, использование риска в качестве оценки опасностей предпочтительнее, чем использование традиционных показателей.

Приемлемый риск сочетает в себе технические, экономические, социальные и политические аспекты и представляет некоторый компромисс между уровнем безопасности и возможностями ее достижения.

Прежде всего нужно иметь в виду, что экономические возможности повышения безопасности технических систем безграничны.

Затрачивая чрезмерные средства на повышение безопасности, можно нанести ущерб социальной сфере, например ухудшить медицинскую помощь.

При увеличении затрат технический риск снижается, но растет социальный. Суммарный риск имеет минимум при определенном соотношении между инвестициями в техническую и социальную сферы. Это обстоятельство и нужно учитывать при выборе риска, с которым общество пока вынуждено мириться.

В некоторых странах, например в Голландии, приемлемые риски установлены в законодательном порядке. Максимально приемлемым уровнем индивидуального риска гибели обычно считается 10^{-6} в год. Пренебрежительно малым считается индивидуальный риск гибели 10^{-8} в год.

Максимально приемлемым риском для экосистем считается тот, при котором может пострадать 5% видов биогеоценоза.

На самом деле приемлемые риски на 2-3 порядка «строже» фактических. Следовательно, введение приемлемых рисков является акцией, прямо направленной на защиту человека.

УПРАВЛЕНИЕ РИСКОМ

Как повысить уровень безопасности?

Это основной вопрос теории и практики безопасности. Очевидно, что для этой цели средства можно расходовать по трем направлениям:

- 1) совершенствование технических систем и объектов;
- 2) подготовка персонала;
- 3) ликвидация последствий.

Априорно трудно определить соотношение инвестиций по каждому из этих направлений. Необходим специальный анализ с использованием конкретных данных и условий. Переход к риску открывает принципиально новые возможности повышения безопасности техносферы. К техническим, организационным, административным добавляются экономические методы управления риском. К последним относятся: страхование, денежная компенсация ущерба, платежи за риск и др. Специалисты считают целесообразным в законодательном порядке ввести квоты за риск.

Для расчета риска необходимы обоснованные данные. Острая потребность в данных в настоящее время признана во всем мире на национальном и международном уровне.

Необходима тщательно аргументированная разработка базы и банков данных и их реализация в условиях предприятия, региона.

В основе управления риском лежит методика сравнения затрат и получаемых выгод от снижения риска.

Последовательность изучения опасностей:

Стадия I – предварительный анализ опасности (ПАО).

Шаг 1. Выявить источники опасности.

Шаг 2. Определить части системы, которые могут вызвать эти опасности.

Шаг 3. Ввести ограничения на анализ, т. е. исключить опасности, которые не будут изучаться.

Стадия II – выявление последовательности опасных ситуаций, построение дерева событий и опасностей.

Стадия III – анализ последствий.

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ БЕЗОПАСНОСТИ

Системный анализ – это совокупность методологических средств, используемых для подготовки и обоснования решений по сложным проблемам, в данном случае, безопасности.

Система – это совокупность взаимосвязанных компонентов, взаимодействующих между собой таким образом, что достигается определенный результат (цель).

Под компонентами (элементами, составными частями) системы понимаются не только материальные объекты, но и отношения и связи. Любая машина представляет пример технической системы. Система, одним из элементов которой является человек, называется эргатической. Примеры эргатической системы: «человек-машина», «человек-машина-окружающая среда» и т. п. Вообще говоря, любой предмет может быть представлен как системное образование.

Принцип системности рассматривает явления в их взаимной связи, как целостный набор или комплекс. Цель или результат, который дает система, называют системообразующим элементом. Например, такое системное явление, как горение (пожар), возможно при наличии следующих компонентов: горючее вещество, окислитель, источник воспламенения. Исключая хотя бы один из названных компонентов, мы разрушаем систему.

Системы имеют качества, которых может не быть у элементов, их образующих. Это важнейшее свойство систем, именуемое **эмерджентностью**, лежит, по существу, в основе системного анализа вообще и проблем безопасности, в частности.

Методологический статус системного анализа необычен: в нем переплетаются элементы теории и практики, строгие формализованные методы сочетаются с интуицией и личным опытом, с эвристическими приемами.

Цель системного анализа безопасности состоит в том, чтобы выявить причины, влияющие на появление нежелательных событий (аварий, катастроф, пожаров, травм и т. п.), и разработать предупредительные мероприятия, уменьшающие вероятность их появления.

«ДЕРЕВО ПРИЧИН И ОПАСНОСТЕЙ» КАК СИСТЕМА

Любая опасность реализуется, принося ущерб, благодаря какой-то причине или нескольким причинам. Без причин нет реальных опасностей. Следовательно, предотвращение опасностей или защита от них базируется на знании причин. Между реализованными опасностями и причинами существует причинно-следственная связь; опасность есть следствие некоторой причины (причин), которая, в свою очередь, является следствием другой причины и т. д. Таким образом, причины и опасности образуют иерархические, цепные структуры или системы. Графическое изображение таких зависимостей чем-то напоминает ветвящееся дерево. В зарубежной литературе, посвященной анализу безопасности объектов, используются такие термины, как «дерево причин», «дерево отказов», «дерево опасностей», «дерево событий». В строящихся деревьях, как правило, имеются ветви причин и ветви опасностей, что полностью отражает диалектический характер причинно-следственных связей.

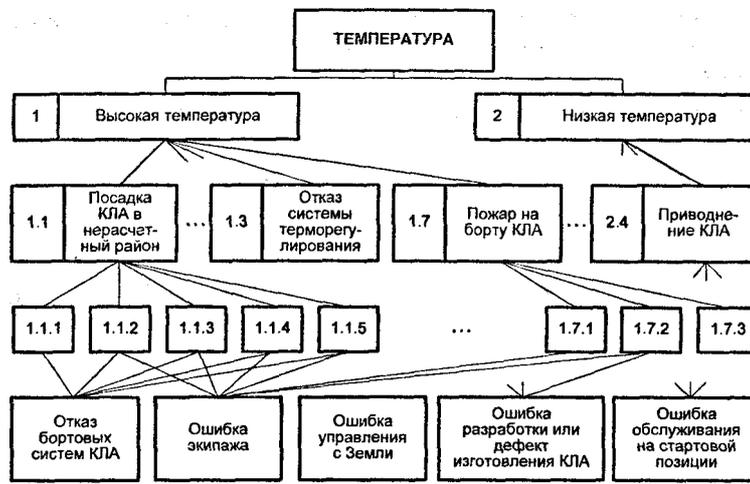


Рис. 1

Фрагмент логического дерева опасностей «температуры»

1.1.1 – срочный спуск на Землю; 1.1.2 – несвоевременная выдача тормозного импульса; 1.1.3 – выдача тормозного импульса незаданной величины; 1.1.4 – недостаточные запасы компонентов топлива двигательной установки КЛА; 1.1.5 – неправильная ориентация КЛА в момент выдачи тормозного импульса; 1.7.1 – короткое замыкание в электросети КЛА; 1.7.2 – использование курительно-зажигательного средства на борту КЛА; 1.7.3 – наличие на борту КЛА концентраторов теплового излучения.

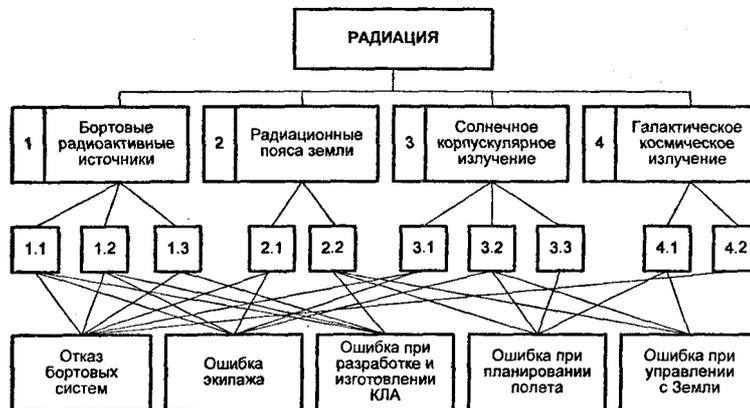


Рис. 2

Логическое дерево опасностей «радиации»

1.1 – отказ в системе ядерной энергетической установки; 1.2 – отказ в ядерной двигательной установке; 1.3 – отказ в системе, использующей изотопный источник излучения (измерение уровня топлива, высотомер, дальномер); 2.1 – отказ двигательной установки и переход на орбиту, проходящую через радиационный пояс; 2.2 – ошибка при расчете орбиты вне геомагнитического защитного поля; 3.3 – ошибка прогноза солнечной активности; 4.1 – нерасчетное время полета КЛА; 4.2 – отказ системы радиационной защиты.

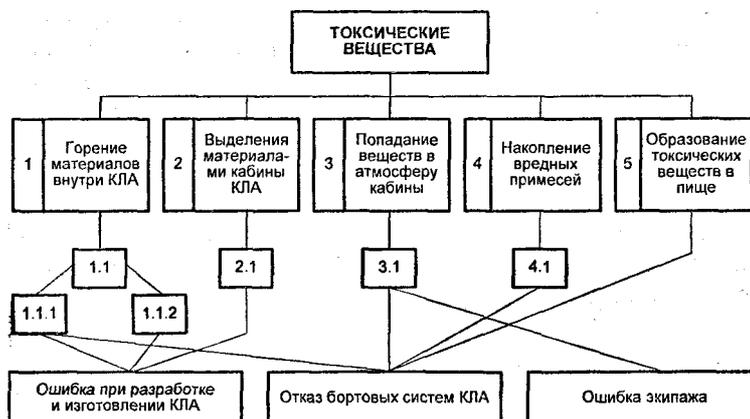


Рис. 3

Логическое дерево опасностей «токсических веществ»

1.1 – пожар на борту КЛА; 2.1 – неправильный выбор материалов кабины КЛА; 3.1 – нарушение герметичности систем с токсическими веществами; 4.1 – отказ системы обеспечения газового состава; 1.1.1 – короткое замыкание в электросети КЛА; 1.1.2 – наличие на борту КЛА концентраторов теплового излучения.

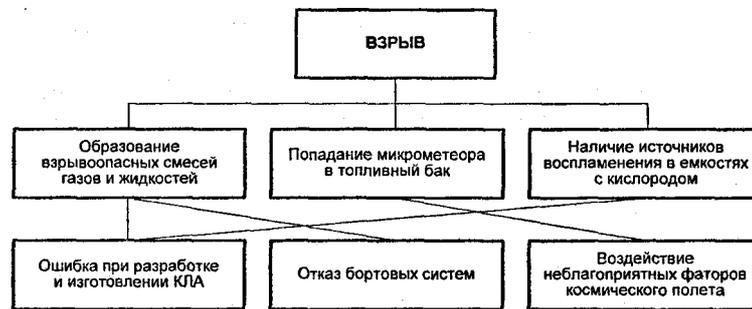


Рис. 4

Логическое дерево опасностей «взрыва»

Разделение этих ветвей нецелесообразно, а иногда и невозможно. Поэтому точнее называть полученные в процессе анализа безопасности объектов графические изображения «деревьями причин и опасностей».

Построение «деревьев» является исключительно эффективной процедурой выявления причин различных нежелательных событий (аварий, травм, пожаров, дорожно-транспортных происшествий и т. д.).

Многоэтапный процесс ветвления «дерева» требует введения ограничений с целью определения его пределов. Эти ограничения целиком зависят от целей исследования. В общем, границы ветвления определяются логической целесообразностью получения новых ветвей.

На рис. 1, 2, 3, 4 показаны примеры «деревьев» применительно к условиям космических летательных аппаратов (КЛА), заимствованные из книги Г. Т. Берегового и др.

ЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ ПРИ АНАЛИЗЕ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМ

Логические операции принято обозначать соответствующими знаками. Чаще всего употребляются операции «И» и «ИЛИ».

Операция (или вентиль) «И» указывает, что для получения данного выхода необходимо соблюсти все условия на входе. Вентиль «ИЛИ» указывает, что для получения данного выхода должно быть соблюдено хотя бы одно из условий на входе.

Методы анализа. Анализ безопасности может осуществляться априорно или апостериорно, т. е. до или после нежелательного события. В обоих случаях используемый метод может быть прямым и обратным.

Априорный анализ. Исследователь выбирает такие нежелательные события, которые являются потенциально возможными для данной системы, и пытается составить набор различных ситуаций, которые могут привести к их появлению.

Апостериорный анализ. Выполняется после того, как нежелательные события уже произошли. Цель такого анализа – разработка рекомендаций на будущее. Априорный и апостериорный анализы дополняют друг друга. Прямой метод анализа состоит в изучении причин, чтобы предвидеть последствия.

При обратном методе анализируются последствия, чтобы определить причины, т. е. анализ начинается с венчающего события. Конечная цель всегда одна – предотвращение нежелательных событий.

Имея вероятность и частоту возникновения первичных событий, можно, двигаясь снизу вверх, определить вероятность венчающего события. Основной проблемой при анализе безопасности является установление параметров или границ системы. Если система будет чрезмерно ограничена, то появляется возможность получения разрозненных несистематизированных предупредительных мер, т. е. некоторые опасные ситуации могут остаться без внимания.

С другой стороны, если рассматриваемая система слишком обширна, то результаты анализа могут оказаться крайне неопределенными. Перед исследователем стоит также вопрос о том, до какого уровня следует вести анализ. Ответ на этот вопрос зависит от конкретных целей анализа.

1.3. ПРИНЦИПЫ, МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

ОБЩИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В структуре общей теории безопасности принципы и методы играют эвристическую и методологическую роль и дают целостное представление о связях в рассматриваемой области знания.

О значении принципов французский философ-материалист К. А. Гельвеций (1715-1771) писал: «Знание некоторых принципов легко возмещает незнание некоторых факторов» (Сочинение «Об уме», 1758).

Принцип – это идея, мысль, основное положение.

Метод – это путь, способ достижения цели, исходящий из знания наиболее общих закономерностей.

Принципы и методы обеспечения безопасности относятся к специальным в отличие от общих методов, присущих диалектике и логике.

Методы и принципы определенным образом взаимосвязаны.

Средства обеспечения безопасности в широком смысле – это конструктивное, организационное, материальное воплощение, конкретная реализация принципов и методов.

Принципы, методы, средства – логические этапы обеспечения безопасности. Выбор их зависит от конкретных условий деятельности, уровня безопасности, стоимости и других критериев.

ПРИНЦИПЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ. КЛАССИФИКАЦИЯ. ОПРЕДЕЛЕНИЯ.

ПРИМЕРЫ

Принципов обеспечения безопасности много. Их можно классифицировать по нескольким признакам. По признаку реализации их условно делят на 4 класса: ориентирующие, технические, управленческие, организационные (таблица 2).

Таблица 2

Принципы обеспечения безопасности труда

| <i>Ориентирующие</i> | <i>Технические</i> |
|------------------------------|------------------------|
| 1. Активности оператора; | 1. Блокировки; |
| 2. Гуманизации деятельности; | 2. Вакуумирования; |
| 3. Деструкции; | 3. Герметизации; |
| 4. Замены оператора; | 4. Защиты расстоянием; |
| 5. Классификации; | б. Компрессии; |
| 6. Ликвидации опасности; | 6. Прочности; |
| 7. Системности; | 7. Слабого звена; |
| 8. Снижения опасности. | 8. Флегматизации; |
| | 9. Экранирования. |
| <i>Организационные</i> | <i>Управленческие</i> |
| 1. Защиты временем; | 1. Адекватности; |
| 2. Информации; | 2. Компенсации; |
| 3. Несовместимости; | 3. Контроля; |
| 4. Нормирования; | 4. Обратной связи; |
| 5. Подбора кадров; | 5. Ответственности; |
| 6. Последовательности; | 6. Плановости; |
| 7. Резервирования; | 7. Стимулирования; |
| 8. Эргономичности. | 8. Эффективности. |

Некоторые принципы относятся к нескольким классам одновременно. Принципы обеспечения безопасности образуют систему. В то же время каждый принцип обладает относительной самостоятельностью.

Рассмотрим детальнее некоторые принципы. Для этого дадим определение группы и каждого рассматриваемого принципа, а также приведем примеры его реализации.

Ориентирующие принципы.

Ориентирующие принципы представляют собой основополагающие идеи, определяющие направление поиска безопасных решений и служащие методологической и информационной базой.

Принцип системности состоит в том, что любое явление, действие, всякий объект рассматривается как элемент системы. Под системой понимается совокупность элементов, взаимодействие между которыми адекватно однозначному результату.

Такую систему будем называть определенной. Если же совокупность элементов взаимодействует так, что возможны различные результаты, то система называется неопределенной. Причем уровень неопределенности системы тем выше, чем больше различных результатов может появиться. Неопределенность порождается неполным учетом элементов и характером взаимодействия между ними.

К элементам системы относятся материальные объекты, а также отношения и связи, существующие между ними. Так, например, пожар как физическое явление возможен при наличии; 1) горючего вещества; 2) кислорода в воздухе не менее 14% по объему; 3) источника воспламенения определенной мощности и совмещении перечисленных трех условий в 4) пространстве и 5) времени.

В данном примере пять условий – это элементы, образующие определенную систему, так как результатом их взаимодействия является одно конкретное следствие – пожар. Устранение хотя бы одного элемента исключает возможность загорания и, следовательно, разрушает данную систему как таковую. Рассмотрим еще один пример. Известно, что любой несчастный случай порождается совокупностью условий или причин, находящихся в иерархической соподчиненности. Эта совокупность и есть определенная система, так как взаимодействие образующих ее элементов приводит к такому нежелательному результату, как несчастный случай.

Системный подход к профилактике травматизма состоит в том, чтобы прежде всего для конкретных условий определить совокупность элементов, образующих систему, результатом которой является несчастный случай. Исключение одного или нескольких элементов разрушает систему и устраняет негативный результат.

Таким образом, рассматривая явления с системных позиций, следует различать такие понятия, как система, элементы системы и результат. Причем перечисленные понятия сами находятся в системном отношении между собой.

Различают естественные и искусственные системы. В искусственных системах результат именуют целью. При конструировании искусственных систем сначала задаются реальной целью, которую необходимо достичь, и определяют элементы, образующие систему. Такие системы можно называть целеустремленными. В вопросах безопасности эти системы играют основную роль. Задача сводится по существу к тому, чтобы на естественную систему, ведущую к нежелательному результату, наложить искусственную систему, ведущую к желаемой цели. При этом положительная цель достигается за счет исключения элементов из естественной системы или нейтрализации их элементами искусственной системы. Можно, следовательно, говорить о системах и контрсистемах.

Принцип системности заключается в том, чтобы рассматривать явления с системных концепций в их взаимной связи и целостности. Сам термин система (греч. *systema* – целое, составленное из частей, соединение) обозначает связь, соединение, целое. Система обладает такими свойствами, которых нет у составляющих ее элементов. Применительно к системе справедливо утверждение, что целое больше суммы частей, которые его образуют. Это так называемый эффект эмерджентности, в отличие от аддитивности суммы элементов, не образующих систему.

Таким образом, система – это не механическое сочетание элементов, а качественно новое образование. Именно поэтому, чтобы правильно квалифицировать результат или достичь желаемую цель, мы должны иметь полное представление об элементах, образующих систему. Принцип системности в вопросах безопасности реализуется в различных формах. Необходимо отметить, что каждая система входит в состав другой системы, которая, в свою очередь, является частью большей системы и т. д. В связи с этим иногда говорят о подсистемах, системах, суперсистемах.

Принцип системности отражает универсальный закон диалектики о взаимной связи явлений.

Принцип системности ориентирует на учет всех элементов, формирующих рассматриваемый результат, на полный учет обстоятельств и факторов для обеспечения безопасности жизнедеятельности.

Принцип деструкции (от латинского *destructio* – разрушение) заключается в том, что система, приводящая к опасному результату, разрушается за счет исключения из нее одного или нескольких

элементов. Принцип деструкции органически связан с рассмотренным принципом системности и имеет столь же универсальное значение.

При анализе безопасности сначала используют принцип системности, а затем, учитывая принцип деструкции, разрабатывают мероприятия, направленные на исключение некоторых элементов, что приводит к желаемой цели. Поясним на примерах.

1) Для возникновения и развития процесса горения необходимы горючее, окислитель и источник зажигания с определенными параметрами. Так, наибольшая скорость горения наблюдается в чистом кислороде, наименьшая – при содержании кислорода в воздухе 14% (об), при дальнейшем уменьшении концентрации кислорода горение большинства веществ прекращается. Температура горящего вещества также должна быть определенной. Если горящий объект охлажден ниже температуры воспламенения, то горение прекращается. Воспламенение возможно также только при условии определенной мощности источника зажигания. Нарушение хотя бы одного из условий, необходимых для процесса горения, приводит к прекращению горения. Это обстоятельство широко используется в практике тушения пожаров. Принцип деструкции также используется в технике предупреждения взрывов газов, пыли, паров.

2) Известно, что смесь горючего и окислителя горит лишь в определенном интервале концентраций. Минимальная концентрация, при которой возможен взрыв, называется нижним концентрационным пределом. Максимальная концентрация, при которой еще возможен взрыв, называется верхним концентрационным пределом. Чтобы избежать взрыва, нужно тем или иным способом снизить концентрацию ниже нижнего предела или поднять выше верхнего концентрационного предела взрываемости. Другими словами, нужно применить принцип деструкции, заключающийся в данном случае в исключении такого условия, как взрывчатая смесь.

3) Принцип деструкции применяется для предупреждения такого явления, как самовозгорание. Самовозгорание характеризуется тем, что горение вещества возникает при отсутствии внешнего источника зажигания. Чем ниже температура, при которой происходит процесс самовозгорания, тем вещество опаснее в пожарном отношении.

К самовозгорающимся относятся вещества растительного происхождения (сено, опилки), торф, ископаемые угли, масла и жиры, некоторые химические вещества и смеси. Самовозгорание происходит в результате экзотермических реакций при недостаточном отводе тепла. Наиболее опасны растительные масла и жиры, содержащие определенные органические соединения, способные легко окисляться и полимеризоваться, например, льняное масло. Особую опасность представляют ткани (спецодежда), обтирочные материалы, на которые попали растительные масла. Промасленную спецодежду следует развешивать так, чтобы обеспечить свободный доступ воздуха к поверхности ткани. Этим самым нарушается условие самовозгорания, так как исключается накопление тепла.

4) Принцип деструкции используется для предотвращения взрывов в компрессорных установках. При сжатии газов в компрессорных установках возникает опасность взрыва. Это связано с разложением смазочных масел при повышении температуры с ростом давления компримируемого газа. Чтобы исключить возможность взрыва, необходимо обеспечить надежное охлаждение компрессора и применять для смазки компрессорные смазочные масла с температурой вспышки 216-242°C. Температура сжатого газа должна быть на 70°C ниже температуры вспышки смазочного масла. На основе принципа деструкции возможно предотвратить воспламенение горючей смеси.

5) Воспламенение горючей системы возможно только в том случае, если количество энергии, сообщенное системе, достаточно для протекания реакции. Необходимость определенной предельной мощности импульса зажигания для воспламенения широко используют при защите от взрыва.

Мы рассмотрели примеры реализации принципа деструкции. При этом показали только возможность применения принципа, сами же технические способы, при помощи которых воплощается данный принцип, весьма многочисленны и основаны на технических или организационных принципах.

Принцип снижения опасности заключается в использовании решений, которые направлены на повышение безопасности, но не обеспечивают достижения желаемого или требуемого по нормам уровня. Этот принцип в известном смысле носит компромиссный характер. Приведем примеры.

1) Одним из эффективных методов повышения пожарной безопасности в химическом производстве является замена огнеопасных легколетучих жидкостей, часто применяемых в качестве растворителей, менее опасными жидкостями с температурой кипения выше 110°C (амилацетат, этиленгликоль, хлорбензол, ксилол, амиловый спирт и др.).

2) Для защиты от поражений электрическим током применяют так называемые безопасные

напряжения (12, 24, 36 В). При таком напряжении опасность поражения током снижается. Однако считать такие напряжения абсолютно безопасными нельзя, поскольку известны случаи поражения человека при воздействии именно таких напряжений.

3) Снижение интенсивности возникновения зарядов статического электричества достигается подбором соответствующих скоростей движения веществ, предотвращением разбрызгивания и распыления; очисткой газов и жидкостей от примесей. С этой же целью применяются нейтрализаторы статического электричества, которые по принципу действия делятся на индукционные, радиоизотопные и комбинированные.

4) Одним из средств повышения безопасности вредных и взрывоопасных производств является вынос оборудования на открытые площадки. Это снижает вероятность отравления вредными веществами, а также существенно снижает опасность взрыва, пожара.

5) Снижение вредного воздействия выбросов и степени взрыво- и пожароопасности достигается соответствующим расположением предприятий на генеральном плане с учетом преобладающего направления ветров. При этом снижается (но не исключается полностью) вероятность вредного воздействия выбросов на людей.

Принцип ликвидации опасности состоит в устранении опасных и вредных факторов, что достигается изменением технологии, заменой опасных веществ безопасными, применением более безопасного оборудования, совершенствованием научной организации труда и другими средствами. Этот принцип наиболее прогрессивен по своей сути и весьма многолик по формам реализации. С поиска способов реализации именно этого принципа следует начинать как теоретические, так и практические работы по повышению уровня безопасности жизнедеятельности.

Рассмотрим несколько примеров.

1) Некоторые катализаторы являются вредными и огнеопасными. В технологическом процессе алкилирования фенола в качестве катализатора раньше применяли серную кислоту и хлористый алюминий. Теперь они заменены катионообменной смолой ЦУ-2, что исключает опасность ожога кислотой.

2) Ртуть является высокотоксичным веществом. Рекомендуется во всех случаях, где это возможно, ртутные приборы заменять безртутными.

3) При проведении многих технологических процессов удаляется много взрывоопасных и токсичных газов. Для обеспечения безопасности применяют факельную систему сбора, использования и уничтожения этих газов.

В факельные системы для сжигания направляют неиспользуемые горючие газы и пары, сбрасываемые технологическим оборудованием, а также через предохранительные клапаны, патрубки и др. Факельная система состоит из магистральных газопроводов, по которым выбросы поступают к факельной трубе, при выходе из которой газ сжигается. К магистральным газопроводам газ подводится по трубам из цехов и установок.

4) При декомпрессии после пребывания работающего под водой или в кессоне может возникать кессонная болезнь. Основные нарушения в организме человека происходят из-за значительного поглощения тканями азота. Так, при нормальном атмосферном давлении в 100 мл крови содержится 1 мл азота, а при давлении 0,3 Па (3 атм.) – 3 мл.

При декомпрессии происходит переход азота из растворенного состояния в газообразное. Это вызывает тяжелое заболевание человека. Благодаря тому, что гелий очень плохо растворим в крови, его используют как составную часть искусственного воздуха, подаваемого для дыхания водолазам. Это предотвращает появление кессонной болезни.

5) Для повышения пожарной безопасности в химическом производстве огнеопасные жидкости следует заменять негорючими растворителями. К ним относятся четыреххлористый углерод, хлористый метилен, трихлорэтилен и другие.

Технические принципы

Технические принципы направлены на непосредственное предотвращение действия опасностей. Технические принципы основаны на использовании физических законов.

Принцип защиты расстоянием заключается в установлении такого расстояния между человеком и источником опасности, при котором обеспечивается заданный уровень безопасности. Принцип основан на том, что действие опасных и вредных факторов ослабевает по тому или иному закону или полностью исчезает в зависимости от расстояния.

Противопожарные разрывы. Чтобы избежать распространения пожара, здания, сооружения и другие объекты располагают на определенном расстоянии друг от друга. Эти расстояния называют противопожарными разрывами.

Санитарно-защитные зоны. Для защиты жилых застроек от вредных и неприятно пахнущих веществ, повышенных уровней шума, вибраций, ультразвука, электромагнитных волн радиочастот, статического электричества, ионизирующих излучений предусматриваются санитарно-защитные зоны.

Санитарно-защитная зона – это пространство между границей жилой застройки и объектами, являющимися источниками вредных факторов. Размер санитарно-защитной зоны устанавливается в соответствии с санитарной классификацией предприятий.

Для предприятий классов I, II, III, IV, V размеры санитарно-защитных зон соответственно составляют 2000, 1000, 500, 300, 100 м. Размеры санитарно-защитных зон могут быть увеличены или уменьшены при надлежащем технико-экономическом и гигиеническом обосновании.

Расстояние от наиболее удаленного рабочего места до эвакуационного выхода. Для того чтобы люди во время пожара могли беспрепятственно и безопасно покинуть здание, регламентируется кратчайшее расстояние от рабочего места до выхода наружу.

Защита от электрического тока. Защита от прикосновения к токоведущим частям электрических установок достигается, в частности, недоступным расположением токоведущих частей. Защита от ионизирующих излучений и ЭМП также обеспечивается расстоянием.

Принцип прочности состоит в том, что в целях повышения уровня безопасности усиливают способность материалов, конструкций и их элементов сопротивляться разрушениям и остаточным деформациям от механических воздействий. Реализуется принцип прочности при помощи так называемого коэффициента запаса прочности, который представляет собой отношение опасной нагрузки, вызывающей недопустимые деформации или разрушения, к допустимой нагрузке. Величину коэффициента запаса прочности устанавливают исходя из характера действующих усилий и напряжений (статический, ударный), механических свойств материала, опыта работы аналогичных конструкций и других факторов.

Применяются различные методы расчета конструкций на прочность.

При расчете по предельной нагрузке коэффициент запаса прочности определяется отношением предельной нагрузки к рабочей.

При расчете по максимальным напряжениям коэффициент запаса прочности определяется по следующим соотношениям:

$$n_m = \frac{\sigma_m}{\sigma^*}; n_e = \frac{\sigma_e}{\sigma^*}; n_d = \frac{\sigma_d}{\sigma^*},$$

где n_m , n_e , n_d – коэффициент запаса прочности по пределу текучести, по временному сопротивлению и по пределу длительной прочности соответственно; σ_m – минимальное значение физического предела текучести; σ_e – минимальное значение предела временного сопротивления; σ_d – среднее значение предела длительной прочности; σ^* – нормативное допускаемое напряжение.

Коэффициент запаса прочности для канатов представляет собой отношение действительного разрывного усилия к наибольшему допустимому натяжению каната. Величина коэффициента регламентируется правилами и принимается для лифтов в зависимости от вида и назначения в пределах 8-25, для кранов – 3-6.

С принципом прочности связано решение вопросов устойчивости (жесткости) конструкции. Под устойчивостью понимают способность конструкции сопротивляться возникновению больших отклонений от положения невозмущенного равновесия при малых возмущающих воздействиях.

Принцип прочности реализуется для защиты от электротока. Для защиты от поражения в электроустановках применяют изолирующие средства, обладающие высокой механической и электрической прочностью.

Рассмотрим другие случаи реализации принципа прочности. Часто для безопасности необходимо обеспечить движение жидкости или газа только в одном определенном направлении. Например при внезапной остановке насоса, работающего на нагнетание. Чтобы предупредить движение жидкости в сторону, противоположную заданной, предусматривают установку подъемных и поворотных обратных клапанов. Золотник клапана прочно перекрывает сечение, не позволяя жидкости двигаться в обратном направлении.

На принципе прочности основано применение предохранительных поясов для работы на высоте. Предохранительный пояс цепью прикрепляется к прочным конструкциям при помощи карабина.

Принцип слабого звена состоит в применении в целях безопасности ослабленных элементов конструкций или специальных устройств, которые разрушаются или срабатывают при определенных предварительно рассчитанных значениях факторов, обеспечивая сохранность производственных объектов и безопасность персонала.

Принцип слабого звена используется в различных областях техники.

Противовзрывные проемы. Для обеспечения взрывостойкости зданий, внутри которых возможен взрыв, в оболочке зданий предусматривают противовзрывные проемы такой площади, через которые в течение заданного времени (исключающего разрушение здания) можно понизить давление взрыва до безопасной величины. В качестве противовзрывных часто используют оконные и дверные проемы. Давление, при котором разрушаются или открываются проемы, должно быть возможно меньшим. Остекление для взрывоопасных зданий рекомендуется одинарным. Если площадь остекления не обеспечивает взрывостойкости, то устраивают легкобрасываемые или легкоразрушаемые покрытия или панели, масса 1 м^2 которых не должна превышать 120 кг. Отношение площади проемов к площади всего покрытия называют коэффициентом проемности, который принимается равным 0,6-0,7.

Противовзрывные клапаны. Для предотвращения разрушающего действия взрыва в аппаратах, газоходах, пылепроводах и других устройствах применяют Противовзрывные клапаны различных конструкций, а также разрывные мембраны из алюминия, меди, асбеста, бумаги. Мембраны (пластинки) должны разрываться при давлении, превышающем рабочее давление не более, чем на 25%.

Предохранительные клапаны. Сосуды, работающие под давлением, снабжают предохранительными клапанами. Число и размеры предохранительных клапанов подбирают с учетом того, чтобы в сосуде не могло возникнуть давление, превышающее расчетное более чем на 15% при рабочем давлении $p < 6 \text{ МПа}$ и более чем на 10% при давлении $p \geq 6 \text{ МПа}$.

Принцип экранирования состоит в том, что между источником опасности и человеком устанавливается преграда, гарантирующая защиту от опасности. При этом функция преграды состоит в том, чтобы препятствовать прохождению опасных свойств в гомосферу. Применяются, как правило, разнообразные по конструкции сплошные экраны.

Защита от тепловых излучений. Распространено применение экранов для защиты от тепловых облучений. При этом различают экраны отражения, поглощения и теплоотвода. Для устройства экранов отражения используют светлые материалы: алюминий, белую жель, алюминиевую фольгу, оцинкованное железо. Теплоотводящие экраны изготавливают в виде конструкций с пространством (змеевиком) с находящейся в нем проточной водой. Теплопоглощающие экраны изготавливают из материала с большой степенью черноты. Если необходимо обеспечить возможность наблюдения (кабины, пульта управления), применяют прозрачные экраны, выполненные из многослойного или жаропоглощающего стекла или других конструкций. Прозрачным теплопоглощающим экраном служат и водяные завесы, которые могут быть двух типов: переливные (вода подается сверху) и напорные (с подачей воды снизу под давлением).

Защита от ионизирующих излучений. Защитное экранирование широко применяется для защиты от ионизирующих излучений. Оно позволяет снизить облучение до любого заданного уровня. Материал, применяемый для экранирования, и толщина экрана зависят от природы излучения (альфа, бета, гамма, нейтроны). Толщина экрана рассчитывается на основе законов ослабления излучений в веществе экрана.

Альфа-частицы имеют небольшую величину пробега и легко поглощаются стеклом, плексигласом, фольгой любой толщины.

Для защиты от бета-излучений применяют материалы с небольшим атомным номером, для поглощения жестких бета-лучей применяют свинцовые экраны с внутренней облицовкой алюминием.

Для ослабления гамма-излучения чаще всего используют элементы с высоким атомным номером и высокой плотностью: свинец, вольфрам, бетон, сталь. Нейтроны высокой энергии сначала замедляют до тепловых при помощи водородосодержащих веществ (тяжелая вода, парафин, пластмассы, полиэтилен), а затем поглощают медленные нейтроны при помощи материалов, имеющих большое сечение поглощения (борнит, графит, кадмий и др.).

Защита от электромагнитных излучений. Экранирование используется для защиты от электромагнитных полей. В этом случае применяют материалы с высокой электрической проводимостью (медь, алюминий, латунь) в виде листов толщиной не менее 0,5 мм или сетки с ячейками размером не более $4 \times 4 \text{ мм}$. Электромагнитное поле ослабляется металлическим экраном в результате создания в его толще поля противоположного направления.

Защита от вибраций и шума. Одним из эффективных способов защиты от вибраций, вызываемых работой машин и механизмов, является виброизоляция. Роль своеобразного экрана здесь выполняют амортизаторы (виброизоляторы), представляющие собой упругие элементы, размещенные между машиной и ее основанием. Энергия вибрации поглощается амортизаторами, а это уменьшает передачу вибраций на основание.

Экраны используют для защиты работающих от прямого воздействия шума. Акустический эффект экрана основан на образовании за ним области тени, куда звуковые волны проникают лишь частично. Причем справедлива такая зависимость: чем больше длина звуковой волны, тем меньше при данных размерах экрана область тени. Следовательно, применение экранов эффективно для защиты от средне- и высокочастотных шумов. На низких частотах за счет эффекта дифракции звук огибает экраны, не создавая аэродинамической тени.

Система индивидуальной защиты (СИЗ). Принцип экранирования используется в СИЗ (очки, щитки).

Управленческие принципы

Управленческими называются принципы, определяющие взаимосвязь и отношения между отдельными стадиями и этапами процесса обеспечения безопасности.

Принцип плановости означает установление на определенные периоды направлений и количественных показателей деятельности. В соответствии с рассматриваемым принципом должны устанавливаться конкретные количественные задания на различных иерархических уровнях на основе контрольных цифр.

Планирование в области безопасности должно ориентироваться на достижение конечных результатов, выраженных в показателях, характеризующих непосредственно условия труда. Другие показатели являются производными.

Принцип стимулирования означает учет количества и качества затраченного труда и полученных результатов при распределении материальных благ и моральном поощрении. Принцип стимулирования реализует такой важный фактор, как личный интерес.

Принцип компенсации (от лат. *compensatio* – возмещение) состоит в предоставлении различного рода льгот с целью восстановления нарушенного равновесия психических и психофизиологических процессов или предупреждения нежелательных изменений в состоянии здоровья.

Компенсации предусматриваются рабочим, военнослужащим и другим категориям лиц. Одним из видов компенсации является повышение тарифных ставок для работающих на горячих, тяжелых и вредных работах примерно на 13%, а для работающих на особо тяжелых и особо вредных работах – на 30–33% выше, чем для работающих в нормальных условиях.

Работающим в особо вредных условиях выдается бесплатно лечебно-профилактическое питание для укрепления здоровья и предупреждения профессиональных заболеваний. Разработано 5 научно обоснованных рационов лечебно-профилактического питания, применяемых в зависимости от особенностей вредностей. Лечебно-профилактическое питание выдается обычно в виде горячих завтраков перед началом работы или во время обеденного перерыва. Калорийность дневного рациона составляет 1364-1481 калорий. Значительному числу рабочих и служащих, занятых на работах с вредными условиями труда, в дни работы выдается 0,5 л молока или равноценные ему продукты.

На работах, связанных с загрязнением тела, выделяется бесплатно по установленным нормам мыло. Для защиты кожного покрова рук и лица в необходимых случаях выдаются различные мази (пасты), синтетические поверхностно-активные моющие вещества, хорошо смывающие грязь, но не раздражающие кожу.

Обеспечение безопасности связано с применением средств индивидуальной защиты (СИЗ).

Принцип эффективности состоит в сопоставлении фактических результатов с плановыми и оценке достигнутых показателей по критериям затрат и выгод.

В области безопасности различают социальную, инженерно-техническую и экономическую эффективность. Функция эффективности в безопасности весьма специфична. Основное значение имеет организующая роль принципа эффективности.

Организационные принципы

К организационным относятся принципы, реализующие в целях безопасности положения научной организации деятельности.

Принцип защиты временем предполагает сокращение до безопасных значений длительности нахождения людей в условиях воздействия опасности.

Этот принцип имеет значение при защите от ионизирующих излучений, от шума, при установлении продолжительных отпусков и в других случаях. Рассмотрим несколько примеров.

Отпуск. Все трудящиеся получают оплачиваемый отпуск. Это снимает накопившуюся усталость и способствует улучшению здоровья и повышению жизненного тонуса.

Продолжительность рабочего дня. Там, где пока не устранены вредные условия труда, действующее законодательство предусматривает систему компенсаций профессиональных вредностей. Одним из видов компенсаций является сокращение продолжительности рабочего дня.

В химической промышленности для значительного числа работников установлен сокращенный рабочий день продолжительностью 6 ч (36-часовая рабочая неделя), для некоторых профессий – 5 ч и даже 4 ч.

Предотвращение взрывов. Большую опасность представляют баллоны с агрессивными сжиженными газами при их длительном хранении. Имеющаяся влага с течением времени реагирует с газом. Образующиеся при этом побочные газообразные продукты увеличивают давление в баллоне. Одновременно происходит коррозия внутренних стенок баллона, сопровождающаяся образованием водорода и солей, забивающих сифонную трубку. Снять избыточное давление в таком баллоне уже невозможно. По этой причине нельзя длительно хранить баллоны с сжиженными газами.

Взрывоопасные вещества могут образовываться при длительном хранении растворов некоторых комплексных солей и при хранении эфиров и других веществ при доступе воздуха. Поэтому подобные вещества нельзя хранить долго.

Защита от гидравлических ударов. При внезапной остановке движущейся в трубопроводе жидкости происходит резкое повышение давления, под воздействием которого трубопровод может разрушиться. При постепенном закрывании запорных приспособлений повышение давления в трубопроводе зависит определенным образом от продолжительности закрывания задвижек: с увеличением времени давление понижается. Поэтому в трубопроводах с большими скоростями применяют постепенно закрывающиеся задвижки с большим числом оборотов маховичка. Таким образом, безопасность в данном случае достигается блокировкой временем.

Принцип нормирования состоит в регламентации условий, соблюдение которых обеспечивает заданный уровень безопасности. Необходимость нормирования обуславливается тем, что достичь абсолютную безопасность практически невозможно. Нормирование имеет важное методологическое значение. Нормы являются исходными данными для расчета и организации мероприятий по обеспечению безопасности. При нормировании учитываются психофизические характеристики человека, а также технические и экономические возможности.

Лимитирующим показателем при нормировании вредных факторов является отсутствие патологических изменений в состоянии здоровья. Приведем некоторые примеры норм безопасности.

Концентрация вредных веществ. Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны нормируется предельно допустимыми концентрациями (ПДК).

ПДК – это такие концентрации, которые при установленной продолжительности работы в течение всего рабочего стажа не могут вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья. Эти концентрации являются максимально разовыми.

ПДК устанавливаются также для атмосферного воздуха населенных пунктов. В этом случае используются максимально разовые и среднесуточные концентрации. Установлены предельно допустимые концентрации вредных веществ в водоемах санитарно-бытового водопользования, а также для почв, продуктов и т. д.

Параметры микроклимата. Нормируются оптимальные и допустимые значения температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха для различных условий деятельности.

Шум. Для шумов устанавливаются допустимые уровни звукового давления в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц, а также уровни звука и эквивалентные уровни звука в дБА. При нормировании шумов учитывается характер объектов и род выполняемой работы.

Освещенность. В нормировании освещенности определяющим является размер объекта различения (мм), по которому определяют разряд зрительной работы.

Естественная освещенность нормируется коэффициентом естественной освещенности. Для бокового освещения нормируется минимальное значение, а для верхнего и комбинированного – среднее.

Наименьшая искусственная освещенность на рабочих поверхностях в производственных помещениях устанавливается с учетом фона, контраста объекта с фоном, применяемых ламп и вида освещения.

Рабочее время и время отдыха. Формой нормирования является регламентация продолжительности рабочего дня, рабочей недели, производственного стажа, а также перерывов в работе и отпусков.

Компенсационные льготы. Установлены нормы выдачи спецодежды, мыла, молока, лечебно-профилактического питания.

Средства защиты. Существуют определенные нормативные требования к устройству ограждений, заземлений и других средств защиты.

Вибрация. Вибрация нормируется по уровням в октавных полосах со среднегеометрическими частотами от 1 до 2000 Гц. Различают при этом локальную и общую вибрации для различных условий.

Переноска тяжестей. Несмотря на широкое внедрение механизации трудоемких работ, все еще существует необходимость в переноске тяжестей. Поэтому установлены предельные нормы переноски тяжестей для женщин:

- подъем и перемещение тяжестей при чередовании с другой работой (до 2 раз в час) – 10 кг;
- подъем и перемещение тяжестей постоянно в течение рабочей смены – 7 кг;
- величина динамической работы, совершаемой в течение каждого часа рабочей смены, не должна превышать: с рабочей поверхности 1750 кгм, с пола 875 кгм.

Примечания:

- 1) В массу поднимаемого и перемещаемого груза включается масса тары и упаковки.
- 2) При перемещении грузов на тележках или в контейнерах прилагаемое усилие не должно превышать 10 кг.
- 3) Принцип нормирования реализуется практически во всех сферах деятельности. Нормативы установлены почти для всех видов опасностей.

Принцип несовместимости заключается в пространственном и временном разделении объектов реального мира (веществ, материалов, оборудования, помещений, людей), основанном на учете природы их взаимодействия с позиций безопасности. Такое разделение преследует цель исключить возникновение опасных ситуаций, порождаемых взаимодействием объектов. Этот принцип весьма распространен в различных областях техники.

Рассмотрим некоторые примеры использования принципа несовместимости.

Хранение веществ. По возможности совместного хранения вещества делятся на восемь групп:

- I – взрывчатые вещества;
- II – селитры, хлораты, перхлораты, нитропродукты;
- III – сжатые и сжиженные газы (горючие, поддерживающие горение и инертные);
- IV – вещества, самовозгорающиеся при контакте с воздухом или водой (карбиды, щелочные металлы, фосфор);
- V – легковоспламеняющиеся жидкости;
- VI – отравляющие вещества (мышьяковистые соединения, цианистые и ртутные соли, хлор);
- VII – вещества, способные вызвать воспламенение (азотная и крепкая серная кислоты, бром, хромовая кислота, перманганаты);
- VIII – легкогорючие материалы (нафталин, вата, древесная стружка).

Хранить совместно разрешается только вещества, входящие в определенную группу. Кроме того, каждое из веществ VII группы должно храниться изолированно.

Хранение СДЯВ. Сильнодействующие ядовитые вещества (СДЯВ) по условиям безопасности делятся на 5 групп.

Совместное хранение веществ разных групп не разрешается по условиям безопасности.

Производственные помещения. Принцип несовместимости реализуется при планировке производственных и бытовых помещений. Бытовые помещения изолируют от производственных. Производственные помещения планируют так, чтобы исключалось загрязнение воздуха одних помещений токсичными веществами, поступающими из других цехов.

В производствах категории А и Е по взрыво- и пожароопасности не допускается устройство подвальных и цокольных помещений, так как они могут оказаться местом скопления ядовитых и взрывоопасных газов и паров. В остальных случаях устройство таких помещений должно быть обосновано. Производственные здания не должны иметь чердаков.

Зонирование территории. В целях повышения взрыво-, пожаробезопасности и улучшения санитарного состояния при разработке генеральных планов предприятий применяется зонирование территории. Сущность зонирования заключается в территориальном объединении в группы (зоны) различных объектов, входящих в состав предприятия по признаку технологической связи и характеру присущих им опасностей и вредностей.

Выделяют следующие зоны: предзаводскую, подсобную, складскую, сырьевую и товарных емкостей.

Предзаводская зона включает заводоуправление, проходную, столовую, пожарное депо, стоянки транспорта.

В производственной зоне находятся производственные и вспомогательные здания и сооружения.

Подсобная зона объединяет ремонтно-механические, ремонтно-строительные и тарные цехи, центральную заводскую лабораторию и др.

Складская зона содержит склады материальные, оборудования, химикатов, масел, готовой продукции.

Зона сырьевых и товарных емкостей предназначена для складов горючих и легковоспламеняющихся жидкостей и газов.

Принцип эргономичности состоит в том, что для обеспечения безопасности учитываются антропометрические, психофизические и психологические свойства человека.

Антропометрические требования сводятся к учету размеров и позы человека при проектировании оборудования, рабочих мест, мебели, одежды, СИЗ и др.

Психофизические требования устанавливают соответствие свойств объектов особенностям функционирования органов чувств человека.

Психологические требования определяют соответствие объектов психическим особенностям человека.

МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ. КЛАССИФИКАЦИЯ. ОПРЕДЕЛЕНИЯ. ПРИМЕРЫ

Введем следующие определения:

Гомосфера – пространство (рабочая зона), где находится человек в процессе рассматриваемой деятельности.

Ноксосфера – пространство, в котором постоянно существуют или периодически возникают опасности. Совмещение гомосферы и ноксосферы недопустимо с позиций безопасности. Обеспечение безопасности достигается тремя основными методами:

Метод А состоит в пространственном и (или) временном разделении гомосферы и ноксосферы. Это достигается средствами дистанционного управления, автоматизации, роботизации, организации и др.

Метод Б состоит в нормализации ноксосферы путем исключения опасностей. Это совокупность мероприятий, защищающих человека от шума, газа, пыли, опасности травмирования и т. п. средствами коллективной защиты.

Метод В включает гамму приемов и средств, направленных на адаптацию человека к соответствующей среде и повышению его защищенности. Данный метод реализует возможности профотбора, обучения, психологического воздействия, СИЗ.

В реальных условиях реализуется комбинация названных методов.

СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

Средства обеспечения безопасности делятся на средства **коллективной (СКЗ) и индивидуальной защиты (СИЗ).**

В свою очередь СКЗ и СИЗ делятся на группы в зависимости от характера опасностей, конструктивного исполнения, области применения и т. д.

В широком понимании к средствам безопасности следует относить все то, что способствует защищенности человека от опасности, а именно: воспитание, образование, укрепление здоровья, дисциплинированность, здравоохранение, государственные органы управления и т. п.

1.4. ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

ПОНЯТИЕ ОБ УПРАВЛЕНИИ БЖД

Перманентный риск и объективная возможность воздействия на уровень безопасности выдвигают на первый план вопросы методики и техники управления безопасностью.

Под управлением БЖД понимается организованное воздействие на систему «человек-среда» с целью достижения желаемых результатов.

Управлять БЖД – это значит осознанно переводить объект из одного состояния (опасное) в другое (менее опасное).

При этом объективно соблюдаются условия экономической и технической целесообразности, сравнение затрат и получение выгод.

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В УПРАВЛЕНИИ

Требование системности заключается в учете необходимого и достаточного числа компонентов, которыми определяется безопасность.

Важнейшие принципы системного анализа сводятся к следующему: процесс принятия решений должен начинаться с выявления и четкого формулирования конечных целей; всю проблему необходимо рассматривать как единое целое; необходим анализ альтернативных путей достижения целей; подцели не должны вступать в конфликт с общей целью.

При этом цель должна удовлетворять требованиям реальности, предметности, количественной определенности, адекватности, эффективности, контролируемости. Формирование целей – наиболее сложная задача в управлении безопасностью. Цель следует рассматривать как иерархическое понятие. Программа всегда направлена на достижение конкретной цели. Это главная цель. Она подразделяется на подцели, которые ранжируются по степени важности.

СТАДИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

Стадии, на которых должны учитываться требования безопасности, образуют полный цикл деятельности, а именно: научный замысел; НИР; ОКР; проект; реализация проекта; испытания; производство; транспортирование; эксплуатация; модернизация и реконструкция; консервация и ликвидация; захоронение.

Своевременный учет требований безопасности на каждой стадии обуславливается не только техническими, но и экономическими соображениями.

ФУНКЦИИ УПРАВЛЕНИЯ БЖД

Управление – это процесс, в котором можно в общем случае выделить несколько функций:

- 1) Анализ и оценка состояния объекта.
- 2) Прогнозирование и планирование мероприятий для достижения целей и задач управления.
- 3) Организация, т. е. непосредственное формирование управляемой и управляющей систем.
- 4) Контроль, т. е. система наблюдения и проверки за ходом организации управления.
- 5) Определение эффективности мероприятий.
- 6) Стимулирование, т. е. формы воздействия, побуждающие участников управления творчески решать проблемы управления.

СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ БЖД

В БЖД выделяют следующие аспекты: мировоззренческий; физиологический; психологический; социальный; воспитательный; эргономический; экологический; медицинский; технический; организационно-оперативный; правовой (юридический); экономический.

Соответственно аспектам существует богатая палитра средств управления БЖД. К ним, в частности, относятся: образование народных масс; воспитание культуры безопасного поведения; профессиональное обучение; профессиональный отбор; медицинский отбор; психологические воздействия на субъекты управления; рационализация режимов труда и отдыха; технические и организационные средства коллективной защиты (СКЗ); средства индивидуальной защиты (СИЗ); система льгот и компенсаций и др.

ДЕКОМПОЗИЦИЯ ПРЕДМЕТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Управление безопасностью связано с выделением в сложной системе более простых элементов. Этот процесс называется декомпозицией деятельности. Уровень детализации зависит от особенностей системы, условий и целей управления и других факторов. Например, для анализа обычного трудового процесса в общем случае можно выделить следующие элементы: предметы, средства и продукты труда; энергия; технология; информация; природно-климатические факторы; растения, животные; работник коллектива.

Нетрудно увидеть, что каждый из названных элементов системы по своей природе системен и при необходимости может быть подвергнут процессу декомпозиции.

ПРИМЕРНАЯ СХЕМА ПРОЕКТИРОВАНИЯ БЖД

Проектирование условий безопасности – достаточно сложный процесс, требующий соответствующей подготовки лиц, которым он поручается. Примерная схема действий приводится ниже (см. табл. 3).

Таблица 3

Логико-методическая схема анализа и проектирования безопасности деятельности

| <i>Последовательность действий</i> | <i>Результат действий</i> |
|---|---|
| 1. Декомпозиция проектируемых или существующих объектов на элементы | Конкретизируются: 1. Предметы труда 2. Средства труда: машины, сооружения, здания 3. Продукты труда, полуфабрикаты 4. Энергия (электрическая, пневматическая и т.д.) 5. Технологические процессы, операции, действия 6. Природно-климатические факторы 7. Растения, животные 8. Персонал 9. Рабочие места, цехи, участки и т. д. |
| 2. Идентификация опасностей, создаваемых каждым элементом, определенным в п. 1 | Перечень опасностей |
| 3. Построение «дерева причин и опасностей» | Причины опасностей |
| 4. Количественная и качественная оценка опасностей, сравнение с допускаемыми значениями и уровнем риска | Перечень причин и опасностей, защита от которых необходима |
| 5. Определение целей | Количественное определение параметров, которые должны быть достигнуты |
| 6. Комплексная оценка объектов по параметрам безопасности | Принятые интегральные или балльные показатели |
| 7. Анализ возможных принципов, методов и средств обеспечения безопасности, альтернатив | Набор принципов, методов, альтернатив |
| 8. Анализ достоинств и недостатков, потерь и выгод по каждой альтернативе | Выбор приемлемого варианта |
| 9. Анализ приемлемых методов, принципов и средств | Выбор конкретных методов, средств, принципов |
| 10. Расчеты | Конкретные решения |
| 11. Оценка эффективности | Показатели технического, социального, экономического эффектов |

МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

2

*Человек есть мера всех вещей.
Протагор*

*Близ солнца, на одной из маленьких планет
Живет двуногий зверь некрупного сложенья,*

*Живет сравнительно еще немного лет
И думает, что он венец творенья.
Что все сокровища еще безвестных стран
Для прихоти его природа сотворила,
Что для него горят небесные светила,
Что для него ревет в час бури океан.
И борется зверек с судьбой насколько можно,
Хлопочет день и ночь о счастье своем,
С расчетом на века устраивает дом...
Но ветер на него пахнул неосторожно –
И нет его... пропал и след...
И, умирая, он не знает,
Зачем явился он на свет».*

А. Апухтин

2.1. ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ АДАПТАЦИИ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА К РАЗЛИЧНЫМ УСЛОВИЯМ

Состояние здоровья населения все чаще признается показателем конечного воздействия факторов окружающей среды на людей. При этом имеются в виду как негативные, так и позитивные и защитные взаимодействия.

Здоровье – по определению ВОЗ (Всемирная организация здравоохранения. Устав, 1968) – является состоянием полного физического, душевного и социального благополучия, а не только отсутствием болезней или физических дефектов.

В настоящее время нет общепризнанных данных о долевом вкладе различных факторов в формирование индивидуального и популяционного здоровья людей. В материалах ВОЗ указывается, что в совокупном влиянии на здоровье населения образу жизни отводится 50%, среде обитания – 20%, наследственности – 20%, качеству медико-санитарной помощи – 10%. Но эти данные носят ориентировочный характер. Худoley В. В. с соавторами указывают, что в ближайшие 30-40 лет (при сохранении существующих тенденций развития индустрии) здоровье населения России на 50-70% будет зависеть от качества среды обитания (при нынешнем соотношении 20-40%). Н. А. Агаджанян отмечает, что здоровье человека, как и биосферы, надо рассматривать в комплексе, и приводит данные, характеризующие зависимость между здоровьем человека и здоровьем биосферы. В настоящее время во внешней среде зарегистрировано 4 млн. токсических веществ, и ежегодно их количество возрастает на 6000; в организм человека попадает около 100 тыс. ксенобиотиков; каждый четвертый житель Земли страдает аллергией и аутоиммунными заболеваниями; более 80% болезней обусловлено экологическим напряжением. Он указывает, что самое серьезное следствие загрязнения биосферы заключается в генетических последствиях: уже сейчас известно более 2500 видов нарушений здоровья, локализованных на геномном и хромосомном уровнях; 10% новорожденных имеют отклонения от нормального развития; около 50% генофонда европейского населения из-за экологического напряжения не воспроизводится в следующем поколении. С каждым годом возрастает удельный вес социальной компоненты в комплексной оценке здоровья современного человека, популяции, общества. Социальная неустроенность, неуверенность в завтрашнем дне, моральная угнетенность, психофизиологическое напряжение, стрессы – расцениваются в качестве ведущих факторов риска, отрицательно воздействующих на здоровье человека и способствующих появлению новых форм неспецифических болезней, которые проявляются в виде хронической сверхусталости человеческого организма, полнейшей жизненной апатии и др.

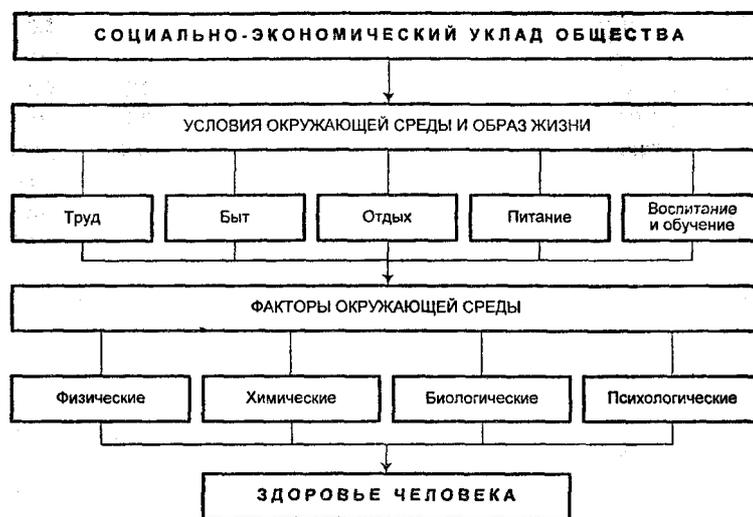


Рис. 5

Влияние факторов и условий окружающей среды на состояние здоровья

Жизнь испытывает человека чрезмерным дискомфортом и гораздо реже – комфортом, высоким и длительным напряжением физических и психических сил, многовариантными стрессовыми ситуациями. Критерием устойчивости человека в таких условиях являются характеристики здоровья населения и его интегральный показатель – вероятная продолжительность жизни. Комплексными оценками состояния здоровья человека считают также показатели биологического возраста человека – основной обмен, жизненная емкость легких, индекс физического состояния, коэффициент старения и т. д.

Здоровье – синтетический показатель. Он интегрирует и обобщает все многообразие сторон жизни человека: бытийную, духовную, производственную, творческую и т. д. Существует понятие и профессионального здоровья, под которым понимается способность человеческого организма сохранять заданные компенсаторные и защитные свойства, обеспечивающие работоспособность в условиях, в которых протекает профессиональная деятельность. На рис. 5 показаны пути влияния факторов окружающей среды на состояние здоровья.

При проведении анализа различных аспектов влияния окружающей среды на здоровье человека приоритетное значение придается факторам риска, непосредственно ведущим к возникновению заболеваний.

Оценка устранимости отрицательного воздействия факторов на здоровье приобретает особенно важное значение при разработке проектов и планов освоения новых районов, новой бытовой техники, новых технологий, синтезировании новых химических соединений, продуктов питания. Устранение или ослабление отрицательного воздействия факторов окружающей среды в ряде случаев достигается с помощью инженерно-технических мер и средств, систем жизнеобеспечения, адаптации, в том числе и социальной.

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ И МЕХАНИЗМЫ АДАПТАЦИИ

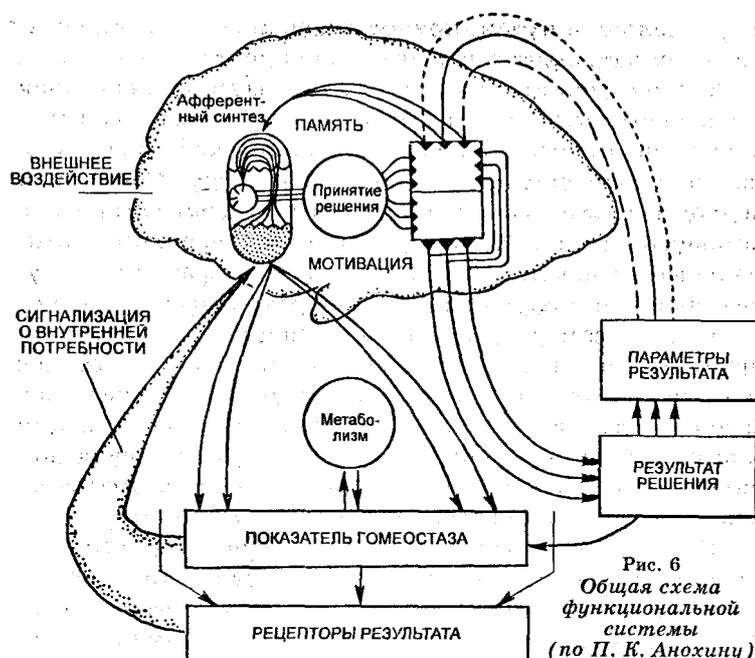
Начиная с момента рождения, организм внезапно попадает в совершенно новые для себя условия и вынужден приспособить к ним деятельность всех своих органов и систем. В дальнейшем, в ходе индивидуального развития, факторы, действующие на организм, непрерывно видоизменяются, что требует постоянных функциональных перестроек. Таким образом, процесс приспособления организма к общеприродным климато-географическим, а также к производственным, социальным условиям представляет собой универсальное явление. Под *адаптацией* понимают все виды врожденной и приобретенной приспособительной деятельности, которые обеспечиваются определенными физиологическими реакциями, происходящими на клеточном, органном, системном и организменном уровне. Защитно-приспособительные реакции регулируются рефлекторным и гуморальным путем, причем главная роль в этих реакциях принадлежит высшей нервной деятельности.

Теория функциональных систем, сформулированная в нашей стране П. К. Анохиным, способствовала пониманию закономерностей развития реакций целого организма на изменяющуюся окружающую среду. Системный подход позволил объяснить, каким образом организм с помощью механизмов саморегуляции обеспечивает оптимальные жизненные функции и каким образом они осуществляются в нормальных и экстремальных условиях.

Процесс саморегуляции является циклическим и осуществляется на основе «золотого правила» – всякое отклонение от жизненно важного уровня какого-либо фактора служит толчком к немедленной мобилизации многочисленных аппаратов соответствующей функциональной системы, вновь восстанавливающих этот жизненно важный приспособительный результат.

Поскольку в организме человека существует множество полезных приспособительных результатов, обеспечивающих различные стороны его жизнедеятельности, работа целого организма строится из совокупной деятельности многих функциональных систем. Такими полезными для организма приспособительными результатами, строящими различные функциональные системы, являются: показатели внутренней среды (уровень питательных веществ, кислорода, температуры, кровяное давление и др.); результаты поведенческой деятельности, удовлетворяющие основные биологические потребности организма (пищевые, питьевые, половые и др.); результаты социальной деятельности человека, обусловленные общественным и индивидуальным опытом, положением в обществе, удовлетворяющие его социальные потребности.

Функциональная система (рис. 6) включает в себя рецепторные образования, являющиеся своеобразными живыми датчиками, динамически оценивающими величину регулируемого показателя. Она имеет центральный аппарат – структуры мозга, анализирующие все многообразие поступающих сигналов, принимающие решение и программирующие ожидаемый результат. Наконец, в функциональной системе действуют исполнительные механизмы – периферические органы, реализующие поступающие команды. Кроме того, в системе есть обратная афферентация (обратная связь), которая информирует центр об эффективности деятельности исполнительных механизмов и о достижении конечного результата. Все многообразие деятельности живого организма, его устойчивость к внешним факторам, стабильность различных функций обеспечиваются сложным взаимодействием саморегулирующихся функциональных систем, в которых центральные и периферические органы динамически объединяются для достижения конечного приспособительного результата.



Взаимодействуя по принципу иерархии результатов, различные функциональные системы составляют в конечном счете слаженно работающий организм. Причем наблюдается доминирование той или иной функциональной системы, имеющей в данный момент наиболее важное значение для организма.

Биологический смысл активной адаптации состоит в установлении и поддержании гомеостаза, позволяющего существовать в измененной внешней среде. Гомеостаз – относительное динамическое постоянство внутренней среды и некоторых физиологических функций организма человека (терморегуляции, кровообращения, газообмена и пр.), поддерживаемое механизмами саморегуляции в условиях колебаний внутренних и внешних раздражителей.

Для нас наибольший интерес представляют внешние раздражители – факторы окружающей среды, контактирующие с человеческим организмом – температура, влажность, химический состав воздуха, воды, пищи, шум, психогенные факторы и др. Основные константы гомеостаза (температура тела,

осмотическое давление крови и тканевой жидкости и другие) поддерживаются сложными механизмами саморегуляции, в которых участвуют нервная, эндокринная, сенсорные системы. Постоянство состава, физико-химических и биологических свойств внутренней среды организма человека является не абсолютным, а относительным и динамическим; оно постоянно коррелируется в зависимости от изменения внешней среды и в результате жизнедеятельности организма. Диапазон колебаний параметров факторов окружающей среды, при котором механизмы саморегуляции функционируют без физиологического напряжения, относительно невелик. При отклонении параметров факторов окружающей среды от оптимальных уровней механизмы саморегуляции начинают функционировать с напряжением, и для поддержания гомеостаза в процесс включаются механизмы адаптации.

Итак, адаптация – процесс приспособления организма к меняющимся условиям среды, что означает возможность приспособления человека к природным, производственным или социальным условиям. Она обеспечивает работоспособность, максимальную продолжительность жизни и репродуктивность в неадекватных условиях среды. В качестве важного компонента адаптивной реакции организма выступает стресс-синдром – сумма неспецифических реакций, создающих условия для активизации деятельности гомеостатических систем.

Если уровни воздействия факторов окружающей среды выходят за пределы адаптационных возможностей организма, то включаются дополнительные защитные механизмы, противодействующие возникновению и прогрессированию патологического процесса.

Компенсаторные механизмы – адаптивные реакции, направленные на устранение или ослабление функциональных сдвигов в организме, вызванных неадекватными факторами среды. Например, под воздействием холода усиливаются процессы производства и сохранения тепловой энергии, повышается обмен веществ, в результате рефлекторного сужения периферических сосудов уменьшается теплоотдача. Компенсаторные механизмы служат составной частью резервных сил организма. Обладая высокой эффективностью, они могут поддерживать относительно стабильный гомеостаз достаточно долго, для развития устойчивых форм адаптационного процесса.

Эффективность адаптации зависит от дозы воздействующего фактора и индивидуальных особенностей организма. Доза воздействия и переносимость зависят от наследственных – генетических особенностей организма, продолжительности и силы (интенсивности) воздействия факторов. Стресс-синдром при чрезмерно сильных воздействиях среды может трансформироваться в звено патогенеза и стать причиной развития болезней – от язвенных до тяжелых сердечно-сосудистых и иммунных.

ВЗАИМОСВЯЗЬ ЧЕЛОВЕКА С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ

Информацию о внешней и внутренней среде организма человек получает с помощью сенсорных систем (анализаторов). Термин «анализатор» был введен в физиологию И. П. Павловым в 1909 г. и обозначал системы чувствительных образований, воспринимающих и анализирующих различные внешние и внутренние раздражители. В соответствии с современными представлениями сенсорные системы – это специализированные части нервной системы, включающие периферические рецепторы (сенсорные органы, органы чувств), отходящие от них нервные волокна (проводящие пути) и клетки центральной нервной системы, сгруппированные вместе (сенсорные центры), где проводится обработка информации. Сенсорные органы можно классифицировать следующим образом:

1) Экстерорецепторы – воспринимают раздражения, воздействующие на организм из окружающей среды: восприятие света, тепла, звука и других сигналов. Они обеспечивают необходимый объем адекватной информации о внешней среде, на основе анализа которой формируется приспособительное поведение.

2) Интерорецепторы – воспринимают раздражения, идущие из внутренней среды организма: органов, жидкостных сред, тканей. Они являются основой протекания регуляторных процессов в организме.

3) Проприорецепторы – воспринимают раздражение, возникающее вследствие изменения степени сокращения и расслабления мышц, то есть обеспечивают поступление информации о положении различных отделов тела и о положении тела в пространстве.

На рис. 7 показан порядок возникновения субъективного ощущения в результате воздействия на организм человека фактора окружающей среды (сенсорного стимула).

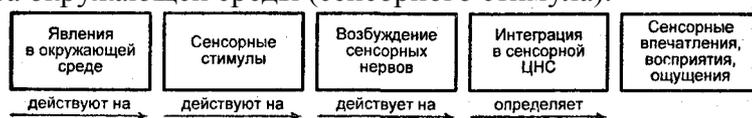


Рис. 7

Основной характеристикой анализатора является чувствительность рецептора, то есть способность воспринимать раздражитель. При всех видах раздражения и для всех органов чувств стимул должен достигнуть минимума интенсивности, чтобы вызвать минимальное ощущение. Эта интенсивность носит название порога ощущения или абсолютного порога чувствительности. Величина, на которую один стимул должен отличаться от другого, чтобы их разница воспринималась человеком, называют дифференциальным порогом или порогом различения (по интенсивности, длительности, частоте, форме и т. д.). Время, проходящее от начала воздействия раздражителя до появления ощущений, называют латентным периодом.

Количественное определение соотношения между физической величиной стимула и ощущением известно как закон Вебера-Фехнера, который выражается уравнением:

$$E = K \log (I/I_0) + C$$

где E – интенсивность ощущения; K и C – константы; I – интенсивность стимула; I_0 – его абсолютный порог.

Закон утверждает, что при линейном увеличении интенсивности ощущения (E) интенсивность раздражителя (I) растет логарифмически.

Поскольку в обычных условиях человек чрезвычайно редко сталкивается с прекращением воздействия раздражителей, он не сознает этих воздействий и не отдает себе отчета, насколько важным условием для его нормального функционирования является «загруженность» анализаторов.

Следует учитывать, что отсутствие раздражителей или низкий уровень их интенсивности может приводить к снижению резистентности и адаптационных возможностей организма. Так, отсутствие светового раздражителя может привести к атрофии зрительного анализатора, звукового – к атрофии слухового анализатора, отсутствие речевого воздействия (врожденная глухота) делает человека немым. В связи с урбанизацией, автоматизацией большинства технологических процессов в настоящее время значительная часть населения находится в состоянии гиподинамии, испытывает мышечный голод, что приводит к детренированности организма, отрицательно влияет на состояние сердечно-сосудистой системы и т. д.

Не вся сенсорная информация осознается, большей частью она нужна для многих регуляторных процессов, протекающих бессознательно. Например, проприорецепция и осязание участвуют в двигательной координации, терморецепция используется для автоматической регуляции температуры тела, дыхание изменяется на основе информации о содержании газов в крови, а болевые стимулы вызывают защитные реакции.

2.2. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

ЗРИТЕЛЬНАЯ

Важнейшей предпосылкой правильной ориентации человека в окружающей среде является зрение. Зрительный анализатор позволяет получить представление о предмете, его цвете, форме, величине, о том, находится ли предмет в движении или покое, о расстоянии его от нас, потенциальной опасности, которую он несет. Таким образом, около 80% всей информации человек получает в результате реакции на визуальное раздражение.

Восприятие визуальной информации ограничено пределами так называемого поля зрения. Поле зрения – это пространство, обозреваемое человеком при неподвижном состоянии глаз и головы, это та сфера, электромагнитные волны в которой возбуждают визуальные ощущения. В пределах угла зрения 30–40 градусов условия для видения оптимальны. В этом диапазоне целесообразно помещать основные носители информации, так как в нем воспринимаются и движения, и резкие контрасты.

Для переработки световых сигналов любого вида важно, чтобы зрительный анализатор обладал способностью приспосабливаться к внешним условиям. Поэтому главной особенностью человеческого глаза является способность к аккомодации (способность зрения приспосабливаться к расстоянию до обозреваемого предмета) и адаптации (способность зрения приспосабливаться к световым условиям

окружающей среды). Способность зрительного аппарата к приспособлению обеспечивает остроту зрения (способность глаза различать наименьшие детали предмета), контрастную чувствительность (способность глаза различать минимальную разность яркостей рассматриваемого предмета и фона), скорость узнавания (наименьшее время, необходимое для различения деталей предмета).

Ощущение, вызванное световым сигналом, сохраняется в глазу в течение некоторого времени, несмотря на исчезновение сигнала. Эта инерция зрения, как показывают исследования, находится в пределах от 0,1 до 0,3 с. Благодаря инерции зрения при определенной частоте мелькающий сигнал начинает восприниматься как постоянно светящийся источник. Такую частоту называют критической частотой слияния мельканий. Если мелькания света используются в качестве сигнала, частота слияния должна быть оптимальной – 3-10 Гц.

Инерция зрения обуславливает стробоскопический эффект. Если время, разделяющее дискретные акты наблюдения, меньше времени гашения зрительного образа, то наблюдение субъективно ощущается как непрерывное. При эффекте возможна иллюзия движения при прерывистом наблюдении отдельных объектов, иллюзия неподвижности (замедления движения, возникающая, когда движущийся предмет периодически занимает прежнее положение, иллюзия вращения в противоположную от реального направления сторону, когда частота вспышек света больше числа оборотов вращающегося предмета).

В диапазоне воспринимаемого зрением спектра (длина волн 380-780 нм) происходит качественная оценка зрительного ощущения, обусловленного цветом. Цвет – это результат аналитической оценки зрением светового потока. Ощущение цвета возникает, когда спектр отклоняется от нейтрального или бесцветного (дневного) света и в нем возникают участки различного спектрального состава (с определенной длиной волн) или доминируют волны определенной длины. У людей наблюдаются отклонения от нормального восприятия цвета. К этим отклонениям относятся: цветовая слепота (человек воспринимает все цвета как серые), дальтонизм (человек не различает отдельные цвета, обычно красный и зеленый цвета), «куриная слепота» (человек с наступлением темноты теряет зрение).

Глаз, обеспечивая безопасность человека, и сам снабжен естественной защитой. Рефлекторно закрывающиеся веки защищают сетчатку глаза от сильного света, а роговицу от механических воздействий. Слезная жидкость смывает с поверхности глаз и век пылинки, убивает микробы, благодаря наличию в ней лизоцима. Защитную функцию выполняют и ресницы. Однако, несмотря на совершенство, естественная защита для глаз оказывается недостаточной. Поэтому при опасных для глаз условиях следует обязательно применять искусственные средства защиты.

Зрительное восприятие цвета, переработка получаемой зрительной информации в большой мере зависят от освещения. Поэтому необходимо уделять особое внимание формированию светового климата.

СЛУХОВАЯ

Мир наполнен звуками. Они доставляют человеку многочисленную информацию. Одни звуки приятны, другие отрицательно влияют на здоровье человека. Некоторые звуки выполняют роль сигналов, предупреждая об опасности. Оценить мир звуков человек может с помощью органа слуха.

Ухо человека состоит из трех «основных» частей: наружное ухо, среднее ухо и внутреннее ухо. Звуковые волны направляются в слуховую систему через наружное ухо к барабанной перепонке, колебания которой механическим путем через среднее ухо передаются к внутреннему уху, где колебания барабанной перепонки преобразуются в колебания со значительно меньшей амплитудой, но более высокого давления. Возбуждение нервных окончаний слухового нерва доходит до коры головного мозга и вызывает восприятие звука. Механические колебания создают слуховое восприятие, когда их частота лежит в области 16-20 000 Гц. Слуховое восприятие изображается на диаграмме нанесением величин звукового давления, при которых на каждой частоте возникает ощущение звука, и обозначается как кривая порога слышимости. Она различна в зависимости от индивидуальных особенностей, возраста людей.

Слуховой анализатор обладает высокой чувствительностью, позволяет человеку воспринимать широкий диапазон звуков окружающей среды и анализировать их по силе, высоте тона, окраске, отмечать изменения по интенсивности и частотному составу, определять направление прихода звука.

Рассмотрим лишь одну из замечательных особенностей слуховой сенсорной системы, имеющей прямое отношение к безопасности – ее способность распознавать местонахождение источника звука без поворота головы. Это явление называется бинауральным эффектом. Физическая основа такой способности в том, что распространяясь с конечной скоростью, звук достигает более удаленного уха

позже и с меньшей силой, а слуховая система способна выявить ее разницу в двух ушах уже на уровне 1 дБ, а опаздывание составляет 0,0006 с. Бинауральный слух имеет и иную, более важную, чем ориентация в пространстве, функцию: он помогает анализировать акустическую информацию в присутствии посторонних шумов. «Межушные» различия в интенсивности и направленности поступления сигналов используются ЦНС для подавления фонового шума и выделения полезных звуков (например, сосредоточиться на нужном разговоре в многолюдном собрании).

ВЕСТИБУЛЯРНАЯ

Данная система обеспечивает поддержание нужного положения тела и соответствующие глазодвигательные реакции. Равновесие поддерживается рефлекторно, без принципиального участия в этом сознания.

Выделяют статические и статокINETические рефлексы. Статические рефлексы обеспечивают адекватное взаиморасположение конечностей, а также устойчивую ориентацию тела в пространстве, то есть позные рефлексы. СтатокINETические рефлексы – это реакции на двигательные стимулы, самовыражающиеся в движениях, например движения человека, восстанавливающего равновесие после того, как он споткнулся.

Сильные раздражения вестибулярного аппарата часто вызывают неприятные ощущения: головокружение, рвоту, усиленное потоотделение, тахикардию и т. д. Скорее всего – это результат воздействия необычных для организма раздражений: вращательного ускорения или расхождения между зрительными и вестибулярными сигналами. Возникающие вследствие этого сенсорные иллюзии часто приводят к авариям. Например, пилот перестает замечать вращение или его остановку, неправильно воспринимает его направление и соответственно неадекватно реагирует.

У современных людей статокINETическая устойчивость снижается вследствие изменения структуры их труда. Труд современного человека становится все более умственным, а физическая его доля неудержимо уменьшается. Человек стал все меньше и меньше активно передвигаться в пространстве. В этих условиях статокINETическая устойчивость у современных людей снижается и актуальными становятся такие явления, как гиподинамия и гипокИнезия.

При нарушении функций вестибулярного аппарата в той или иной мере снижается работоспособность человека, а следовательно, снижается и безопасность движения, если речь идет о водителем составе (пилоты, водители, моряки, космонавты). Если речь идет о пассажирах, то это состояние лишает их комфорта, а при наличии у них заболеваний, особенно сердечно-сосудистой системы, может привести к тяжелым осложнениям.

ТАКТИЛЬНАЯ, ТЕМПЕРАТУРНАЯ, БОЛЕВАЯ

Кожа является тем органом, который отделяет внутреннюю среду человека от внешней, надежно охраняя ее постоянство. Ощущения, обеспечиваемые кожей, создают связь с внешним миром. Посредством осязания (тактильных ощущений) мы узнаем о трехмерных особенностях нашего окружения; терморепция – это восприятие тепла и холода; чувство боли – ноцицепция, служит для распознавания потенциально опасных стимулов.

Снаружи кожа покрыта тонким слоем покровной ткани – эпидермисом, состоящим из нескольких слоев довольно мелких клеток, постоянно обновляемых. За эпидермисом следует собственно кожа – дерма. Здесь находятся многочисленные рецепторы, воспринимающие давление (прикосновение), холод и тепло, боль.

Первая функция кожи – механическая. Она предохраняет глубже лежащие ткани от повреждений, высыхания, физических, химических и биологических воздействий и, как уже отмечалось, выполняет барьерную функцию.

Вторая функция кожи связана с процессами терморегуляции, благодаря которым сохраняется постоянная температура тела. В коже человека находятся два вида анализаторов: одни реагируют только на холод (около 250 тыс.), другие – только на тепло (около 30 тыс.). Температура кожи несколько ниже температуры тела и различна для отдельных участков. Продолжительное ощущение тепла при температуре кожи выше 36°C тем сильнее, чем выше эта температура. При температуре около 45°C чувство тепла сменяется болью от горячего. Когда обширные области тела охлаждаются до температуры ниже 30°C, возникает ощущение холода; боль от холода возникает при температуре кожи 17°C и ниже. Если охлаждение идет очень медленно, человек может не заметить, как обширные участки кожи стали совсем холодными (при одновременной потере тепла телом), особенно, если его внимание

отвлечено чем-то другим. Предположительно этот фактор действует, когда человек простужается.

Под тактильной чувствительностью понимают ощущение прикосновения и давления. В среднем на 1 см² кожи находится около 25 рецепторов. Абсолютный порог тактильной чувствительности определяется по тому минимальному давлению предмета на кожную поверхность, при котором наблюдается едва заметное ощущение прикосновения. Наиболее развита чувствительность на дистальных частях тела (наиболее удаленных от оси тела). Характерной особенностью тактильного анализатора является быстрое развитие адаптации, то есть исчезновение чувства прикосновения или давления. Благодаря адаптации мы не чувствуем прикосновения одежды к телу.

Ощущение боли воспринимается специальными рецепторами. Они рассеяны по всему нашему телу, на 1 см² кожи приходится около 100 таких рецепторов. Чувство боли возникает в результате раздражения не только кожи, но и ряда внутренних органов. Часто единственным сигналом, предупреждающим о неблагополучии в состоянии того или другого внутреннего органа, является боль.

В отличие от других сенсорных систем боль дает мало сведений об окружающем нас мире, а скорее сообщает о внешних или внутренних опасностях, грозящих нашему телу. Тем самым она защищает нас от долговременного вреда и поэтому необходима для нормальной жизнедеятельности. Если бы боль не предостерегала, уже при самых обыденных действиях мы часто наносили бы себе повреждения.

Биологический смысл боли в том, что, являясь сигналом опасности, она мобилизует организм на борьбу за самосохранение. Под влиянием болевого сигнала перестраивается работа всех систем организма и повышается его реактивность.

2.3. УПРАВЛЕНИЕ ФАКТОРАМИ СРЕДЫ

В последние годы медицинские аспекты изменения состояния окружающей среды приобретают все большее значение. Многие факторы окружающей среды физической, химической, биологической или социальной природы при значительном воздействии, выходящем за пределы приспособительных возможностей человека, становятся факторами риска тех или иных заболеваний. Поэтому разработка научных представлений о факторах риска и выявление значения конкретных факторов среды в возникновении и развитии отдельных заболеваний открывает новые перспективы в возможности профилактики массовых болезней (сердечно-сосудистых болезней, болезней нервной системы и др.).

Следует подчеркнуть, что биологическая реакция организма на многофакторные воздействия окружающей среды отличается значительной сложностью, объединяя в различной степени выраженные реакции многих органов и систем.

В зависимости от конкретных условий факторы окружающей среды могут оказывать на организм раздельное, комбинированное, комплексное или сочетанное действие. Раздельное действие характеризует влияние на организм какого-либо одного фактора. Действие нескольких, например химических веществ, одновременно поступающих в организм из какого-либо одного объекта окружающей среды, называется комбинированным действием.

Комплексное действие имеет место тогда, когда какое-то химическое вещество одновременно поступает в организм из различных объектов окружающей среды. Сочетанное действие наблюдается при одновременном влиянии на организм человека физических, химических и других факторов окружающей среды.

В настоящее время важное значение при выявлении факторов риска приобретает изучение влияния на здоровье населения, проживающего в непосредственной близости от промышленных предприятий, факторов малой интенсивности, действующих в условиях населенных мест или на производстве.

К особенностям адаптации человека относится сочетание развития физиологических адаптивных свойств организма с искусственными способами, преобразующими среду в его интересах. Эти преобразования направлены на разработку методов и средств, повышающих компенсаторные возможности организма к действию чрезмерных, выходящих за пределы адаптационных возможностей уровней и концентраций повреждающих факторов среды (рис. 8)

В деле управления качеством окружающей среды и ограничения неблагоприятного влияния различных ее факторов на организм важное значение имеет гигиеническое нормирование.

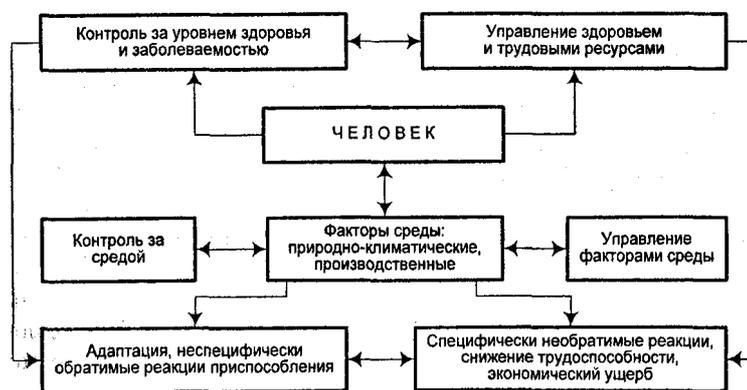


Рис. 8

Адаптация и управление здоровьем человека

Именно установление гигиенического регламента призвано гарантировать безвредность факторов окружающей среды для здоровья.

Нормированием человечество занимается с момента своей осознанной деятельности. Благодаря нормированию существует возможность прогнозирования последствий отношений человека с окружающей действительностью, выбор оптимальных вариантов этих отношений, закрепление их в опыте и передача последующим поколениям.

Гигиеническое нормирование, в отличие от нормирования вообще, имеет целью создание условий, обеспечивающих сохранение, укрепление и приумножение здоровья людей, без которого немислимо их благополучие. Таким образом, оно непосредственно выходит на конечную, целевую, социально-биологическую ценность – здоровье человека и популяции.

Рассмотрим основные принципы нормирования.

1) *Гарантийность*. Гигиеническое нормирование и гигиенические нормативы должны гарантировать заданный уровень нормы организма (популяции) в настоящее время и в будущем.

Реализуется он в разработке предельно допустимых уровней (ПДУ) и концентраций (ПДК) абиотических факторов внешней среды.

2) *Дифференцированность*. Гигиеническое нормирование и гигиенические нормативы имеют определенное социальное предназначение. В зависимости от социальной ситуации для одного и того же фактора могут устанавливаться несколько количественных значений или уровней, а именно: оптимальный, допустимый, предельно допустимый, предельно переносимый и уровень выживания.

Конечно, желательно, чтобы гигиеническое нормирование и соответственно гигиенические нормативы во всех случаях гарантировали максимальный уровень нормы организма или максимум здоровья. Однако социальная практика показывает, что нередко выполнить это требование общество не в состоянии.

3) *Комплексность*. Гигиеническое нормирование и гигиенические нормативы должны предусматривать возможность одновременного действия нескольких факторов среды как положительных, так и отрицательных. Величина норматива каждого из участвующих в этом действии факторов должна устанавливаться в зависимости от характера их взаимного влияния друг на друга и на организм в целом.

4) *Динамичность*. Гигиеническое нормирование должно предусматривать периодический пересмотр нормативов с целью их уточнения и повышения способности к обеспечению заданного уровня здоровья.

5) *Социально-биологическая сбалансированность*. Гигиеническое нормирование должно быть таким, чтобы польза для здоровья от соблюдения норматива (a) и польза от продукта производства, к которому норматив относится (b), в своей сумме максимально превышали сумму ущерба здоровью, наносимого производством остаточной денатурацией среды (c), и ущерба здоровью (d), связанного с затратами на соблюдение норматива, уменьшающими возможность удовлетворения других потребностей общества:

$$(a + b) - (c + d) = \max.$$

Гигиенический контроль за факторами окружающей среды, условиями труда и быта осуществляется последовательно в несколько этапов.

Первый этап – разработка и обоснование гигиенических нормативов. На этом этапе с целью

обоснования и разработки гигиенических нормативов проводятся гигиенические, санитарно-химические, токсикологические, патоморфологические, физиологические, клинико-функциональные исследования.

Второй этап – контроль за соблюдением гигиенических нормативов. По результатам наблюдения дается санитарно-гигиеническая характеристика качества окружающей среды.

Третий этап включает мероприятия по коррекции влияния факторов окружающей среды на организм. Часть мероприятий носит технический характер и связана с совершенствованием производства: внедрение безотходной технологии, автоматизация и механизация производственных процессов.

2.4. ЧЕЛОВЕК КАК ЭЛЕМЕНТ СИСТЕМЫ «ЧЕЛОВЕК-СРЕДА»

Под системой понимается такая совокупность элементов, взаимодействие между которыми адекватно целям, стоящим перед системой. Бинарная система «человек-среда» многоцелевая. Одна из целей, стоящих перед данной системой – безопасность, т. е. нанесение ущерба здоровью человека. Естественно, что каждая система имеет и некоторую чисто технологическую цель, связанную с достижением определенного, наперед заданного результата. Перед создателями систем стоит сложная задача согласования целей и устранения возможных противоречий между ними.

В рамках данного изложения рассматриваются условия обеспечения только одной цели – безопасности. Достижение безопасности системы «человек-среда» возможно только в том случае, если будут системно учтены особенности каждого элемента, входящего в эту систему.

Для того чтобы исключить отрицательные последствия взаимодействия внешней среды и организма, необходимо обеспечить определенные условия функционирования системы «человек-среда». Характеристики человека относительно постоянны. Элементы внешней среды поддаются регулированию в более широких пределах. Следовательно, решая вопросы безопасности системы «человек-среда», необходимо учитывать прежде всего особенности человека.

Человек в системах безопасности выполняет тройную роль:

- является объектом защиты;
- выступает средством обеспечения безопасности;
- сам может быть источником опасностей.

Таким образом, звенья системы «человек-среда» органически взаимосвязаны.

В обеспечении безопасности тех или иных систем участвуют многие группы специалистов: научные работники, конструкторы, проектировщики, эксплуатационные работники и др. Формируя безопасность, эти группы в то же время могут породить опасности своими возможными ошибками, допускаемыми при принятии решений. Чтобы система «человек-среда» функционировала эффективно и не приносила ущерба здоровью человека, необходимо обеспечить совместимость характеристик среды и человека.

СОВМЕСТИМОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ «ЧЕЛОВЕК-СРЕДА»

Антропометрическая совместимость предполагает учет размеров тела человека, возможности обзора внешнего пространства, положения (позы) оператора в процессе работы. При решении этой задачи определяют объем рабочего места, зоны досягаемости для конечностей оператора, расстояние от оператора до приборного пульта и др. Сложность обеспечения этой совместимости заключается в том, что антропометрические показатели у людей разные. Сиденье, удовлетворяющее человека среднего роста, может оказаться крайне неудобным для человека низкого или очень высокого. На рис. 9 приведены минимальные зоны (в см) для выполнения рабочих операций.

Для более правильного использования антропометрических данных человека при проектировании машин применяют метод соматографии или метод моделирования. Соматография – это рабочий метод, заключающийся в конструировании схематических изображений человеческого тела в разных положениях во взаимосвязи с теми операциями, которые он должен выполнять. Моделирование – это метод, в основе которого лежит использование объемных или плоских моделей человеческой фигуры.

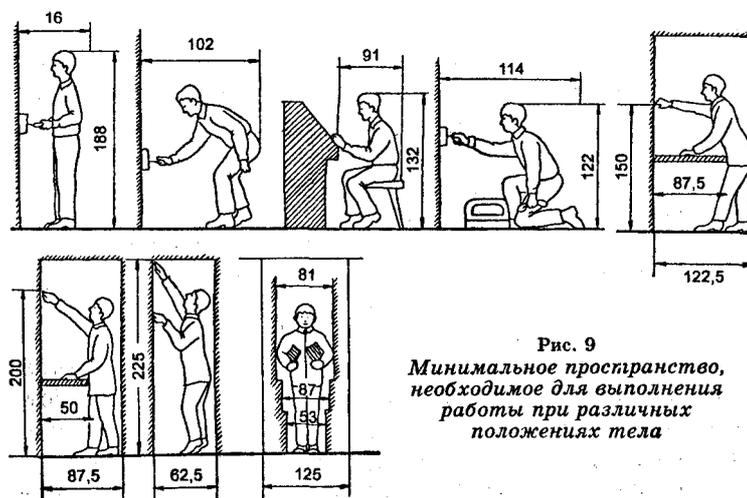


Рис. 9
Минимальное пространство,
необходимое для выполнения
работы при различных
положениях тела

Таблица 4

Оптимальные ощущения в зависимости от микроклиматических параметров

| Температура, °С | Относительная влажность воздуха, % | Состояние |
|--------------------|--|---|
| 21 | 40 | Наиболее приятное состояние |
| | 75 | Отсутствие неприятных ощущений |
| | 85 | Хорошее спокойное состояние |
| | 91 | Усталость, подавленное состояние |
| 24 | 20 | Отсутствие неприятных ощущений |
| | 65 | Неприятные ощущения |
| | 80 | Потребность в покое |
| | 100 | Невозможность выполнения тяжелой работы |
| 30 | 25 | Неприятное ощущение отсутствует |
| | 50 | Нормальная работоспособность |
| | 65 | Невозможность выполнения тяжелой работы |
| | 81 | Повышение температуры тела |
| | 90 | Опасность для здоровья |

Обстоятельно вопросы антропометрии рассматриваются в эргономике, изучающей законы оптимизации рабочих условий.

Биофизическая совместимость подразумевает создание такой окружающей среды, которая обеспечивает приемлемую работоспособность и нормальное физиологическое состояние человека. Эта задача стыкуется с требованиями безопасности.

Особое значение имеет терморегулирование организма человека, которое зависит от параметров микроклимата. В таблице 4 приведены данные, которые необходимо учитывать при проектировании условий деятельности.

Биофизическая совместимость учитывает требования организма к виброакустическим характеристикам среды, освещенности и другим физическим параметрам.

Энергетическая совместимость предусматривает согласование органов управления машиной с оптимальными возможностями человека в отношении прилагаемых усилий, затрачиваемой мощности, скорости и точности движений.

Силовые и энергетические параметры человека имеют определенные границы. Для приведения в действие сенсомоторных устройств (рычагов, кнопок, переключателей и т. п.) могут потребоваться очень большие или чрезвычайно малые усилия. И то и другое плохо. В первом случае человек будет уставать, что может привести к нежелательным последствиям в управляемой системе. Во втором случае

возможно снижение точности работы системы, так как человек не почувствует сопротивления рычагов.

Возможности двигательного аппарата представляют определенный интерес при конструировании защитных устройств и органов управления. Сила сокращения мышц человека колеблется в широких пределах. Например, номинальная сила кисти в 450-650 Н при соответствующей тренировке может быть доведена до 900 Н. Сила сжатия в среднем равная 500 Н для правой и 450 Н для левой руки, может увеличиваться в два раза и более. В таблице 5 приведены значения оптимальных усилий на органы управления.

Информационная совместимость имеет особое значение в обеспечении безопасности.

В сложных системах человек обычно непосредственно не управляет физическими процессами. Зачастую он удален от места их выполнения на значительные расстояния. Объекты управления могут быть невидимы, неосязаемы, неслышимы. Человек видит показания приборов, экранов, мнемосхем, слышит сигналы, свидетельствующие о ходе процесса. Все эти устройства называют средствами отображения информации (СОИ). При необходимости работающий пользуется рычагами, ручками, кнопками, выключателями и другими органами управления, в совокупности образующими сенсомоторное поле. СОИ и сенсомоторные устройства – так называемая модель машины (комплекса). Через нее человек и осуществляет управление самыми сложными системами.

Т а б л и ц а 5

Физическая нагрузка оператора

| Виды нагрузки и органы управления | Нагрузка | | |
|--|----------------------|------------------------------|---------------------------|
| | Оптимальная (легкая) | допустимая (средней тяжести) | неблагоприятная (тяжелая) |
| <i>Мощность внешней механической работы, Вт</i> | | | |
| Мужчины | до 20 | до 45 | 45 |
| Женщины | до 12 | до 27 | 27 |
| <i>Максимальный вес, поднимаемый вручную, Н</i> | | | |
| Мужчины | до 50 | до 150 | 150 |
| Женщины | до 30 | до 90 | 90 |
| <i>Среднее значение прилагаемых усилий при частом их применении, Н</i> | | | |
| Мужчины | до 20 | до 60 | 60 |
| <i>Перемещение (переходы) за смену, км</i> | | | |
| | до 4 | до 10 | 10 |

Чтобы обеспечить информационную совместимость, необходимо знать характеристики сенсорных систем организма человека.

Социальная совместимость predetermined тем, что человек – существо биосоциальное. Решая вопросы социальной совместимости, учитывают отношения человека к конкретной социальной группе и социальной группы к конкретному человеку.

Социальная совместимость органически связана с психологическими особенностями человека. Поэтому часто говорят о социально-психологической совместимости, которая особенно ярко проявляется в экстремальных ситуациях в изолированных группах. Но знание этих социально-психологических особенностей позволяет лучше понять аналогичные феномены, которые могут возникнуть в обычных ситуациях в производственных коллективах, в сфере обслуживания и т. д. Академик И. П. Павлов сказал: «Конечно, самые сильные раздражения – это идущие от людей. Вся жизнь наша состоит из труднейших отношений с другими, и это особенно болезненно чувствуется».

Технико-эстетическая совместимость заключается в обеспечении удовлетворенности человека от общения с техникой, цветового климата, от процесса труда. Всем знакомо положительное ощущение при пользовании изящно выполненным прибором или устройством. Для решения многочисленных и чрезвычайно важных технико-эстетических задач эргономика привлекает художников-конструкторов, дизайнеров.

Психологическая совместимость связана с учетом психических особенностей человека. В настоящее время уже сформировалась особая область знаний, именуемая психологией деятельности. Это один из разделов безопасности жизнедеятельности.

Проблемы аварийности и травматизма на современных производствах невозможно решать только

инженерными методами. Опыт свидетельствует, что в основе аварийности и травматизма лежат не только инженерно-конструкторские дефекты, но и организационно-психологические причины: низкий уровень профессиональной подготовки по вопросам безопасности, недостаточное воспитание, слабая установка специалиста на соблюдение безопасности, допуск к опасным видам работ лиц с повышенным риском травматизации, пребывание людей в состоянии утомления или других психических состояниях, снижающих надежность (безопасность) деятельности специалиста.

Психологией безопасности рассматриваются психические процессы, психические свойства и особенно подробно анализируются различные формы психических состояний, наблюдаемых в процессе трудовой деятельности. Особенности психики обусловлены такие явления, встречающиеся у некоторых людей, как боязнь замкнутых (клаустрофобия) или открытых (агорафобия) пространств.

ПСИХОЛОГИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (АНТРОПОГЕННЫЕ ОПАСНОСТИ)

3

*Кто знает мрак души людской,
Ее восторги и печали?!
Они эмалью голубой
От нас сокрытые скрижали.*
Н. Гумилев

Психология – это наука о психическом отражении действительности в процессе деятельности человека. В психологии выделяется несколько отраслей, в том числе психология труда, инженерная психология, психология безопасности.

Психология труда изучает психологические аспекты трудовой деятельности. Психология труда, возникшая на рубеже XIX-XX вв., первоначально называлась, по предложению В. Штерна (1903), психотехникой. Первую попытку оформления психотехники как науки сделал Г. Мюнстерберг (1908).

Инженерная психология изучает процессы информационного взаимодействия человека с техническими системами, а также требования, предъявляемые к конструкции машин и приборов с учетом психических свойств человека. По целям и задачам близка к инженерной психологии *эргономика*, возникшая в середине XX в.

Несколько позже стала формироваться как самостоятельная наука *психология безопасности*, зародившаяся в начале XX в. в рамках психологии труда. Объектом психологии безопасности как науки являются психологические аспекты деятельности. Предметом психологии безопасности являются психические процессы, состояние и свойства человека, влияющие на условия безопасности. Можно сказать, что психология безопасности изучает психологические, т. е. зависящие от человека, причины несчастных случаев и разрабатывает методы и средства защиты от них. Таким образом, психологию безопасности можно рассматривать как основополагающий аспект антропогенных опасностей, затрагивающий проблему роли человека как основного участника несчастных случаев и аварий.

Наибольший практический интерес представляет выяснение психологических причин несчастных случаев. Почему люди, которым от рождения присущ инстинкт самозащиты и самосохранения, часто сами становятся причиной собственных травм? Почему люди, отчетливо осознавая опасность, нередко поступают вопреки здравому смыслу и, стремясь к мелким выгодам, становятся жертвами несчастных случаев? Почему одни люди часто травмируются, а другие – редко или никогда? Ответ на эти и многие подобные вопросы следует искать в человеческой психике.

Наибольшую известность в изучении вопроса о влиянии индивидуальных качеств человека на несчастные случаи получил в свое время немецкий ученый К. Марбе (1869-1953). Этот ученый своей теорией утверждал, что отдельные люди рождаются с предрасположенностью к несчастным случаям, обусловленной способностью к переключению установок, которая рассматривается как врожденное природное качество человека. Люди с хорошей переключаемостью установок мало подвержены опасности. Люди же с плохой переключаемостью как бы отстают в своем приспособлении к изменениям окружающего мира и поэтому будут подвержены несчастным случаям.

Теория К. Марбе подвергалась критике из-за недостаточной корректности экспериментов и низкой статистической достоверности полученных результатов, да и до сих пор продолжает вызывать споры. Вопрос о влиянии психофизиологических качеств человека на происхождение несчастных случаев является очень сложным.

3.1. ПСИХИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И СОСТОЯНИЯ

Психические процессы составляют основу психической деятельности и являются динамическим отражением действительности. Без них невозможно формирование знаний и приобретение жизненного опыта. Различают познавательные, эмоциональные и волевые психические процессы (ощущения, восприятия, память и др.).

Психическое состояние человека – это относительно устойчивая структурная организация всех компонентов психики, выполняющая функцию активного взаимодействия человека (как обладателя психики) с внешней средой, представленной в данный момент конкретной ситуацией.

Психические состояния отличаются разнообразием и временным характером, определяют особенности психической деятельности в конкретный момент и могут положительно или отрицательно сказываться на течении всех психических процессов.

В процессе деятельности реакция организма на внешние воздействия не остается постоянной. Организм стремится приспособиться к изменяющимся условиям деятельности, преодолеть трудности и опасности. При этом возникает состояние психической напряженности, которое канадский физиолог Г. Селье (1936) назвал *стрессом*.

Как показали многочисленные исследования, стресс в трудовой деятельности, в зависимости от его уровня, порождает весьма различные, а порой даже противоположные результаты.

Стресс проявляется во всеобщем адаптационном синдроме как необходимая и полезная реакция организма на резкое увеличение его общей внешней нагрузки. Он состоит в целом ряде физиологических сдвигов в организме, способствующих повышению его энергетических возможностей и успешности выполнения сложных и опасных действий. Поэтому сам по себе *стресс является не только целесообразной защитной реакцией человеческого организма, но и механизмом, содействующим успеху трудовой деятельности в условиях помех, трудностей и опасностей*.

Однако между уровнем стресса и вытекающей из него активацией нервной системы, с одной стороны, и результативностью трудовой деятельности – с другой нет пропорциональной зависимости. На это обратили внимание еще в начале нашего века Р. Иеркс и Дж. Додсон. Они экспериментально показали, что с ростом активации нервной системы до определенного уровня продуктивность поведения повышается, тогда как с дальнейшим ростом активации она начинает падать. Так была установлена закономерность между уровнем активации нервной системы и продуктивностью, получившая название *инвертированной «V-образной» кривой* (рис. 10).

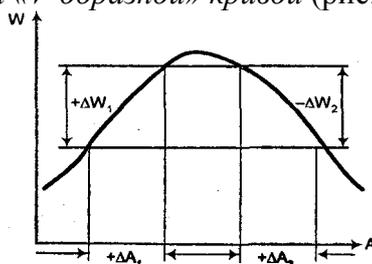


Рис. 10

Закон Иеркса-Додсона, связывающий активацию нервной системы (a) с продуктивностью действий (W)

I – случай, когда приращение активации ведет к приросту продуктивности ΔW_1 ; II – случай, когда приращение активации ведет к снижению продуктивности ΔW_2 .

Как следует из этой кривой, *стресс оказывает положительное влияние на результаты труда* (мобилизует организм и способствует преодолению возникших в труде препятствий) лишь до тех пор, пока он не превысил определенного критического уровня. При превышении же этого уровня в организме развивается так называемый процесс гипермобилизации, который влечет за собой *нарушение механизмов саморегуляции и ухудшение результатов деятельности, вплоть до ее срыва*. Поэтому стресс, превышающий критический уровень, иногда называют *дистрессом*.

Польский психолог Т. Томашевский отмечает, что в сложных трудовых ситуациях, порождающих у человека дистресс, особенно страдает ориентация, неверно оцениваются сигналы, рабочий перестает замечать важные показатели работы машины, нарушается контроль за процессом труда.

Итак, пока стресс, вызванный усложнением условий труда, не превышает определенного уровня, он способствует преодолению трудностей. Однако все это достигается за счет мобилизации ресурсов организма. И те виды трудовой деятельности, где необходимость в подобной мобилизации возникает

довольно часто, отрицательно сказываются на здоровье занятых в них людей. В. Дибшлаг отмечает, что нельзя допускать, чтобы на работе возникали длительные экстремальные ситуации, с ними можно смириться как с исключительными случаями. Люди, которые вынуждены трудиться с максимальной физической и умственной нагрузкой, по наблюдению автора, выглядят как обессиленные. Он считает, что *нормальная загрузка рабочих и их необходимая готовность к труду обеспечивается при 40-60%, а в особых случаях кратковременно при 80% от максимальной нагрузки*. Оставшиеся 20% автор рассматривает как резерв, который допустимо использовать лишь в случаях *крайней необходимости* (при возникновении угрозы для жизни).

С какими же отрицательно действующими факторами – стрессорами – приходится чаще всего сталкиваться рабочему на современном механизированном и автоматизированном предприятии?

В. Дибшлаг выделяет шесть групп таких производственных стрессоров:

- интенсивность работы;
- давление фактора времени (штурмовщина, срочная аккордная работа и т. п.);
- изолированность рабочих мест и недостаточные межличностные контакты между рабочими (операторы современного предприятия часто удалены один от другого, находятся в изолированных помещениях);
- однообразная и монотонная работа (на конвейере, у приборных пультов);
- недостаточная двигательная активность (многие часы оператор находится в состоянии готовности к действию, тогда как необходимость действия возникает редко);
- различные внешние воздействия (шумы, вибрации, высокие температуры и т. п.).

Таким образом, гипермобилизация организма приводит к чрезмерным формам психического состояния, которые называются дистрессом или запредельными формами.

Можно выделить два типа запредельного психического напряжения – *тормозной и возбудимый*.

Тормозной тип – характеризуется скованностью и замедленностью движений. Специалист не способен с прежней ловкостью производить профессиональные действия. Снижается скорость ответных реакций. Замедляется мыслительный процесс, ухудшается воспоминание, проявляется рассеянность и другие отрицательные признаки, не свойственные данному человеку в спокойном состоянии.

Возбудимый тип – проявляется гиперактивностью, многословностью, дрожанием рук и голоса. Операторы совершают многочисленные, не диктуемые конкретной потребностью действия. Они проверяют состояния приборов, поправляют одежду, растирают руки, в общении с окружающими они обнаруживают раздражительность, вспыльчивость, не свойственную им резкость, грубость, обидчивость.

Запредельные формы психического напряжения лежат нередко в основе ошибочных действий и неправильного поведения операторов в сложной обстановке. Длительные психические напряжения и особенно их запредельные формы ведут к выраженным состояниям утомления.

Рассмотрим психические состояния по уровню напряжения, так как именно этот признак наиболее существенен с точки зрения влияния состояния на эффективность и безопасность деятельности.

Умеренное напряжение – нормальное рабочее состояние, возникает под мобилизирующим влиянием трудовой деятельности. Это состояние психической активности – необходимое условие успешного выполнения действий. Оно сопровождается умеренным изменением физиологических реакций организма, проявляется в хорошем самочувствии, стабильном и уверенном выполнении действий. Умеренное напряжение соответствует работе в оптимальном режиме. Оптимальный режим работы осуществляется в комфортных условиях, при нормальной работе технических устройств. Обстановка является привычной, рабочие действия осуществляются в строго определенном порядке, мышление носит алгоритмический характер.

В оптимальных условиях промежуточные и конечные цели труда достигаются *при невысоких нервно-психических затратах*. Обычно здесь имеют место длительное сохранение работоспособности, отсутствие грубых нарушений, ошибочных действий, отказов, срывов и других аномалий. Деятельность в оптимальном режиме характеризуется высокой надежностью и оптимальной эффективностью.

Повышенное напряжение сопровождает деятельность, протекающую в экстремальных условиях.

Экстремальные условия – условия, требующие от работающего максимального напряжения физиологических и психических функций, резко выходящего за пределы физиологической нормы.

Экстремальный режим – это работы в условиях, выходящих за пределы оптимума. Отклонения от оптимальных условий деятельности требуют повышенного волевого усилия или, иначе говоря, вызывают напряжение.

Неблагоприятные факторы, повышающие напряжение, делятся на следующие группы:

- 1) физиологический дискомфорт, т. е. несоответствие условий обитания нормативным требованиям;
- 2) биологический страх;
- 3) дефицит времени на обслуживание;
- 4) повышенная трудность задачи;
- 5) повышенная значимость ошибочных действий;
- 6) наличие релевантных помех;
- 7) неуспех вследствие объективных обстоятельств;
- 8) дефицит информации для принятия;
- 9) недогрузка информацией (сенсорная депривация);
- 10) перегрузка информацией;
- 11) конфликтные условия, т. е. условия, при которых выполнение одного из них требует осуществления действий, противоречащих выполнению другого условия.

Напряжения могут быть классифицированы в соответствии с теми психическими функциями, которые преимущественно вовлечены в профессиональную деятельность и изменения которых наиболее выражены в неблагоприятных условиях.

Интеллектуальное напряжение – напряжение, вызванное частым обращением к интеллектуальным процессам при формировании плана обслуживания, обусловленное высокой плотностью потока проблемных ситуаций обслуживания.

Сенсорное напряжение – напряжение, вызванное неоптимальными условиями деятельности сенсорных и перцептивных систем и возникающее в случае больших затруднений в восприятии необходимой информации.

Монотония – напряжение, вызванное однообразием выполняемых действий, невозможностью переключения внимания, повышенными требованиями как к концентрации, так и к устойчивости внимания.

Политония – напряжение, вызванное необходимостью переключений внимания, частых и в неожиданных направлениях.

Физическое напряжение – напряжение организма, вызванное повышенной нагрузкой на двигательный аппарат человека.

Эмоциональное напряжение – напряжение, вызванное конфликтными условиями, повышенной вероятностью возникновения аварийной ситуации, неожиданностью либо длительным напряжением прочих видов.

Напряжение ожидания – напряжение, вызванное необходимостью поддержания готовности рабочих функций в условиях отсутствия деятельности.

Мотивационное напряжение связано с борьбой мотивов, с выбором критериев для принятия решения.

Утомление – напряжение, связанное с временным снижением работоспособности, вызванным длительной работой.

3.2. ОСОБЫЕ ПСИХИЧЕСКИЕ СОСТОЯНИЯ

По времени действия психические состояния можно разделить на следующие группы:

1) Относительно устойчивые и длительные по времени состояния. Это состояния удовлетворенности или неудовлетворенности работой, заинтересованности трудом или безразличия к нему и т. п.

2) Временные, ситуативные, быстро проходящие состояния. Возникают под влиянием разного рода неполадок в производственном процессе или во взаимоотношениях работающих.

3) Состояния, возникающие периодически в ходе трудовой деятельности. Таких состояний много. Например, предрасположение к работе, пониженная готовность к ней, выработка, повышенная работоспособность, утомление, сонливость, апатия, повышенная активность и т. п.

Необходимо отметить, что организация контроля за психическим состоянием операторов необходима в связи с возможностью появления у специалистов особых психических состояний, которые не являются постоянным свойством личности, но, возникая спонтанно или под влиянием внешних факторов, существенно изменяют работоспособность человека.

Это так называемые *пароксизмальные* расстройства сознания; психогенные изменения настроения, состояния, связанные с приемом психически активных средств (стимуляторов, транквилизаторов, алкогольных напитков), группа расстройств различного происхождения (органические заболевания

головного мозга, эпилепсия, обмороки), характеризующихся кратковременной (от секунд до нескольких минут) утратой сознания.

Психогенные изменения и аффективные состояния возникают под влиянием психических воздействий. Снижение настроения и апатия могут длиться от нескольких часов до 1-2 месяцев.

Снижение настроения наблюдается при гибели родных и близких людей, после конфликтных ситуаций. При этом появляется безразличие, вялость, общая скованность, заторможенность, затруднение переключения внимания, замедление темпа мышления. Снижение настроения сопровождается ухудшением самоконтроля и может быть причиной производственного травматизма. Практический опыт свидетельствует, что прием легких стимуляторов (чай, кофе) помогает в борьбе с сонливостью и может способствовать повышению работоспособности на короткий период. Употребление транквилизаторов – препаратов, смягчающих психоэмоциональные стрессовые состояния (эмоциотропные адаптогены – седуксен, элениум), представляет особую проблему. Оказывая выраженное успокоение и предупреждая развитие неврозов, эти препараты могут снизить психическую активность, замедлить реакции, вызывать апатию и сонливость.

К числу постоянных факторов, повышающих индивидуальную подверженность опасности и совершению ошибок, относится *употребление спиртных напитков*. Даже незначительное употребление алкоголя увеличивает вероятность несчастных случаев в силу того, что алкоголь влияет на деятельность нервной системы и на поведение человека: нарушается управление движениями; человек при этом реагирует на внешние воздействия с меньшей быстротой и точностью или же, наоборот, поспешно, колебания внимания становятся беспорядочными и менее управляемыми; нарушается также широта и критичность мышления, человек делает поспешные выводы или принимает необдуманные решения. Какова бы ни была степень опьянения, любое, даже незначительное употребление алкоголя повышает подверженность опасности. Регулярное употребление алкоголя снижает сопротивляемость организма, вследствие чего в нем могут возникать различные заболевания, в особенности инфекционные. На организм, пораженный алкоголем, сильнее действуют и промышленные яды, вызывающие некоторые профессиональные заболевания. Алкоголь и ядовитые вещества, попадая в организм, комплексно воздействуют на него, что во многих случаях вызывает тяжелое отравление.

С позиции безопасности труда особое значение имеет *посталкогольная астения (похмелье)*. Развиваясь в дни после употребления алкоголя, она не только снижает работоспособность человека, но и ведет к заторможенности и снижению осторожности.

Пароксизмальные перерывы в операторской деятельности могут быть причиной губительных последствий, особенно для водителей автотранспорта, верхолазов, монтажников, строителей, работающих на высоте. Современные средства психофизиологических исследований позволяют выявлять лиц со скрытой склонностью к пароксизмальным состояниям.

Под влиянием обиды, оскорбления, производственных неудач могут развиваться *аффективные состояния* (аффект – взрыв эмоций).

В состоянии аффекта у человека развивается психогенное (эмоциональное) сужение объема сознания. При этом наблюдаются резкие движения, агрессивные и разрушительные действия. Лица, склонные к аффективным состояниям, относятся к категории повышенного риска травматизации и не должны допускаться к ответственным работам.

На ситуацию, воспринимаемую в качестве обидной, возможны следующие реакции:

Конфликт – реакция, возникающая, когда человеку приходится выбирать между двумя потребностями, которые действуют одновременно. Такая ситуация часто возникает в области безопасности, когда необходимо считаться либо с потребностями производства, либо со своей безопасностью.

Поведение срыва – при повторяющихся неудачах или при чрезвычайной ситуации человек может в некотором смысле отказаться от своих целей. Он доходит до отрицания некоторых внутренних и внешних потребностей. В этом случае у него также будут проявляться реакции, похожие на смирение, пассивность, апатию, а в некоторых случаях на срыв.

Тревога (тревожное ожидание) – эмоциональная реакция на опасность. Человек с трудом способен определить объект или причины своего состояния. Лицо, находящееся в состоянии беспокойства, гораздо больше предрасположено к совершению ошибки или опасного поступка.

Страх – эмоция, возникающая в ситуациях угрозы биологическому или социальному существованию индивида и направленная на источник действительной или воображаемой опасности. Функционально страх служит предупреждением о предстоящей опасности, побуждает искать пути ее

избегания. Страх варьирует в достаточно широком диапазоне оттенков (опасения, боязнь, испуг, ужас).

Испуг – безусловно-рефлекторный «внезапный страх». Боязнь, напротив, всегда связана с осознанием опасности, возникает медленнее и дольше продолжается. Ужас – наиболее сильная степень эффекта страха и подавления страхом рассудка.

Осознание опасности может вызвать различные формы эмоциональных решений. Первая их форма – реакция страха – проявляется в оцепенении, дрожи, нецелесообразных поступках. Развивается по механизму пассивно-оборонительного рефлекса. Эта форма реакции на опасность отрицательно отражается на деятельности.

Нередко выраженный страх может тонизировать кору головного мозга и в сочетании с процессами мышления проявляется как «разумный страх» в виде опасения, осторожности, осмотрительности.

Паника – одна из форм страха. Биологическим механизмом ее является активно-оборонительный вид рефлекса; она также отрицательно сказывается на деятельности человека. В этом случае страх достигает силы аффекта и способен навязывать стереотипы поведения (бегство, оцепенение, защитная агрессия).

Рассматривая влияние панического состояния на движения человека, следует выделить следующие наиболее возможные ошибки:

1) Действие не совершается, то есть паническое состояние приводит к полной застывленности поступков. В обиходе о подобных случаях говорят: «он оцепенел», «остолбенел» от ужаса (либо от неожиданности).

2) В автоматически выполняемой последовательности поступков возникает пробел, а человек совершает движения, лишние в данной ситуации.

3) Реакция на панику выражается в виде инстинктивных защитных движений, которые, однако, не соответствуют объективным требованиям защиты.

4) Человек продолжает выполнять автоматические действия без каких-либо изменений, вместо того, чтобы прекратить или изменить их.

Состояние паники – это тот самый передаточный механизм, через который субъективные индивидуальные факторы оказывают свое воздействие на создание или развитие опасной ситуации.

Перечисленные выше факторы постоянно или временно повышают возможности появления опасной ситуации или несчастных случаев, но это, однако, не означает, что их воздействие всегда ведет к созданию опасной ситуации или к несчастному случаю. Иначе говоря, их не следует однозначно рассматривать в качестве причин, непосредственно вызывающих опасность.

Поведение больших масс людей, особенно в условиях паники, имеет свои законы и отличается от поведения одного человека. Основными механизмами формирования толпы и развития ее специфических качеств является циркуляционная реакция – нарастающее обоюдонаправленное эмоциональное заражение, а также слухи.

Отсутствие ясных целей и структуры порождают практически наиболее важное свойство толпы – ее легкую превращаемость из одного вида поведения в другой (любопытство, экспрессия, агрессивные действия и др.). Такие превращения происходят спонтанно и в условиях чрезвычайных ситуаций (пожар, кораблекрушение и пр.), весьма опасна толпа, зараженная массовой паникой и трудно поддающаяся управлению.

Массовая паника – один из видов поведения толпы. Психологически характеризуется состоянием массового страха перед реальной или воображаемой опасностью, нарастающего в процессе взаимного заражения и блокирующего способность рациональной оценки обстановки, мобилизацию волевых ресурсов и организацию совместного противодействия. Взаимодействующая группа людей тем легче вырождается в паническую толпу, чем менее ясны или субъективно значимы общие цели, чем ниже сплоченность группы и авторитет ее лидеров.

Выделяются социально-ситуативные условия возникновения массовой паники, связанные с общей обстановкой психической напряженности, вызывающей состояние тревоги, ожидание тяжелых событий (наводнение, землетрясение, засуха и пр.), общепсихологические условия (неожиданность, испуг, связанный с недостатком сведений о конкретном источнике опасности, времени ее возникновения и способах противодействия), физиологические условия (усталость, голод, опьянение).

Законы групповой психологии необходимо учитывать при анализе опасных ситуаций. Психологическая наука дает некоторые рекомендации по коррекции поведенческих реакций человека и действиям в чрезвычайных ситуациях.

3.3. МОТИВАЦИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Мотивация или побуждение – это такие функциональные состояния организма, при которых человек стремится совершать действия, направленные на достижение определенных потребностей и результатов.

В деятельности человека проявляются 5 основных мотивов: *выгода, безопасность, удобство, удовлетворенность, нивелирование* (быть не хуже других).

Указанные мотивы нередко вступают в противоречие между собой. Поэтому важно знать закономерности, которым подчиняется мотивация деятельности.

Укажем на одну закономерность мотивации, которую исследовал американский психолог Дж. Аткинсон (1957). Он изучал, как влияет трудность задания на силу мотивации к его выполнению.

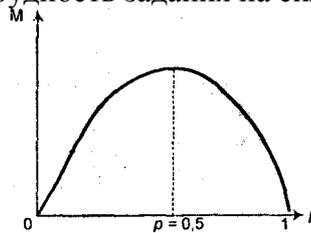


Рис. 11
Зависимость мотивации (M) к выполнению задания от степени его трудности (p) (по Аткинсону)

Исследование показало, что *при выполнении простейших заданий*, где вероятность успеха была близка к единице, *мотивация была близка к нулю. Мотивация падала до нуля и при выполнении особо трудных заданий*, где вероятность достижения цели была очень мала и надежд на успех почти не было. *Наибольшая сила мотива*, как показали опыты Дж. Аткинсона, *возникала к выполнению действий средней трудности*, где имелось достаточно надежд на успех, но где присутствовали и трудности, делающие такой успех привлекательным. Полученная автором закономерность изменения силы мотива (M) как функции трудности задачи (вероятности недостижения цели (p)) представлена на рис. 11.

В том же исследовании было показано, что характер связи между трудностью действия и силой мотива к его выполнению $M(p)$ зависит от индивидуальных особенностей людей и, в частности, от свойств нервной системы. Так, испытуемые, отличающиеся более слабой нервной системой, как правило, были сильнее мотивированы на выполнение более простых действий, чем остальные. У таких людей максимум мотивации проявлялся в задачах, где вероятность недостижения цели составляла $p < 0,5$, т. е. где имелось больше надежды на успех. Испытуемые же, отличающиеся более сильной нервной системой, напротив, были склонны стремиться к выполнению действий такой степени трудности, которая превышала среднюю. У них максимум мотивации был в задачах, где вероятность неуспеха составляла $P > 0,5$.

В этих опытах обнаружилась и такая любопытная связь: испытуемые более слабого типа, наряду с более простыми задачами, нередко предпочитали и задачи очень высокой сложности. Такой, казалось бы, неожиданный факт объясняется следующим образом. Люди подобной категории весьма чувствительны к оценке их личностных качеств в общественном мнении, к угрозе их репутации. Если выбирается очень сложная задача и не удастся ее решить, то такая неудача их репутации не грозит. Нерешение же задачи средней сложности, а тем более простой уже может служить свидетельством недостатка их индивидуальных качеств. Боязнь проявления такой несостоятельности и толкает иногда данную категорию людей на выбор задач особо высокой сложности.

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

В действиях человека психологи выделяют три функциональные части: мотивационную, ориентировочную и исполнительную. Нарушение в любой из этих частей влечет за собой нарушение действий в целом.

Человек нарушает требования безопасности по следующим причинам:

- по незнанию этих требований;
- по нежеланию выполнять известные ему требования безопасности;
- в связи с неумением выполнить требования;
- в связи с невозможностью выполнить требования (по причинам, не зависящим от человека).

В психологической классификации причин возникновения опасных ситуаций и несчастных случаев

можно выделить три класса.

Нарушение *мотивационной* части действий. Проявляется в нежелании выполнять определенные действия (операции). Нарушение может быть относительно постоянным (человек недооценивает опасность, склонен к риску, отрицательно относится к трудовым и (или) техническим регламентациям, безопасный труд не стимулируется и т. п.) и временным (человек в состоянии депрессии, алкогольного опьянения).

Нарушение *ориентировочной* части действий. Проявляется в незнании правил эксплуатации технических систем и норм по безопасности труда и способов их выполнения.

Нарушение *исполнительной* части. Проявляется в невыполнении правил (инструкций, предписаний, норм и т. д.) вследствие несоответствия психических и физических возможностей человека требованиям работы. Такое несоответствие, как и в случае с нарушением мотивационной части действий, может быть постоянным (недостаточная координация, плохая концентрация внимания, несоответствие роста габаритам обслуживаемого оборудования и т. д.) и временным (переутомление, понижение трудоспособности, ухудшение состояния здоровья, стресс, алкогольное опьянение).

Эта классификация предоставляет реальную возможность в соответствии с каждой группой причин возникновения опасных ситуаций и несчастных случаев назначить группу профилактических мероприятий в каждой части: *мотивационная* часть – пропаганда и воспитание; *ориентировочная* – обучение, отработка навыков; *исполнительная* – профотбор, медицинское обследование.

РАЗДЕЛ ВТОРОЙ ЧЕЛОВЕК В МИРЕ ОПАСНОСТЕЙ

Нельзя допустить, чтобы люди направляли на собственное уничтожение те силы природы, которые они сумели открыть и покорить.

Ф . Ж о л и о - К ю р и

СОЦИАЛЬНЫЕ ОПАСНОСТИ

4

*Толпа на людей не похожа.
Кольшется,
Хрипло сопя,
Зевая
и случайных прохожих
неслышно вбирая в себя.
Затягивает,
как тряпина,
– подробностей не разглядеть...
И вот
пробуждается сила,
которую
некуда деть...*

*Толпа
превращается в стаю.
И капает пена с клыков.
Р . Р о ж д е с т в е н с к и й*

Исторически сложившиеся формы совместной деятельности людей, характеризующиеся определенным типом отношений, образуют общество, или социум.

Социум – это особая система, некоторый организм, развивающийся по своим специфическим законам, характеризующимся чрезвычайной сложностью. В социуме взаимодействует огромное количество людей. Результатом этих связей является особая обстановка, создающаяся в отдельных социальных группах, которая может влиять на других людей, не входящих в данные группы.

Процессы, происходящие в обществе в целом и в отдельных общественных группах, изучает *социология*. Закономерности поведения и деятельности людей, обусловленные их принадлежностью к социальным группам, а также психологические характеристики этих групп исследует *социальная психология*.

Влияние социальных факторов на состояние здоровья общества изучает *социальная гигиена*.

Социальными называются опасности, получившие широкое распространение в обществе и

угрожающие жизни и здоровью людей. Носителями социальных опасностей являются люди, образующие определенные социальные группы. Особенность социальных опасностей состоит в том, что они угрожают большому числу людей.

Распространение социальных опасностей обусловлено поведенческими особенностями людей отдельных социальных групп. Социальные опасности весьма многочисленны. К ним, например, относятся все незаконные формы насилия, употребление веществ, нарушающих психическое и физиологическое равновесие человека (алкоголь, наркотики), курение, суициды, мошенничество, шарлатанство, способные нанести ущерб здоровью людей.

4.1. КЛАССИФИКАЦИЯ СОЦИАЛЬНЫХ ОПАСНОСТЕЙ

Социальные опасности могут быть классифицированы по определенным признакам.

1. По природе: а) связанные с психическим воздействием на человека (шантаж, мошенничество, воровство и др.); б) связанные с физическим насилием (разбой, бандитизм, террор, изнасилование, заложничество); в) связанные с употреблением веществ, разрушающих организм человека (наркомания, алкоголизм, курение); г) связанные с болезнями (СПИД, венерические заболевания и др.); д) опасности суицидов.

2. По масштабам событий: а) локальные; б) региональные; в) глобальные.

3. По половозрастному признаку различают социальные опасности, характерные для детей, молодежи, женщин, пожилых людей.

4. По организации социальные опасности могут быть случайными и преднамеренными.

4.2. ПРИЧИНЫ СОЦИАЛЬНЫХ ОПАСНОСТЕЙ

В основе своей социальные опасности порождаются социально-экономическими процессами, протекающими в обществе. В то же время следует отметить противоречивый характер причин, следствием которых являются социальные опасности. Несовершенство человеческой природы – главная предпосылка появления социальных опасностей. Наличие адекватной правовой системы может явиться основным условием предупреждения и защиты от социальных опасностей. Распространению социальных опасностей способствует интенсивное развитие международных связей, туризма, спорта.

4.3. ВИДЫ СОЦИАЛЬНЫХ ОПАСНОСТЕЙ

Рассмотрим некоторые виды социальных опасностей.

Шантаж в юридической практике рассматривается как преступление, заключающееся в угрозе разоблачения, разглашения позорящих сведений с целью добиться каких-либо выгод. Шантаж как опасность оказывает отрицательное воздействие на нервную систему.

Мошенничество – преступление, заключающееся в завладении государственным, общественным или личным имуществом (или в приобретении прав на имущество) путем обмана или злоупотребления доверием. Очевидно, что человек, ставший жертвой мошенничества, испытывает сильные психофизиологические потрясения.

Бандитизм – это организация вооруженных банд с целью нападения на государственные и общественные учреждения либо на отдельных лиц, а также участие в таких бандах и совершенных ими нападениях.

Разбой – преступление, заключающееся в нападении с целью завладения государственным, общественным или личным имуществом, соединенном с насилием или угрозой насилия, опасном для жизни и здоровья лица, подвергшегося нападению.

Изнасилование – половое сношение с применением физического насилия, угроз или с использованием беспомощного состояния потерпевшей. Уголовное право предусматривает суровое наказание за изнасилование, вплоть до смертной казни (при отягчающих обстоятельствах).

Заложничество – представляет собой форму преступления. Суть заложничества состоит в захвате людей (нередко это дети и женщины) одними лицами с целью заставить выполнить определенные требования другими лицами, из числа которых взяты заложники.

Террор – физическое насилие вплоть до физического уничтожения.

Наркомания (от греческого *narke* – оцепенение и *mania* – безумие, восторженность) – зависимость человека от приема наркотиков, заболевание, которое выражается в том, что жизнедеятельность организма поддерживается на определенном уровне только при условии приема наркотического

вещества и ведет к глубокому насыщению физических и психических функций. Резкое прекращение приема наркотика вызывает нарушение многих функций организма – абстиненцию.

Различают пристрастие к какому-либо одному веществу – мононаркоманию (морфинизм, героинизм, кодеинизм, гашишизм, кокаинизм и др.) и к их сочетанию – полинаркоманию (опийно-алкогольная, опийно-барбитуровая и др.). Возникновение наркомании связано с эйфоризирующим, приятно оглушающим или стимулирующим эффектом. Чем сильнее выражен этот эффект, тем быстрее наступает привыкание. Развитие наркомании может наступить как результат любопытства, экспериментирования, как следствие приема обезболивающих, снотворных средств. Распространению наркомании способствует нездоровая микросоциальная среда, отсутствие у человека интеллектуальных и социально-положительных установок. Во все времена наркомания преследовалась.

Алкоголизм – хроническое заболевание, обусловленное систематическим употреблением спиртных напитков. Проявляется физическая и психическая зависимость от алкоголя, психическая и социальная деградация, патология внутренних органов, обмена веществ, центральной и периферической нервной системы. Нередко возникают алкогольные психозы. Алкоголь оказывает сильное влияние на нервную систему, психофизиологические процессы даже в том случае, если внешне поведение человека не отличается от нормального. В таблице 6 приведены сведения о состоянии человека в зависимости от содержания спирта в крови.

Алкоголь быстро всасывается в кровь. Примерно через 5 мин. он достигает головного мозга. Проникая внутрь живых клеток, алкоголь замедляет, ослабляет и даже останавливает их деятельность, нарушает работу органов и тканей. Особенно пагубно он действует на нервные клетки. Он имеет все признаки наркотического вещества. Особенно опасен алкоголь для людей, выполняющих работы, требующие сосредоточенности. Под влиянием алкоголя период высокой работоспособности сокращается в 2-3 раза, соответственно удлиняется период утомления. Очень сильное влияние оказывает опьянение на снижение скорости двигательной реакции. Содержание в крови более 0,05% алкоголя отрицательно сказывается на психофизиологическом состоянии человека. Опьянение снижает сопротивляемость организма действию опасных и вредных производственных факторов. Доказано, что даже в трезвом состоянии человек, злоупотребляющий алкоголем, больше подвержен опасностям, чем непьющий.

Курение – вдыхание дыма некоторых тлеющих растительных продуктов (табак и др.). Это – одна из наиболее распространенных вредных привычек, появившаяся в Европе в XVI веке, в России в XVII веке. По существу, людей можно разделить на две группы: курящих и некурящих. Рассмотрим действие на организм лишь некоторых веществ (табл. 7).

Оксид углерода СО взаимодействует с гемоглобином крови, который связывает этот газ в 200 раз прочнее, чем кислород. Поэтому ткани тела получают значительно меньше кислорода. У того, кто выкуривает пачку сигарет в день, 6% гемоглобина связывается СО в карбоксигемоглобин. Прибавьте к этому оксид углерода, содержащийся в загрязненном воздухе (особенно крупных городов), и количество карбоксигемоглобина возрастает до 10%, что серьезно увеличивает опасность смертельных сердечных приступов. Наличие в пище курильщика нитритов (даже в допустимых дозах) еще более снижает содержание кислорода, превращая гемоглобин в метгемоглобин, неспособный транспортировать кислород.

Т а б л и ц а 6

Функциональная оценка состояния опьянения

| <i>Содержание спирта в крови, в промилле*</i> | <i>Функциональная оценка состояния опьянения</i> |
|---|---|
| Менее 0,2 | Все функции в пределах физиологической нормы |
| 0,2-03 | Человек практически трезв |
| 0,3-0,4 | Небольшое ослабление координации мелких точных движений, глубокого внимания, восприятия (вождение автотранспорта недопустимо) |
| 0,5-0,9 | Слабое опьянение: утомляемость, некоторое нарушение координации движений |

| | |
|---------|--|
| 1-1,9 | Опьянение средней степени: значительная эмоциональная неустойчивость, подчас опасная для окружающих, неясная речь, шатающаяся походка, нарушение психики, ориентировки, иногда резкая сонливость |
| 2-2,9 | Сильное опьянение: снижение болевой чувствительности до полной анестезии, начальные признаки отравления алкоголем, возможен смертельный исход |
| 3-5 | Острое отравление алкоголем, опасное для жизни |
| Более 5 | Смертельное отравление |

* Единица концентрации вещества; в данном случае – 1 грамм спирта на 1 кг веса крови.

Т а б л и ц а 7

Токсические и канцерогенные вещества в дыме сигарет

(по П. Ревель, Ч. Ревель, 1995)

| Вещества | Характер действия | Содержание (мкг на сигарету) |
|-------------------|-------------------|------------------------------|
| Оксид углерода | Токсическое | 13400 |
| Цианистый водород | -«- | 240 |
| Ацетальдегид | -«- | 770 |
| Кадмий | -«- | 0,12 |
| Мышьяк | -«- | 0,012 |
| Свинец | -«- | 0,24 |
| Формальдегид | Канцерогенное | 70 |
| Гидразин | -«- | 0,03 |
| Бенз(а)пирен | -«- | 0,025 |

Никель, мышьяк, кадмий, свинец также попадают в легкие с дымом сигарет. Мышьяк и свинец некоторое время использовались как пестициды при выращивании табака. Табак с таких плантаций содержит эти элементы, накопленные ранее в почвах. Содержание свинца в сигарете составляет около 13 мкг. Выкуривая двадцать сигарет в день, человек вдыхает около 300 мкг свинца. Кроме того, свинец может содержаться в пище, воде и воздухе (тетраэтилсвинец – присадка к бензину). И свинец, и мышьяк, всасываясь в кровь, могут накапливаться и постепенно отравлять организм. В пачке сигарет содержится 30-40 мкг кадмия и 85-150 мкг никеля. Кадмий нарушает использование организмом кальция (болезни суставов), способствует повышению давления и вызывает болезни сердца. Исследования Государственной компании страхования США (1979) в группах людей разного возраста показали, что смертность среди курильщиков вдвое выше, чем среди некурящих того же возраста. Особенно часто подстерегают курильщиков скоростные смерти от сердечных приступов и кровоизлияний в мозг. Нередки у них и желудочно-кишечные язвы. Большой вред наносит курение беременным женщинам – у них рождаются мелкие дети, больше выкидышей и случаев мертворождения. Все это обусловлено недостатком кислорода в крови кормящей матери.

В первую очередь курение затрагивает легкие: это одна из главных причин эмфиземы и рака легких (85% случаев). Курильщики часто болеют и раком гортани, пищевода, ротовой полости, мочевого пузыря, почек, поджелудочной железы. В последние годы женщины чаще погибали от рака легких, чем от рака молочной железы. При «пассивном курении» (пребывании в сильно накуреном помещении) некурящие люди за 1 час вдыхают столько никотина и оксида углерода, сколько они могли бы получить, если бы они сами выкурили одну сигарету. Оказалось также, что жены курящих мужчин чаще болеют раком легких, чем жены некурящих. Такой же опасности подвергаются дети.

Венерические болезни. Этот термин был предложен в 1527 г. французским ученым Ж. де Бетанкуртом. Венерические болезни были известны с глубокой древности (2500 лет до н. э.), однако их рассматривали как одно заболевание. В конце XV века из общей медицины выделилась самостоятельная дисциплина – венерология, изучающая инфекционные болезни, передающиеся в основном половым путем. Социальная опасность венерических болезней определяется их широким распространением, тяжелыми последствиями для здоровья самих заболевших и опасностью для общества. Венерические болезни при неправильном лечении принимают длительное течение,

приводящее иногда к инвалидности.

Гонорея может служить причиной многих женских болезней, мужского и женского бесплодия.

Сифилис передается потомству, вызывая врожденные уродства, слепоту, глухоту. Сифилис может распространяться и бытовым путем.

Для устройства борьбы с венерическими болезнями необходим точный учет заболевших. Современные средства и методы позволяют полностью излечивать венерические болезни при своевременном обращении за врачебной помощью и аккуратностью лечения.

В СССР были разработаны единые формы и методы борьбы с венерическими болезнями, основные положения которых заключаются в обязательном учете больных, выявлении источников заражения и обследовании лиц, имевших контакт с заболевшим. Проводились периодически профилактические осмотры работников пищевых предприятий, бань, детских учреждений, осуществлялось обязательное и бесплатное лечение венерических болезней, санитарное просвещение. По Уголовному кодексу РФ (ст. 121) установлена ответственность за заражение другого лица венерической болезнью лицом, знавшим о наличии у него этой болезни (наказывается лишением свободы на срок до 2 лет).

СПИД – первое сообщение об этой новой, прежде неведомой болезни появилось в американском «Еженедельном вестнике заболеваемости и смерти» в 1982 году. А теперь уже зараженные, больные и умершие от СПИДа есть во многих странах.

В 1988 году в Ленинграде от СПИДа умерла 29-летняя женщина. Медицина не смогла распознать СПИД при жизни этой женщины. По мнению специалистов, результат борьбы со СПИДом будет ничтожным до тех пор, пока люди не перестанут легкомысленно относиться к половым связям и пока не будет нанесен удар по наркомании.

В США уже умерли от СПИДа десятки тысяч человек. Отмечается, что сейчас полтора миллиона американцев являются носителями вируса этой болезни.

Число заразившихся СПИДом удваивается каждый год. Главная вина в распространении эпидемии возлагается на промискуитет – беспорядочные половые связи. Пока нет никаких оснований надеяться на прививки. Многие специалисты считают, что лечить СПИД мы не сможем. Вирус СПИДа наиболее успешно распространяется там, где царит нужда, разврат, проституция, парамедицина.

«СПИД – катастрофа глобального масштаба, – утверждает Хальфдан Малер, генеральный директор ВОЗ. – Я не знаю убийцу более беспощадного, чем СПИД».

Американец Роберт Галло, один из первых видевших вирус СПИДа, считает, что некоторые страны находятся под угрозой настоящего геноцида, истребления своих народов. Если бы вирус СПИДа мог передаваться, как грипп, то нам всем рано или поздно пришел бы конец.

Самый эффективный путь борьбы со СПИДом, если не единственный, – это обучение, информация.

В 1993-1994 гг., по мнению специалистов, 14 млн. мужчин, женщин и детей инфицированы вирусом иммунодефицита человека – ВИЧ, вызывающим СПИД. Если не принять срочных мер, то к концу столетия количество инфицированных достигнет 40 млн. человек.

Суицид. История человечества свидетельствует о том, что насилие, агрессивность, жестокость распространены среди людей так же, как любовь, доброта, милосердие.

Особая жестокость – это агрессия, направленная на себя (аутоагрессия). Она проявляется в актах самоунижения, самообвинения, в нанесении себе телесных повреждений и в самоубийстве – суициде. Особенность самоубийства в том, что смерть является делом рук самого потерпевшего и всегда представляет насильственный акт. Следует, однако, четко признать, что всегда есть обстоятельства, которые доводят человека до самоубийства. Поэтому слово «самоубийство» носит условное значение.

По некоторым данным ВОЗ, в мире ежегодно совершается более 500 тысяч самоубийств и примерно 7 млн. попыток. Уровень самоубийств оценивается числом совершенных суицидов на 100 тыс. населения. Эти цифры выглядят так: Венгрия – 73, Финляндия – 56, Дания – 45, Австрия – 43, Великобритания – 16, Греция – 8. В России в 70-80 гг. XX в. этот показатель составлял 23-29 случаев на 100 тыс. населения. Сейчас социально-экономическая ситуация изменилась к худшему и показатели выглядят так: 1990 – 43,9; 1991 – 44,5; 1992 – 53,2; 1993 – 66,2; 1994 – 74,1; 1995 – 77,3.

Существует убеждение, что кончают с собой психически больные люди. На самом деле они составляют лишь 25-27%, еще 19% – это алкоголики. Большая же часть самоубийц – это здоровые люди. Специалисты убеждены, что суициды – это результат влияния социальной среды, подрывающей веру человека. Намерение лишиться себя жизни появляется у человека в условиях, когда он оценивает ситуацию как неразрешимый конфликт.

Причин самоубийств много. Это – болезнь, предательство, тяжелые условия жизни, проблема отцов

и детей, любовные отношения, религиозное влияние и т. п. Покушений на самоубийство больше у женщин (в 8-10 раз), завершенных суицидов – у мужчин (в 4 раза). Сейчас наблюдается рост самоубийств среди детей и подростков.

Профилактика суицидов заключается в психологических, педагогических и социальных мероприятиях, направленных на восстановление утраченного психологического и физиологического равновесия человека.

Защита от социальных опасностей заключается в профилактических мероприятиях, направленных на ликвидацию этих опасностей. Кроме того, требуется соответствующая подготовка человека, позволяющая адекватно действовать в опасных ситуациях. Нужна юридическая, психологическая, информационная и силовая подготовка. В процессе обучения необходимо осваивать модели поведения, учитывающие конкретные ситуации.

ПРИРОДНЫЕ ОПАСНОСТИ

5

*И бури, все попутно руша
И все обломками покрыв,
То в вольном море, то на суше
Безумствуют наперерыв.
И молния сбегает змеем,
И дали застилает дым...
Грозя земле, волнуя воды,
Бушуют бури и шумят,
И грозной цепью сил природы
Весь мир таинственно объят.
И. В. Гете*

5.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

К **природным опасностям** относятся стихийные явления, которые представляют непосредственную угрозу для жизни и здоровья людей. Например, землетрясения, извержения вулканов, снежные лавины, сели, оползни, камнепады, наводнения, штормы, цунами, тропические циклоны, смерчи, молнии, туманы, космические излучения и космические тела и многие другие явления. Будучи естественными феноменами жизни и развития природной среды, они в то же время воспринимаются человеком как аномальные.

В безопасности деятельности рассматриваются не все природные катастрофы и стихийные явления, а лишь те из них, которые могут принести ущерб здоровью или привести к гибели людей.

Некоторые природные опасности нарушают или затрудняют нормальное функционирование систем и органов человека. К таким опасностям относятся, например, туман, гололед, жара, барометрическое давление, электромагнитные излучения, холод и другие.

Несмотря на глубокие различия в существе, все природные опасности подчиняются некоторым *общим закономерностям*.

Во-первых, для каждого вида опасностей характерна определенная пространственная приуроченность. *Во-вторых*, установлено, что чем больше интенсивность (мощность) опасного явления, тем реже оно случается. *В-третьих*, каждому виду опасностей предшествуют некоторые специфические признаки (предвестники). *В-четвертых*, при всей неожиданности той или иной природной опасности ее проявление может быть предсказано. Наконец, *в-пятых*, во многих случаях могут быть предусмотрены пассивные и активные защитные мероприятия от природных опасностей.

Говоря о природных опасностях, следует подчеркнуть роль антропогенного влияния на их проявление. Известны многочисленные факты нарушения равновесия в природной среде в результате деятельности человека, приводящие к усилению опасных воздействий. Так, согласно международной статистике, происхождение около 80% современных оползней связаны с деятельностью человека. В результате вырубок леса возрастает активность селей, увеличивается паводковый расход (рис. 12).

В настоящее время масштабы использования природных ресурсов существенно возросли. Это привело к тому, что стали ощутимо проявляться черты *глобального экологического кризиса*. Природа как бы мстит человеку за грубое вторжение в ее владение. Об этом более ста лет назад предупреждал Ф.

Энгельс: «Не будем, однако, слишком обольщаться нашими победами над природой. За каждую такую победу она мстит». Отмеченное обстоятельство следует иметь ввиду в хозяйственной деятельности.

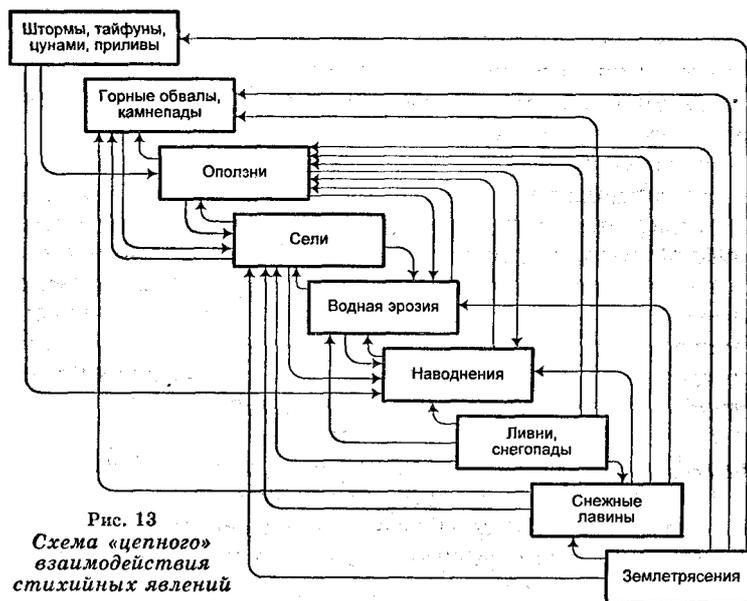
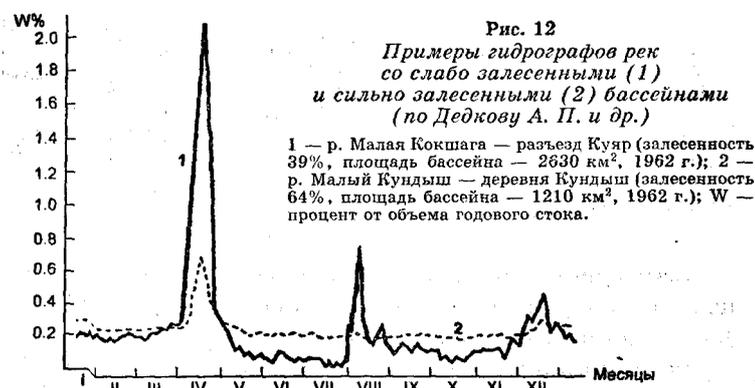


Рис. 13
Схема «цепного» взаимодействия стихийных явлений

Рис. 14
Примерная зависимость между изученностью опасностей, их прогнозом и защитой от них



Соблюдение природного равновесия является важнейшим профилактическим фактором, учет которого позволит сократить число опасных явлений.

Между природными опасностями существует взаимная связь. Одно явление может послужить причиной, спусковым механизмом последующих (рис. 13).

По имеющимся оценкам, число опасных природных событий на Земле с течением времени не растет или почти не растет, но человеческие жертвы и материальный ущерб увеличиваются. Ежегодная вероятность гибели жителя планеты Земля от природных опасностей ориентировочно равна 10^{-5} , т. е. на каждые сто тысяч жителей погибает один человек.

Предпосылкой успешной защиты от природных опасностей является изучение их причин и механизмов. Зная сущность процессов, можно их предсказывать. А своевременный и точный прогноз опасных явлений является наиважнейшей предпосылкой эффективной защиты. На рис. 14 графически отображена примерная зависимость между изученностью опасностей, их прогнозом и защитой от них.

По вертикальной оси расположена шкала, показывающая уровни знания сущности процесса (нуль означает, что природа явления совсем не изучена, 100% — полное знание существа явления). То же самое относится к оси прогноза и защиты.

Защита от природных опасностей может быть активной (строительство инженерно-технических сооружений, интервенция в механизм явления, мобилизация естественных ресурсов, реконструкция

природных объектов и др.) и *пассивной* (например, использование укрытий). В большинстве случаев активные и пассивные методы сочетаются.

По локализации природные опасности могут быть с определенной степенью условности разделены на 4 группы: литосферные (например, землетрясения, вулканы, оползни); гидросферные (например, наводнения, цунами, штормы); атмосферные (например, ураганы, бури, смерчи, град, ливень); космические (например, астероиды, планеты, излучения).

5.2. ЛИТОСФЕРНЫЕ ОПАСНОСТИ

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Планета Земля представляет по форме трехосный эллипсоид со средним радиусом 6371 км. Земля состоит из нескольких различных по составу и физическим свойствам оболочек-геосфер. В центре Земли находится ядро, за ним следует мантия, затем земная кора, гидросфера и атмосфера. Верхняя граница мантии проходит на глубине от 5 до 70 км по поверхности Мохоровичича (см. рис. 16), нижняя – на глубине 2900 км по границе с ядром Земли. Мантия Земли делится на верхнюю толщиной около 900 км и нижнюю – около 2000 км. Верхняя мантия вместе с земной корой образуют литосферу. Температура в мантии считается равной 2000-2500°C, а давление находится в пределах 1-130 ГН/м². Именно в мантии происходят тектонические процессы, вызывающие землетрясения. Наука, изучающая землетрясения, называется *сейсмологией*.

Землетрясения – это подземные толчки и колебания земной поверхности, возникающие в результате внезапных смещений и разрывов в земной коре или верхней части мантии и передающиеся на большие расстояния в виде упругих колебаний.

Природа землетрясений до конца не раскрыта. Землетрясения происходят в виде серии толчков, которые включают *форшоки*, главный толчок и *афтершоки*. Число толчков и промежутки времени между ними могут быть самыми различными. Главный толчок характеризуется наибольшей силой. Продолжительность главного толчка обычно несколько секунд, но субъективно людьми толчок воспринимается как очень длительный. Согласно данным психиатров и психологов, изучавших землетрясения, афтершоки иногда производят более тяжелое психическое воздействие, чем главный толчок. У людей под воздействием афтершоков возникало ощущение неотвратимости беды, и они, скованные страхом, бездействовали вместо того, чтобы искать безопасное место и защищаться.

Очаг землетрясения – это некоторый объем в толще Земли, в пределах которого происходит высвобождение энергии. Центр очага – условная точка, именуемая гипоцентром, или фокусом.

Проекция гипоцентра на поверхность Земли называется эпицентром. Вокруг него происходят наибольшие разрушения. Это так называемая *плейстосейстовая* область.

Количество землетрясений, ежегодно регистрируемых на земном шаре, измеряется сотнями тысяч, а по данным других авторов – миллионами. В среднем каждые 30 с регистрируется одно землетрясение. Однако большинство из них относится к слабым, и мы их не замечаем. Силу землетрясения оценивают по интенсивности разрушений на поверхности Земли. Существует много сейсмических шкал интенсивности. Шкалу интенсивности в 80-е гг. XIX в. создали Де Росси и Форель (от I до X), в 1920 г. итальянец Меркалли предложил другую шкалу с диапазоном значений от I до XII, в 1931 г. эта шкала была усовершенствована Вудом и Ньюменом. В 1963 г. С. Медведев с соавторами предложили новую шкалу. По международной шкале MSK-64 сила землетрясений оценивается в баллах (таблица 8).

Т а б л и ц а 8

Шкала силы землетрясений

| Сила в баллах | Наименование землетрясений | Последствия землетрясений |
|---------------|-----------------------------|--|
| I | Незаметное сотрясение почвы | Регистрируются только сейсмическими приборами. |
| II | Очень слабые толчки | Ощущаются отдельными людьми в покое. |
| III | Слабые толчки | Ощущаются лишь небольшой частью населения. |
| IV | Умеренное | Легкое дребезжание стекол, скрип дверей, стен. |

| | | |
|------|---|---|
| V | Довольно сильное | Сотрясение зданий, колебания оборудования, трещины в оконных стеклах и штукатурке. |
| VI | Сильное | Частичное обрушение внутренних стен, обрывы проводной связи, сбои в работе чувствительной аппаратуры, возникновение отдельных пожаров. |
| VII | Очень сильное | Повреждения, трещины в каменных зданиях и сооружениях, обрывы линий электропередачи. Деревянные и антисейсмические постройки сохраняются. |
| VIII | Разрушительное | Трещины на крутых склонах и сырых почвах. Незакрепленное оборудование сдвигается и повреждается. Старые здания разрушаются, остальные сильно повреждаются. Падение отдельных опор ЛЭП, линий связи, наземных эстакад. |
| IX | Опустошительное | Сильные разрушения каменных зданий, сооружений. Искривление деревянных зданий. Частичное повреждение гидротехнических сооружений. |
| X | Уничтожающее | Сильные разрушения всех зданий и сооружений. Возможны трещины в почве шириной до одного метра. Разрушения транспортных магистралей. Обвалы со склонов, оползни. |
| XI | Катастрофическое | Полное разрушение зданий и сооружений, искривление и скручивание железнодорожных рельсов. Повсеместные трещины на поверхности земли, обвалы и оползни. Обрушения подземных помещений. |
| XII | Абсолютное или сильное катастрофическое | Сплошные оползни, обвалы, огромные трещины на поверхности земли. Отклонения и изменения течения рек, образование озер, водопадов. Частичное изменение рельефа местности |

Примечание: сила (интенсивность) землетрясения есть субъективная оценка сотрясения грунта, осуществляемая по внешним признакам разрушений, поведению людей и животных.

Линии, соединяющие пункты с одинаковой интенсивностью колебаний, называются *изосейстами*.

В 1935 г. профессор Калифорнийского технологического института Ч. Рихтер предложил оценивать энергию землетрясения *магнитудой* (от лат. *magnitudo* – величина). Сейсмологи используют несколько магнитудных шкал. В Японии используют шкалу из семи магнитуд. Именно из этой шкалы исходил Рихтер К. Ф., предлагая свою усовершенствованную 9-магнитудную шкалу.

Шкала Рихтера – сейсмическая шкала магнитуд, основанная на оценке энергии сейсмических волн, возникающих при землетрясениях. Магнитуда самых сильных землетрясений по шкале Рихтера не превышает 9.

Магнитуда землетрясений – условная величина, характеризующая общую энергию упругих колебаний, вызванных землетрясением. Магнитуда пропорциональна логарифму энергии землетрясений и позволяет сравнивать источники колебаний по их энергии.

Значение магнитуды землетрясений определяется из наблюдений на сейсмических станциях. Колебания грунта, возникающие при землетрясениях, регистрируются специальными приборами – сейсмографами.

Т а б л и ц а 9

Данные о прошедших разрушительных землетрясениях на сеймотектонических разломах

| Дата | Регион | Магнитуда, ед. | Интенсивность в эпицентре, баллы | Длина разлома, км | Ширина зоны повышенной интенсивности, км |
|----------|-----------|----------------|----------------------------------|-------------------|--|
| 04.01.11 | Кебин | 8,2 | X | 230 | 4-6 |
| 14.03.83 | Кум-Даг | 5,4 | VIII | 22 | 0,15-0,4 |
| 01.09.62 | Иран | 7,2 | более VIII | более 100 | 2-5 |
| 31.08.68 | Иран | 7,2 | X | 80 | 2-6 |
| 23.12.72 | Никарагуа | 5,6-6,2 | IX-X | 11-12 | 2 |

| | | | | | |
|----------|---------------|-----|------|----------|-----|
| 07.03.27 | Оку-Танго | - | IX-X | 18 и 7 | 2-4 |
| 09.05.74 | Изу-Ханто-оки | 6,9 | IX-X | 5,5 | 2-3 |
| 07.12.88 | Спитак | 7,0 | IX-X | более 13 | 5,5 |

Таблица 10

Параметры колебаний различных категорий грунтов при разрушительных землетрясениях с магнитудой М-8

| Категория грунта | В 85 км от гипоцентра | | В 100 км от гипоцентра | | Видимый период ускорения, с | Видимый период скорости, с |
|------------------|---|-----------------------------|---|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| | Ускорение сдвига грунта см/с ² | Скорость сдвига грунта см/с | Ускорение сдвига грунта см/с ² | Скорость сдвига грунта см/с | | |
| Скальный | 175 | 7,5 | 148 | 6,5 | 0,2 | 1,3 |
| Средний | 190 | 17 | 161 | 14 | 0,3 | 1,1 |
| Рыхлый | 220 | 26 | 187 | 22 | 0,5 | 1,1 |

Таблица 11

Обобщенные оценки воздействия землетрясений

| Диапазон магнитуды землетрясения по Рихтеру | Среднее число землетрясений на Земле в год | Длительность сильных сотрясений грунта, с | Радиус района сильного сотрясения грунта, км |
|---|--|---|--|
| 4,0-4,9 | 8000 | 0-5 | 0-15 |
| 5,0-5,9 | 900 | 2-15 | 5-30 |
| 6,0-6,9 | 140 | 10-30 | 20-80 |
| 7,0-7,9 | 15 | 20-50 | 50-120 |
| 8,0-8,9 | - | 30-90 | 80-160 |

Таблица 12

Расчетные значения параметров смещения грунта при землетрясениях

| Интенсивность землетрясения в баллах (шкала MSK-64) | Ускорение смещения грунта, см/с ² | Скорость смещения грунта, см/с | Горизонтальное смещение грунта, мм |
|---|--|--------------------------------|------------------------------------|
| VI | 30-60 | 3-6 | 1,5-3 |
| VII | 61-120 | 6,1-12 | 3,1-6 |
| VIII | 121-240 | 12,1-24 | 6,1-12 |
| IX | 241-480 | 24,1-48 | 12,1-24 |

Результатом записи сейсмических колебаний является *сейсмограмма*, на которой записываются продольные и поперечные волны. Наблюдения над землетрясениями осуществляются сейсмической службой страны. Некоторые данные о физических параметрах прошедших землетрясений приведены в таблицах 9, 10, 11, 12.

Энергия землетрясения E связана с магнитудой M соотношением вида:

$$\lg E = 4 + 1,6 M \text{ или (по другим авторам)}$$

$$\lg E = 11,4 + 1,5 M.$$

Величину $K = \lg E$ называют энергетическим классом. При землетрясении, для которого $M = 5$, из очага выделяется энергия $E = 10^{12}$ Дж, $K = 12$; при $M = 8$ $E = 10^{17}$ Дж, $K = 17$. В Ашхабаде в 1948 г. энергия землетрясения составила $E = 10^{15}$ Дж, в Сан-Франциско в 1906 г. – $E = 10^{16}$ Дж, на Аляске в 1964 г. – $E = 10^{18}$ Дж. По статистике землетрясения с магнитудой 8 происходят каждые 102 года.

Магнитуда M , интенсивность землетрясения в баллах и глубина очага h связаны между собой (см.

Примерное соотношение магнитуды M и балльности в зависимости от глубины очага h

| $h, \text{ км}$ | Магнитуда M | | | |
|-----------------|---------------|----------|------|--------|
| | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 10 | VI | VII-II | X | XI-XII |
| 20 | VI | VII-VIII | IX | X-XI |
| 40 | V | VI-VII | VIII | IX-X |

Примерное соотношение между магнитудой и интенсивностью землетрясений показано в таблице 14.

Землетрясения распространены по земной поверхности очень неравномерно. Анализ сейсмических, географических данных позволяет наметить те области, где следует ожидать в будущем землетрясений и оценить их интенсивность. В этом состоит сущность сейсмического районирования.

Зависимость между магнитудой и интенсивностью землетрясений

| Магнитуда | Интенсивность |
|-----------|---------------|
| 2 | I-II |
| 3 | II |
| 4 | V |
| 5 | VI-VII |
| 6 | VII-VIII |
| 7 | IX-X |
| 8 | XI |

Карта сейсмического районирования – это официальный документ, которым должны руководствоваться проектирующие организации.

Пока не решена проблема прогноза, т. е. определения времени будущего землетрясения. Основной путь к решению этой проблемы – регистрация «предвестников» землетрясения: слабых предварительных толчков (форшоков), деформации земной поверхности, изменений параметров геофизических полей и др. Знание временных координат потенциального землетрясения во многом определяет эффективность мероприятий по защите во время землетрясений.

В районах, подверженных землетрясениям, осуществляется *сейсмостойкое*, или антисейсмическое строительство. Это значит, что при проектировании и строительстве учитываются возможные воздействия на здания и сооружения сейсмических сил. Требования к объектам, строящимся в сейсмических районах, устанавливаются строительными нормами и правилами и другими документами. По принятой в России 12-балльной шкале опасными для зданий и сооружений считаются землетрясения, интенсивность которых 7 баллов и более. Строительство в районах с сейсмичностью, превышающей 9 баллов, неэкономично. Поэтому в правилах и нормах указания ограничены районами 7-9-балльной сейсмичности. Обеспечение полной сохранности зданий во время землетрясений обычно требует больших затрат на антисейсмические мероприятия, а в некоторых случаях практически неосуществимо. Учитывая, что сильные землетрясения происходят редко, нормы допускают возможность повреждения элементов, не представляющих угрозы для людей. Наиболее благоприятными в сейсмическом отношении считаются скальные грунты. Сейсмостойкость сооружений существенно зависит от качества строительных материалов и работ. Методы расчетной оценки сейсмостойкости сооружений имеют приближенный характер. Поэтому нормы вводят ряд обязательных, конструктивных ограничений и требований. К их числу относится, например, ограничение размеров строящихся зданий в плане и по высоте. Для уточнений данных сейсмического районирования проводится сейсмическое микрорайонирование, с помощью которого интенсивность землетрясений в баллах, указанная на картах, может быть скорректирована на + 1...2 балла в зависимости от местных тектонических, геоморфологических и грунтовых условий.

Землетрясение – грозная стихия, не только разрушающая города, но и уносящая тысячи

человеческих жизней. Так, в 1908 г. землетрясением с магнитудой 7,5 разрушен г. Мессина (Италия), погибло более 100 тыс. человек. В 1923 г. катастрофическое землетрясение (магнитуда 8,2) с эпицентром на острове Хонсю (Япония) разрушило Токио, Иокогаму, погибли около 150 тыс. человек. В 1948 г. землетрясением разрушен Ашхабад, магнитуда 7, сила – IX баллов.

Иногда землетрясениям предшествуют грозовые разряды в атмосфере, выделения метана из земной коры. Это так называемые «предвестники» землетрясений. Возникающие при землетрясении колебания могут быть причиной вторичных эффектов в виде оползней и селевых потоков, цунами (сейши), снежных лавин, наводнений, разломов в скальных породах, пожаров, коробления земной поверхности.

Проблема защиты от землетрясений стоит очень остро. В ней необходимо различать *две группы антисейсмических мероприятий*:

а) предупредительные, профилактические мероприятия, осуществляемые до возможного землетрясения;

б) мероприятия, осуществляемые непосредственно перед, во время и после землетрясения, т. е. действия в чрезвычайных ситуациях.

К первой группе относится изучение природы землетрясений, раскрытие его механизма, идентификация предвестников, разработка методов прогноза и др.

На основе исследований природы землетрясений могут быть разработаны методы предотвращения и прогноза этого опасного явления. Очень важно выбирать места расположения населенных пунктов и предприятий с учетом сейсмостойкости района. Защита расстоянием – лучшее средство при решении вопросов безопасности при землетрясениях. Если строительство все-таки приходится вести в сейсмоопасных районах, то необходимо учитывать требования соответствующих правил и норм (СНиПов), сводящиеся в основном к усилению зданий и сооружений.

Эффективность действий в условиях землетрясений зависит от уровня организации аварийно-спасательных работ и обученности населения, эффективности системы оповещения.

СЕЛИ

Сели – кратковременные бурные паводки на горных реках, имеющие характер грязекаменных потоков.

Причинами селей могут явиться землетрясения, обильные снегопады, ливни, интенсивное таяние снега.

Основная опасность – огромная кинетическая энергия грязеводных потоков, скорость движения которых может достигать 15 км/ч.

По мощности селевые потоки делят на группы: мощные (вынос более 100 тыс. м³ селевой массы), средней мощности (от 10 до 100 тыс. м³), слабой мощности (менее 10 тыс. м³). Селевые потоки происходят внезапно, быстро нарастают и продолжаются обычно от 1 до 3 ч, иногда 6-8 ч. Сели прогнозируются по результатам наблюдений за прошлые годы и по метеорологическим прогнозам.

К профилактическим противоселевым мероприятиям относятся: гидротехнические сооружения (селезадерживающие, селенаправляющие и др.), спуск талой воды, закрепление растительного слоя на горных склонах, лесопосадочные работы, регулирование рубки леса и др. В селеопасных районах создаются автоматические системы оповещения о селевой угрозе и разрабатываются соответствующие планы мероприятий.

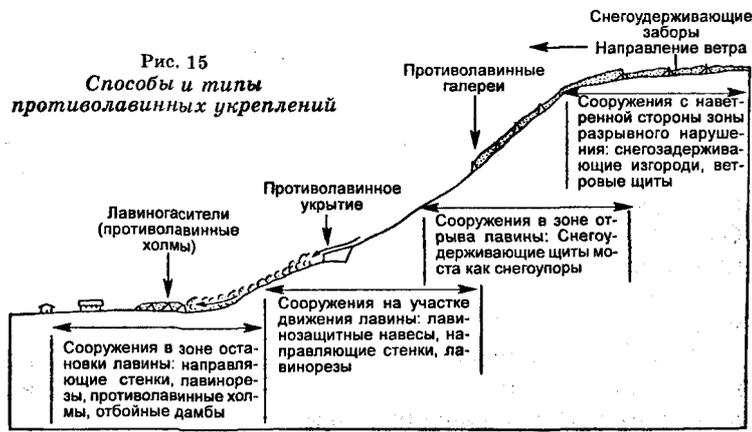
СНЕЖНЫЕ ЛАВИНЫ

Лавина - это снежный обвал, масса снега, падающая или сползающая с горных склонов под влиянием какого-либо воздействия и увлекающая на своем пути новые массы снега.

Одной из побудительных причин лавины может быть землетрясение. Снежные лавины распространены в горных районах.

По характеру движения лавины делятся на *склоновые, лотковые и прыгающие*.

Опасность лавины заключается в большой кинетической энергии лавинной массы, обладающей огромной разрушительной силой. Лавины образуются на безлесных склонах крутизной от 15° и более. Оптимальные условия для образования лавин на склонах в 30-40°. При крутизне более 50° снег осыпается к подножию склона и лавины не успевают сформироваться. Сход лавины начинается при слое свежевыпавшего снега в 30 см, а старого более 70 см. Скорость схода лавины может достигать 100 м/с, а в среднем 20-30 м/с. Точный прогноз времени схода лавины невозможен.



Имеются сведения о том, что в Европе ежегодно лавины разного вида уносят в среднем около 100 человеческих жизней.

Противолавинные профилактические мероприятия делятся на 2 группы: *пассивные* и *активные*.

Пассивные способы состоят в использовании опорных сооружений, дамб, лавинорезов, надолбов, снегоудерживающих щитов, посадках и восстановлении леса и др. (рис. 15).

Активные методы заключаются в искусственном провоцировании схода лавины в заранее выбранное время и при соблюдении мер безопасности. С этой целью производится обстрел головных частей потенциальных срывов лавины разрывными снарядами или минами, организуются взрывы направленного действия, используются сильные источники звука.

В лавиноопасных регионах могут создаваться *противолавинные службы*, предусматривается система оповещения и разрабатываются планы мероприятий по защите от лавин.

ИЗВЕРЖЕНИЕ ВУЛКАНОВ

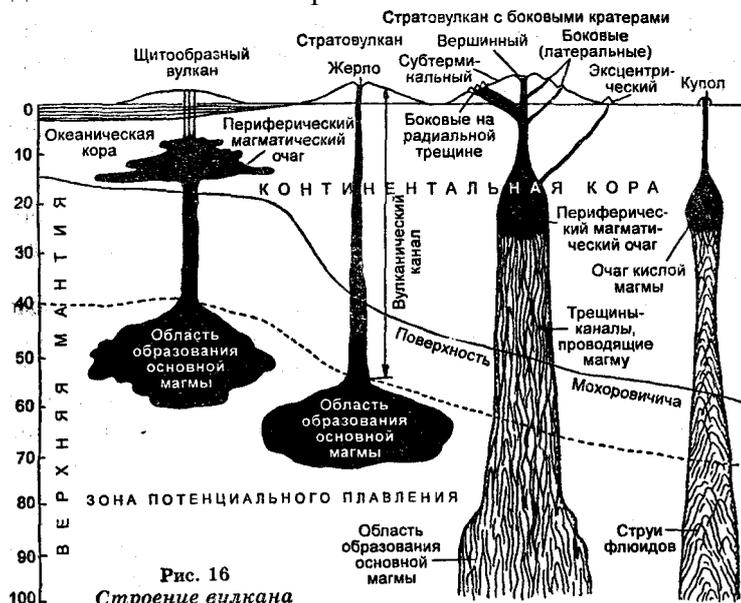
Совокупность явлений, связанных с перемещением магмы в земной коре и на ее поверхности, называется **вулканизмом**.

Магма (от греч. *магма* – густая мазь) – это расплавленная масса преимущественно силикатного состава, образующаяся в глубинных зонах Земли. Достигая земной поверхности, магма изливается в виде лавы.

Лавы отличаются от магмы отсутствием газов, улетающих при извержении. Вулканы (по имени бога огня Вулкана) представляют геологические образования, возникающие над каналами и трещинами в земной коре, по которым извергается на земную поверхность магма. Обычно вулканы представляют отдельные горы, сложенные продуктами извержений (рис. 16).

Вулканы разделяются на *действующие*, *уснувшие* и *потухшие*.

К *уснувшим* относятся вулканы, об извержениях которых нет сведений, но они сохранили свою форму и под ними происходят локальные землетрясения.



Потухшие – это различные вулканы без какой-либо вулканической активности.

Магматические очаги находятся в мантии на глубине 50-70 км или в земной коре на глубине 5-6 км. Извержения вулканов бывают *длительными и кратковременными*. Продукты извержения (газообразные, жидкие и твердые) выбрасываются на высоту 1-5 км и переносятся на большие расстояния. Концентрация вулканического пепла бывает настолько большой, что возникает темнота, подобная ночной. Объем излившейся лавы достигает десятков км³.

Известно извержение вулкана Везувия в августе 79 г., в результате которого погиб город Помпеи. Толщина слоя вулканического пепла, покрывшего этот город, составляет 8м.

Существуют следующие типы извержений: *эффузивный (гавайский), смешанный (стромболианский), экструзивный (купольный)*.

Замечена взаимозависимость между вулканической деятельностью и землетрясениями.

Основой прогноза извержения являются *сейсмические толчки*, характеризующие начало извержения.

Основные опасности – лавовые фонтаны, потоки горячей лавы, раскаленные газы. Взрывы вулканов могут инициировать оползни, обвалы, лавины, а на морях и океанах – цунами.

Профилактические мероприятия состоят в изменении характера землепользования, строительстве дамб, отводящих потоки лавы, в бомбардировке лавового потока для перемешивания лавы с землей и превращения ее в менее жидкую и др.

ОПОЛЗНИ

Оползень – скользящее смещение вниз по уклону под действием сил тяжести масс грунта, формирующих склоны холмов, гор, речные, озерные и морские террасы (рис. 17).

По механизму оползневого процесса выделяют такие типы оползней: сдвиг, выдавливание, гидравлический вынос и др.

По глубине залегания *поверхностного скольжения* различают оползни: поверхностные – до 1 м, мелкие – до 5 м, глубокие – до 20 м, очень глубокие – свыше 20 м.

По *мощности*, вовлекаемой в процесс массы горных пород, оползни распределяют на: малые – до 10 тыс. м³, крупные – от 101 до 1000 тыс. м³, очень крупные – свыше 1000 тыс. м³.



Рис. 17
Строение оползня

Таблица 15

Классификация оползней по мощности

| Наименование групп оползней | Масса пород, вовлеченных в оползневый процесс |
|-----------------------------|---|
| Малые | до 10 тыс. м ³ |
| Средние | от 11 до 100 тыс. м ³ |
| Крупные | от 101 до 1000 тыс. м ³ |
| Очень крупные | свыше 1000 тыс. м ³ |

Таблица 16

Результаты влияния основных природных факторов на оползневые процессы

| Природные факторы | Характер воздействия факторов на пласты земных пород | | | | | |
|--------------------|--|--------------------------|--------------------|------------------|-------------------------|---------------------|
| | Обводнение пород пластов | Подмыв основания пластов | Перегрузка пластов | Подсечка пластов | Выветривание и рыхление | Толчки и сотрясения |
| Атмосферные осадки | В | В | В | Сп | Сп | - |

| | | | | | | |
|-------------------------------|----|----|----|----|---|---|
| Подземные воды | В | В | В | В | В | - |
| Вода водотоков и водоемов | В | В | В | В | В | В |
| Температура породы | Сп | Сп | Сп | Сп | В | - |
| Растительность на поверхности | Сп | Сп | Сп | Сп | В | - |
| Сейсмичность района | Сп | Сп | В | В | В | В |

Примечание: В – влияет; Сп – способствует

По скорости движения оползни бывают: быстрые (время развития измеряется секундами или минутами), средней скорости (минуты, часы), медленные (дни, годы).

Оползни формируются, как правило, на участках, сложенных чередующимися водоупорными и водоносными породами грунта. Оползни возникают вследствие нарушения равновесия пород. Когда силы сцепления на поверхности скольжения становятся меньше составляющей силы тяжести, масса начинает движение. Опасность оползней заключается в том, что огромные массы почво-грунтов, внезапно смещаясь, могут привести к разрушению зданий и сооружений и большим жертвам.

Таблица 17

Активные противооползневые мероприятия

| Причины, вызывающие оползни | Меры борьбы | |
|---|---|---|
| | Мероприятия | Виды работ |
| Изменение напряженного состояния глинистых пород (перепад давления) | Уполаживание склонов или откосов | Срезка земляных масс в верхней части откоса и укладка их у подножия для погрузки в месте ожидаемого выпирания |
| Подземные воды | Перехват подземных вод выше оползня | Горизонтальный и вертикальный дренаж, сплошная прорезь, дренажная галерея, горизонтальные скважины-дрены. Вертикальный дренаж – забивные и сквозные фильтры, колодцы, дренаж |
| Поверхностные воды | Защита берегов от абразии (соскабливания). Защита берегов от эрозии (разъедания) | Волноотбойные стены. Волноломы подвижные и подводные. Буны. Завоз пляжного материала. Мощение откоса. Туфяки. Каменная наброска. Струнаправляющие сооружения. |
| Атмосферные осадки | Регулирование поверхностного стока | Микропланировка. Лотки, кюветы, каналы, быстротокки, дорожки |
| Выветривание | Защита грунтов поверхности склона | Одерновка, посев трав, древесные насаждения. Замена грунта (планировка). Изоляция поверхности. |
| Совокупность ряда природных причин | Механическое сопротивление движению земляных масс. Изменение физико-технических свойств грунтов | Подпорные стены. Свайные ряды, шпунты. Земляные контрбанкеты (небольшие валы). Замена грунтов поверхности скольжения. Подсушка и обжиг глинистых грунтов, электрохимическое закрепление грунтов |

| | | |
|--|-------------------------------------|--|
| Некоторые виды деятельности человека | Специальный режим в оползневой зоне | Сохранение склонов в устойчивом состоянии. Ограничение в производстве строительных работ. Строгий режим эксплуатации различных сооружений. |
| Утечка водопроводных и канализационных вод | Обеспечение повышенной надежности. | В оползневой зоне трубопроводы устраиваются из труб более прочных материалов или в «рубашке» |

Побудителями оползневых процессов являются землетрясения, вулканы, строительные работы и др.

Предупреждение и защита от оползней предусматривает ряд пассивных и активных мероприятий.

К пассивным относят мероприятия охранно-ограничительного вида: запрещение строительства, производства взрывных работ, надрезки оползневых склонов.

К активным мероприятиям относят устройство различных инженерных сооружений: подпорных стенок, свайных рядов и т. п. В опасных местах предусматривается система наблюдения и оповещения населения, а также действия соответствующих служб по организации аварийно-спасательных работ.

5.3. ГИДРОСФЕРНЫЕ ОПАСНОСТИ

НАВОДНЕНИЯ

Половодьем называют ежегодно повторяющееся в один и тот же сезон относительно длительное увеличение водоносности рек, сопровождающееся повышением уровня воды.

Паводок – сравнительно кратковременное и непериодическое поднятие уровня воды.

Следующие один за другим паводки могут образовать *половодье*, а последнее – *наводнение*.

Значительное затопление водой местности в результате подъема уровня воды в реке, озере или море, вызываемого различными причинами, называется **наводнением**.

Наводнение – наиболее распространенная природная опасность. Наводнение на реке происходит от резкого возрастания количества воды вследствие таяния снега или ледников, расположенных в ее бассейне, а также в результате выпадения обильных осадков. Наводнения нередко вызываются загромождением русла льдом при ледоходе (затор) или закупориванием русла внутренним льдом под неподвижным ледяным покровом и образованием ледяной пробки (зажор). Наводнения нередко возникают под действием ветров, нагоняющих воду с моря и вызывающих повышение уровня за счет задержки в устье приносимой рекой воды. Эти наводнения называют *наганными*.

Наводнения такого типа наблюдались в дельте Невы (1824, 1924 гг.), в Голландии, в Англии, в Гамбурге и других регионах земного шара.

На морских побережьях и островах наводнения могут возникнуть в результате затопления волной, образующейся при землетрясениях, извержениях вулканов, цунами.

Наводнения угрожают почти 3/4 земной суши. По данным ЮНЕСКО, от речных наводнений погибло в 1947-67 гг. около 200 000 человек. Специалисты считают, что людям грозит опасность, когда слой воды достигает 1 м, а скорость потока превышает 1 м/с. Подъем воды на 3 м уже приводит к разрушению домов. Наводнения приносят и большой материальный ущерб. Наводнения постоянно сопровождают человечество.

Сильнейшее наводнение, которое произошло примерно 5 600 лет назад в долине Тигра и Евфрата в Месопотамии, имело столь серьезные последствия, что нашло отражение в Библии как всемирный потоп. Значительная часть Голландии находится ниже уровня моря. Поэтому здесь издавна начали сооружать дамбы. В 1953 г. произошло сильное наводнение, при котором уровень воды достиг 4,6 м. Защитные сооружения не выдержали. Погибло более 18 000 человек. В 1957 г. начато строительство новых защитных сооружений. Гамбург, отстоящий в 100 км от устья Эльбы, периодически затопляется в результате штормовых нагонов в Северном море. В 1981 г. подъем воды составил 5,8 м. Катастрофические подъемы воды в Темзе происходили многократно за время существования Лондона и сопровождались человеческими жертвами. Острова дельты Невы, на которых был основан Санкт-Петербург, с 1703 г. более 260 раз заливались водой. Сильное наводнение случилось 7 ноября 1824 г. Вода поднялась на 4,21 м выше уровня Балтийского моря. Об этом наводнении А. С. Пушкин в «Медном всаднике» написал:

Но силой ветров от залива
 Перегражденная Нева
 Обратно шла, гневна, бурлива,
 И затопляла острова...

Это было одно из самых страшных стихийных бедствий. Было разрушено более 3 тыс. домов и строений, погибло около 600 человек. Дворцовая площадь. Невский проспект до Аничкова моста были затоплены водой. Наводнение возникает из-за того, что Нева не может пробиться к морю и течет вспять.

Но ветер не единственная причина наводнения. Иногда и при полном безветрии бывали наводнения. Причиной их были длинные волны, возникающие в море под влиянием циклона. Длинная волна со скоростью 50-60 км/ч движется в Финский залив, становясь на мелководье и в сужающемся заливе более высокой, и препятствует речному стоку. При одновременном действии всех возможных факторов подъем уровня воды в дельте Невы может достичь 550 см. Гибель людей во время наводнений, огромный материальный ущерб, приносимый им, заставляют людей изучать эти явления и изыскивать способы защиты от них.

Наводнения на реках по высоте подъема воды, площади затопления и величине ущерба делят на 4 категории: низкие (малые), высокие (средние), выдающиеся (большие) и катастрофические. Существует классификация наводнений по признаку причин (таблица 18).

Т а б л и ц а 18

Классификация наводнений

| <i>Наименование наводнений</i> | <i>Основные причины возникновения наводнений</i> | <i>Возможная высота подъема воды, м</i> | <i>Средняя продолжительность</i> | <i>Регионы СНГ, наиболее подверженные наводнениям</i> |
|--------------------------------|---|--|--|--|
| <i>Половодья</i> | Весеннее таяние льда и снега в горах | 2-3 на малых реках, 15-20 и более на крупных реках | До 15-20 суток на малых реках, 2-3 месяца на крупных реках | На большинстве рек стран, расположенных на территории бывшего СССР |
| <i>Паводковые</i> | Дожди, зимние оттепели с мокрым снегом | Несколько метров | 15-20 суток на малых реках, несколько дней на горных реках | Реки Крыма, Средней Азии, Ленкорани, Кура-Араксинской низменности |
| <i>Ливневые</i> | Интенсивные кратковременные ливни | До 20-30 | Несколько дней | Реки Украины, Нижнего Дона, Кавказа, Дальнего Востока |
| <i>Запорные</i> | Зажоры – осенне-зимнее скопление шуги. Затопы – скопление льда при ледоходе | 3-4, редко до 6-8 | До 4-5 дней | Реки Северо-Запада, Карелии, Сибири, Средней Азии |
| <i>Селевые</i> | Смывание с горных склонов рыхлого и мелкообмолоченного грунта | От 2-4 до 80-100 | До нескольких часов | Горные реки Кавказа, Казахстана, Карпат, Северного Урала, Забайкалья |

| | | | | |
|---|---|--|------------------------------------|--|
| <i>Нагонные</i> | Нагоны воды в устья рек при приливах и сильных ветрах | От 2-3 до 10-12 | До 18-20 дней | Реки бассейнов юга Сахалина, Каспийского, Азовского, Балтийского морей |
| <i>Завальные</i> | Перекрытие русла ледниками, обвалами, оползнями склонов | От нескольких десятков до сотен метров | Несколько часов при прорыве завала | Реки Памира, Кавказа, Камчатки, Тянь-Шаня |
| <i>Аварии на гидротехнических сооружениях</i> | Ошибки инженерных расчетов, гидрологических прогнозов и эксплуатации сооружений | Десятки и сотни метров | До нескольких дней | На всей территории бывшего СССР |

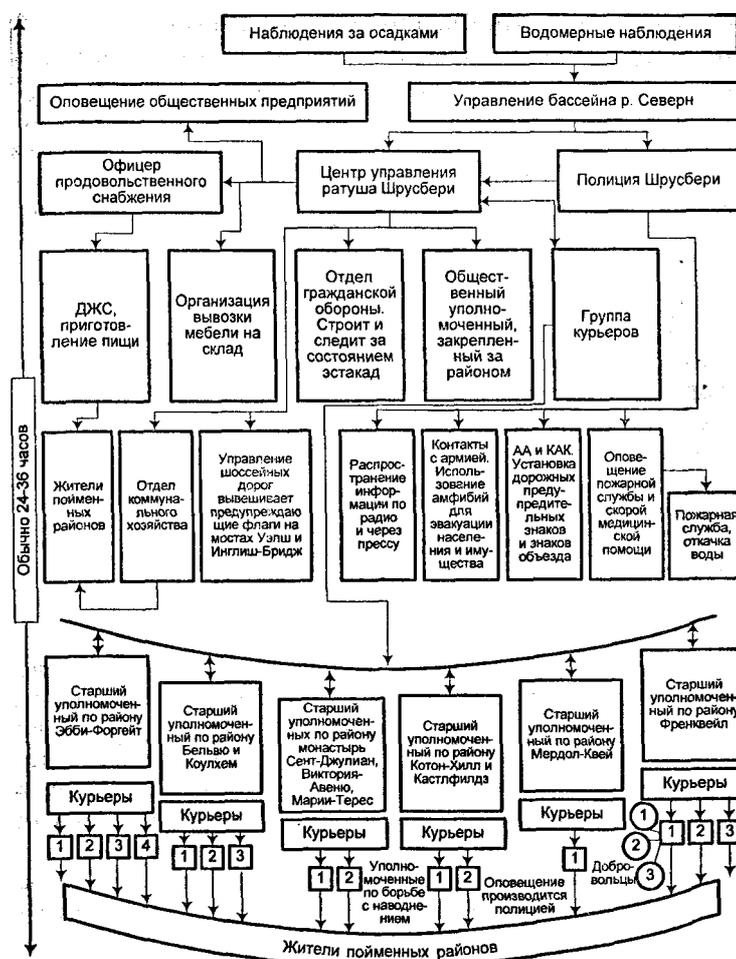


Рис. 18

Схема оповещения и план мероприятий в Шрусбери

Частота наводнений различна в различных регионах. Низкие наводнения повторяются через 5-10 лет, высокие – через 20-25 лет, выдающиеся – через 50-100 лет, катастрофические не чаще одного раза в 100-200 лет. Продолжительность наводнений от нескольких дней до 80-90 дней.

Защита людей в условиях наводнений включает оповещение, эвакуацию людей и другие мероприятия в соответствии с планами борьбы с наводнениями и защиты населения. На рис. 18 показана образцовая организация работы во время наводнения в Шрусбери (Великобритания), который находится на реке Северн примерно в 250 км от Лондона.

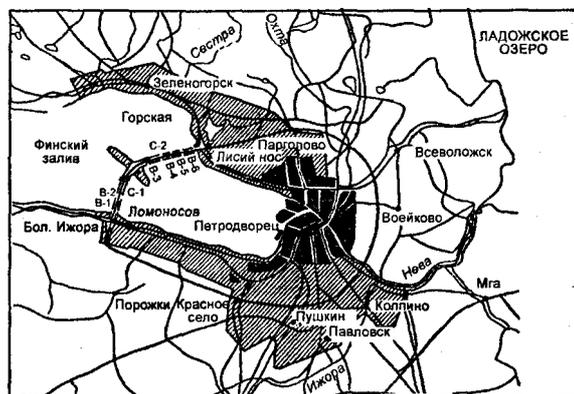


Рис. 19
План
защитных
сооружений
в Невской губе

Наиболее эффективный способ борьбы с речными наводнениями – регулирование речного стока путем создания водохранилищ.

Для защиты от наводнений в Голландии, Германии, Англии и других странах строят специальные защитные сооружения. Для защиты от водной стихии в дельте Невы строится защитный комплекс длиной более 25 км в створе поселок Горская – Кронштадт – Ломоносов. В конструкции комплекса предусмотрены судопропускные и водопропускные сооружения, каменно-земляные дамбы, возвышающиеся над гладью залива на 8 м.

При угрозе наводнения мощное сооружение из стали и бетона по команде диспетчера с центрального поста управления в Кронштадте наглухо закроет акваторию, преградив путь длинной волне к городу. Строительство комплекса должно закончиться в 2001 г. На рис. 19 показан план защитных сооружений и Невской губы.

ЦУНАМИ

Цунами – это гравитационные волны очень большой длины, возникающие в результате сдвига вверх или вниз протяженных участков дна при сильных подводных землетрясениях, реже вулканических извержениях.

В силу малой сжимаемости воды и быстроты процесса деформации участков дна опирающийся на них столб воды также смещается, не успевая растечься, в результате чего на поверхности воды образуется некоторое возвышение или понижение. Образовавшееся возмущение переходит в колебательное движение толщи воды, распространяющееся со скоростью, пропорциональной квадратному корню из глубины моря (50-1000 км/ч). Расстояние между соседними гребнями волн находится в пределах 5...1500 км. Высота волн в области их возникновения находится в пределах 0,1–5 м, у побережья – до 10 м, а в клинообразных бухтах, долинах рек – свыше 50 м. В глубь суши цунами могут распространяться до 3 км. Это и есть *волны-цунами* (япон.).

Известно более 1000 случаев цунами, из них около 100 с катастрофическими последствиями.

Основной район, где проявляются цунами, – побережье Тихого океана (80% случаев), а также Атлантический океан и реже Средиземное море. Цунами очень быстро достигают берега. Обладая большой энергией, достигающей иногда 10^{20} эрг, цунами производят большие разрушения и представляют угрозу для людей.

Надежной защиты от цунами нет. Мероприятиями по частичной защите является сооружение волнорезов, молов, насыпей, посадка лесных полос, устройство гаваней. Цунами не опасно для судов в открытом море.

Важное значение для защиты населения от цунами имеют службы предупреждения о приближении волн, основанные на опережающей регистрации землетрясений береговыми сейсмографами.

5.4. АТМОСФЕРНЫЕ ОПАСНОСТИ

Газовая среда вокруг Земли, вращающаяся вместе с нею, называется **атмосферой**.

Состав ее у поверхности Земли: 78,1% азота, 21% кислорода, 0,9% аргона, в незначительных долях процента углекислый газ, водород, гелий, неон и др. газы. В нижних 20 км содержится водяной пар (3% в тропиках, $2 \times 10^{-5}\%$ в Антарктиде). На высоте 20-25 км расположен слой озона, который предохраняет живые организмы на Земле от вредного коротковолнового излучения. Выше 100 км молекулы газов разлагаются на атомы и ионы, образуя ионосферу.

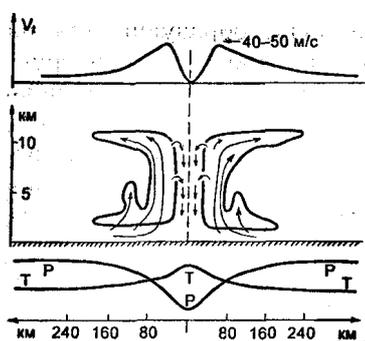


Рис. 20

Структура тропического циклона

В зависимости от распределения температуры атмосферу подразделяют на *тропосферу, стратосферу, мезосферу, термосферу, экзосферу*.

Неравномерность нагревания способствует общей циркуляции атмосферы, которая влияет на погоду и климат Земли. Сила ветра у земной поверхности оценивается по шкале Бофорта.

Атмосферное давление распределяется неравномерно, что приводит к движению воздуха относительно Земли от высокого давления к низкому. Это движение называется ветром. Область пониженного давления в атмосфере с минимумом в центре называется **циклоном**.

Циклон в поперечнике достигает нескольких тысяч километров. В Северном полушарии ветры в циклоне дуют против часовой стрелки, а в Южном – по часовой. Погода при циклоне преобладает пасмурная, с сильными ветрами (рис. 20).

Антициклон – это область повышенного давления в атмосфере с максимумом в центре. Поперечник антициклона составляет несколько тысяч километров. Антициклон характеризуется системой ветров, дующих по часовой стрелке в Северном полушарии и против – в Южном, малооблачной и сухой погодой и слабыми ветрами.

В атмосфере имеют место следующие электрические явления: *ионизация воздуха, электрическое поле атмосферы, электрические заряды облаков, токи и разряды*.

В результате естественных процессов, происходящих в атмосфере, на Земле наблюдаются явления, которые представляют непосредственную опасность или затрудняют функционирование систем человека. К таким атмосферным опасностям относятся туманы, гололед, молнии, ураганы, бури, смерчи, град, метели, торнадо, ливни и др.

Гололед – слой плотного льда, образующийся на поверхности земли и на предметах (проводах, конструкциях) при замерзании на них переохлажденных капель тумана или дождя.

Обычно гололед наблюдается при температурах воздуха от 0 до -3°C, но иногда и более низких. Корка намерзшего льда может достигать толщины нескольких сантиметров. Под действием веса льда могут разрушаться конструкции, обламываться сучья. Гололед повышает опасность для движения транспорта и людей.

Туман – скопление мелких водяных капель или ледяных кристаллов, или тех и других в *приземном слое атмосферы* (иногда до высоты в несколько сотен метров), понижающее горизонтальную видимость до 1 км и менее.

В очень плотных туманах видимость может понижаться до нескольких метров. Туманы образуются в результате конденсации или сублимации водяного пара на аэрозольных (жидких или твердых) частицах, содержащихся в воздухе (т. н. ядрах конденсации). Туман из водяных капель наблюдается главным образом при температурах воздуха выше -20°C. При температуре ниже -20°C преобладают ледяные туманы. Большинство капель тумана имеет радиус 5-15 мкм при положительной температуре воздуха и 2-5 мкм при отрицательной температуре. Количество капель в 1 см³ воздуха колеблется от 50-100 в слабых туманах и до 500-600 в плотных. Туманы по их физическому генезису подразделяются на туманы охлаждения и туманы испарения.

По синоптическим условиям образования различают туманы внутримассовые, формирующиеся в однородных воздушных массах, и туманы фронтальные, появление которых связано с фронтами атмосферными. Преобладают туманы внутримассовые.

В большинстве случаев это туманы охлаждения, причем их делят на радиационные и адвективные. Радиационные туманы образуются над сушей при понижении температуры вследствие радиационного охлаждения Земной поверхности, а от нее и воздуха. Наиболее часто они образуются в антициклонах.

Адвективные туманы образуются вследствие охлаждения теплого влажного воздуха при его движении над более холодной поверхностью суши или воды. Адвективные туманы развиваются как над сушей, так и над морем, чаще всего в теплых секторах циклонов. Адвективные туманы устойчивее, чем радиационные.

Фронтальные туманы образуются вблизи атмосферных фронтов и перемещаются вместе с ними. Туманы препятствуют нормальной работе всех видов транспорта. Прогноз туманов имеет важное значение в безопасности.

Град – вид атмосферных осадков, состоящих из сферических частиц или кусочков льда (градин) размером от 5 до 55 мм, встречаются градины размером 130 мм и массой около 1 кг. Плотность градин 0,5-0,9 г/см³. В 1 мин на 1 м² падает 500-1000 градин. Продолжительность выпадения града обычно 5-10 мин, очень редко – до 1 ч.

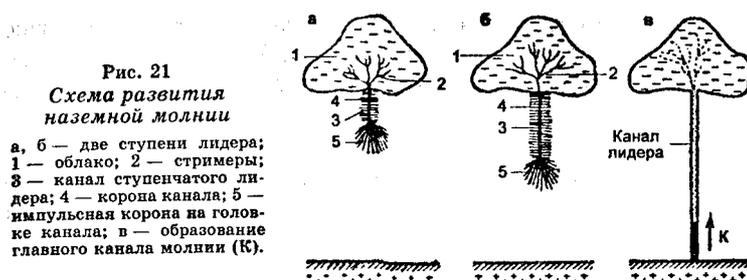
Разработаны радиологические методы определения градоносности и градоопасности облаков и созданы оперативные службы борьбы с градом. Борьба с градом основана на принципе введения с помощью ракет или снарядов в облако реагента (обычно йодистого свинца или йодистого серебра), способствующего замораживанию переохлажденных капель. В результате появляется огромное количество искусственных центров кристаллизации. Поэтому градины получаются меньших размеров и они успевают растаять еще до падения на землю.

Гром – звук в атмосфере, сопровождающий разряд молнии. Вызывается колебаниями воздуха под влиянием мгновенного повышения давления на пути молнии.

Молния – это гигантский электрический искровой разряд в атмосфере, проявляющийся обычно яркой вспышкой света и сопровождающим ее громом.

Наиболее часто молнии возникают в кучево-дождевых облаках. В раскрытие природы молнии внесли вклад американский физик Б. Франклин (1706-1790), русские ученые М. В. Ломоносов (1711-1765) и Г. Рихман (1711-1753), погибший от удара молнии при исследованиях атмосферного электричества.

Молнии делятся на внутриоблачные, т. е. проходящие в самих грозовых облаках, и наземные, т. е. ударяющие в землю. Процесс развития наземной молнии состоит из нескольких стадий (рис. 21).



На первой стадии в зоне, где электрическое поле достигает критического значения, начинается ударная ионизация, создаваемая вначале свободными электронами, всегда имеющимися в небольшом количестве в воздухе, которые под действием электрического поля приобретают значительные скорости по направлению к земле и, сталкиваясь с атомами воздуха, ионизируют их. Таким образом возникают электронные лавины, переходящие в нити электрических разрядов – стримеры, представляющие собой хорошо проводящие каналы, которые, соединяясь, дают начало яркому термоионизированному каналу с высокой проводимостью – ступенчатому лидеру (рис. 21, а, б). Движение лидера к земной поверхности происходит ступенями в несколько десятков метров со скоростью $\approx 5 \times 10^7$ м/с, после чего его движение приостанавливается на несколько десятков мксек, а свечение сильно ослабевает. В последующей стадии лидер снова продвигается на несколько десятков метров, яркое свечение при этом охватывает все пройденные ступени. Затем снова следует остановка и ослабление свечения. Эти процессы повторяются при движении лидера до поверхности земли со средней скоростью 2×10^5 м/сек. По мере продвижения лидера к земле напряженность поля на его конце усиливается и под его действием из выступающих на поверхности земли предметов выбрасывается ответный стример, соединяющийся с лидером. На этом явлении основано создание молниеотвода. В заключительной стадии по ионизированному лидером каналу (рис. 21, в) следует обратный, или главный разряд молнии, характеризующийся токами от десятков до сотен тысяч ампер, сильной яркостью и большой скоростью продвижения $\approx 10^7 \dots 10^8$ м/с. Температура канала при главном разряде может превышать 25 000°С, длина канала молнии 1-10 км, диаметр – несколько сантиметров. Такие молнии называются затяжными.

Они наиболее часто бывают причиной пожаров. Обычно молния состоит из нескольких повторных разрядов, общая длительность которых может превышать 1 с. Внутриоблачные молнии включают в себя только лидерные стадии, их длина от 1 до 150 км. Вероятность поражения молнией наземного объекта растет по мере увеличения его высоты и с увеличением электропроводности почвы. Эти обстоятельства учитываются при устройстве молниеотвода. В отличие от опасных молний, называемых линейными, существуют шаровые молнии, которые нередко образуются вслед за ударом линейной молнии. Молнии, как линейная, так и шаровая, могут быть причиной тяжелых травм и гибели людей. Удары молний могут сопровождаться разрушениями, вызванными ее термическими и электродинамическими воздействиями. Наибольшие разрушения вызывают удары молний в наземные объекты при отсутствии хороших токопроводящих путей между местом удара и землей. От электрического пробоя в материале образуются узкие каналы, в которых создается очень высокая температура, и часть материала испаряется со взрывом и последующим воспламенением. Наряду с этим возможно возникновение больших разностей потенциалов между отдельными предметами внутри строения, что может быть причиной поражения людей электрическим током. Весьма опасны прямые удары молний в воздушные линии связи с деревянными опорами, так как при этом могут возникать разряды с проводов и аппаратуры (телефон, выключатели) на землю и другие предметы, что может привести к пожарам и поражению людей электрическим током. Прямые удары молнии в высоковольтные линии электропроводов могут быть причиной коротких замыканий. Опасно попадание молнии в самолеты. При ударе молнии в дерево могут быть поражены находящиеся вблизи него люди.

ЗАЩИТА ОТ МОЛНИЙ

Разряды атмосферного электричества способны вызвать взрывы, пожары и разрушения зданий и сооружений, что привело к необходимости разработки специальной системы молниезащиты.

Молниезащита – комплекс защитных устройств, предназначенных для обеспечения безопасности людей, сохранности зданий и сооружений, оборудования и материалов от разрядов молнии.

Молния способна воздействовать на здания и сооружения прямыми ударами (первичное воздействие), которые вызывают непосредственное повреждение и разрушение, и вторичными воздействиями – посредством явлений электростатической и электромагнитной индукции. Высокий потенциал, создаваемый разрядами молнии, может заноситься в здания также по воздушным линиям и различным коммуникациям. Канал главного разряда молнии имеет температуру 20 000°С и выше, вызывающую пожары и взрывы в зданиях и сооружениях.

Здания и сооружения подлежат молниезащите в соответствии с СН 305-77. Выбор защиты зависит от назначения здания или сооружения, интенсивности грозовой деятельности в рассматриваемом районе и ожидаемого числа поражений объекта молнией в год.

Интенсивность грозовой деятельности характеризуется средним числом грозовых часов в году $n_{ч}$, или числом грозовых дней в году $n_{д}$. Определяют ее с помощью соответствующей карты, приведенной в СН 305-77, для конкретного района.

Применяют и более обобщенный показатель – среднее число ударов молнии в год (n) на 1 км² поверхности земли, который зависит от интенсивности грозовой деятельности.

Т а б л и ц а 1 9

Интенсивность грозовой деятельности

| Интенсивность грозовой деятельности, ч/год | 10-20 | 20-40 | 40-60 | 60-80 | 80 и более |
|--|-------|-------|-------|-------|------------|
| n | 1 | 3 | 6 | 9 | 12 |

Ожидаемое число поражений молнией в год зданий и сооружений N , не оборудованных молниезащитой, определяется по формуле:

$$N = (S + 6h_x) (L + 6h_x) n \cdot 10^{-6},$$

где S и L – соответственно ширина и длина защищаемого здания (сооружения), имеющего в плане прямоугольную форму, м; для зданий сложной конфигурации при расчете N в качестве S и L принимают ширину и длину наименьшего прямоугольника, в который может быть вписано здание в плане; h_x – наибольшая высота здания (сооружения), м; n – среднегодовое число ударов молнии в 1 км²

земной поверхности в месте расположения здания.

Для дымовых труб, водонапорных башен, мачт, деревьев ожидаемое число ударов молнии в год определяют по формуле:

$$N = 9 \times 10^{-6} h^2.$$

В незащищенную от молнии линию электропередачи протяженностью L км со средней высотой подвеса проводов h_{cp} число ударов молнии за год составит при допущении, что опасная зона распространяется от оси линии в обе стороны на $3 h_{cp}$,

$$N = 0,42 \times 10^{-3} \times L h_{cp} n_{ч}.$$

В зависимости от вероятности вызванного молнией пожара или взрыва, исходя из масштабов возможных разрушений или ущерба, нормами установлены три категории устройства молниезащиты.

В зданиях и сооружениях, отнесенных к I категории молниезащиты, длительное время сохраняются и систематически возникают взрывоопасные смеси газов, паров и пыли, перерабатываются или хранятся взрывчатые вещества. Взрывы в таких зданиях, как правило, сопровождаются значительными разрушениями и человеческими жертвами.

В зданиях и сооружениях II категории молниезащиты названные взрывоопасные смеси могут возникнуть только в момент производственной аварии или неисправности технологического оборудования, взрывчатые вещества хранятся в надежной упаковке. Попадание молнии в такие здания, как правило, сопровождается значительно меньшими разрушениями и жертвами.

В зданиях и сооружениях III категории от прямого удара молнии может возникнуть пожар, механические разрушения и поражения людей. К этой категории относятся общественные здания, дымовые трубы, водонапорные башни и др.

Здания и сооружения, относимые по устройству молниезащиты к I категории, должны быть защищены от прямых ударов молнии, электростатической и электромагнитной индукции и заноса высоких потенциалов через наземные и подземные металлические коммуникации по всей территории России.

Здания и сооружения II категории молниезащиты должны быть защищены от прямых ударов молнии, вторичных ее воздействий и заноса высоких потенциалов по коммуникациям только в местностях со средней интенсивностью грозовой деятельности $n_{ч} = 10$.

Здания и сооружения, отнесенные по устройству молниезащиты к III категории, должны быть защищены от прямых ударов молнии и заноса высоких потенциалов через наземные металлические коммуникации, в местностях с грозовой деятельностью 20 ч и более в год.

Здания защищаются от прямых ударов молнии молниеотводами. *Зоной защиты молниеотвода* называют часть пространства, примыкающую к молниеотводу, внутри которого здание или сооружение защищено от прямых ударов молнии с определенной степенью надежности. Зона защиты А обладает степенью надежности 99,5% и выше, а зона защиты Б – 95% и выше.

Молниеотводы состоят из молниеприемников (воспринимающих на себя разряд молнии), заземлителей, служащих для отвода тока молнии в землю, и токоотводов, соединяющих молниеприемники с заземлителями.

Молниеотводы могут быть отдельно стоящими или устанавливаться непосредственно на здании или сооружении. По типу молниеприемника их подразделяют на стержневые, тросовые и комбинированные. В зависимости от числа действующих на одном сооружении молниеотводов, их подразделяют на одиночные, двойные и многократные.

Молниеприемники стержневых молниеотводов устраивают из стальных стержней различных размеров и форм сечения. Минимальная площадь сечения молниеприемника – 100 мм², чему соответствует круглое сечение стержня диаметром 12 мм, полосовая сталь 35 x 3 мм или газовая труба со сплюсненным концом.

Молниеприемники тросовых молниеотводов выполняют из стальных многопроволочных тросов сечением не менее 35 мм² (диаметр 7 мм).

В качестве молниеприемников можно использовать также металлические конструкции защищаемых сооружений – дымовые и другие трубы, дефлекторы (если они не выбрасывают горючие пары и газы), металлическую кровлю и другие металлоконструкции, возвышающиеся над зданием или сооружением.

Токоотводы устраивают сечением 25-35 мм² из стальной проволоки диаметром не менее 6 мм или стали полосовой, квадратного или иного профиля. В качестве токоотводов можно использовать металлические конструкции защищаемых зданий и сооружений (колонны, фермы, пожарные лестницы, металлические направляющие лифтов и т. д.), кроме предварительно напряженной арматуры железобетонных конструкций. Токоотводы следует прокладывать кратчайшими путями к заземлителям. Соединение токоотводов с молниеприемниками и заземлителями должно обеспечивать непрерывность электрической связи в соединяемых конструкциях, что, как правило, обеспечивается сваркой. Токоотводы нужно располагать на таком расстоянии от входов в здания, чтобы к ним не могли прикасаться люди во избежание поражения током молнии.

Заземлители молниеотводов служат для отвода тока молнии в землю, и от их правильного и качественного устройства зависит эффективная работа молниезащиты.

Конструкция заземлителя принимается в зависимости от требуемого импульсного сопротивления с учетом удельного сопротивления грунта и удобства его укладки в грунте. Для обеспечения безопасности рекомендуется ограждать заземлители или во время грозы не допускать людей к заземлителям на расстояние менее 5–6 м. Заземлители следует располагать вдали от дорог, тротуаров и т. д.

УРАГАНЫ

Ураган – это циклон, у которого давление в центре очень низкое, а ветры достигают большой и разрушительной силы. Скорость ветра может достигать 25 км/ч. Иногда ураганы на суше называют бурей, а на море – штормом, тайфуном.

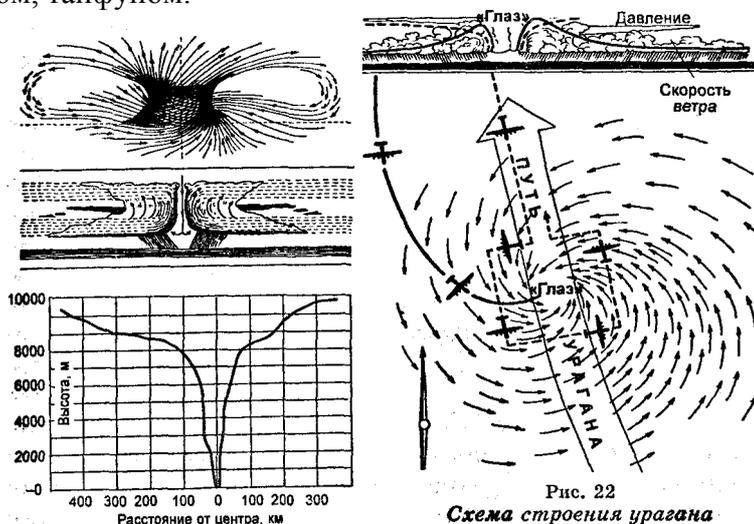


Рис. 22
Схема строения урагана

Ураганы представляют собой явление морское и наибольшие разрушения от них бывают вблизи побережья. Но они могут проникать и далеко на сушу. Ураганы могут сопровождаться сильными дождями, наводнениями, в открытом море образуют волны высотой более 10 м, штормовыми нагонами. Особой силой отличаются тропические ураганы, радиус ветров которых может превышать 300 км (рис. 22).

Ураганы – явление сезонное. Ежегодно на Земле развивается в среднем 70 тропических циклонов. Средняя продолжительность урагана около 9 дней, максимальная – 4 недели.

БУРЯ

Буря – это очень сильный ветер, приводящий к большому волнению на море и к разрушениям на суше. Буря может наблюдаться при прохождении циклона, смерча.

Скорость ветра у земной поверхности превышает 20 м/с и может достигать 100 м/с. В метеорологии применяется термин «шторм», а при скорости ветра больше 30 м/с – ураган. Кратковременные усиления ветра до скоростей 20-30 м/с называются **шквалами**.

СМЕРЧИ

Смерч – это атмосферный вихрь, возникающий в грозовом облаке и затем распространяющийся в виде темного рукава или хобота по направлению к поверхности суши или моря (рис. 23).

В верхней части смерч имеет воронкообразное расширение, сливающееся с облаками. Когда смерч опускается до земной поверхности, нижняя часть его тоже иногда становится расширенной,

напоминающей опрокинутую воронку. Высота смерча может достигать 800-1500 м. Воздух в смерче вращается и одновременно поднимается по спирали вверх, втягивая пыль или воду. Скорость вращения может достигать 330 м/с. В связи с тем, что внутри вихря давление уменьшается, то происходит конденсация водяного пара. При наличии пыли и воды смерч становится видимым.



Рис. 23
Типичная
хоботообразная мощная
воронка, еще не коснувшаяся
земли, каскада нет
(Небраска, 24 июня 1930 г.)

Диаметр смерча над морем измеряется десятками метров, над сушей – сотнями метров.

Смерч возникает обычно в теплом секторе циклона и движется вместе с циклоном со скоростью 10-20 м/с.

Смерч проходит путь длиной от 1 до 40-60 км. Смерч сопровождается грозой, дождем, градом и, если достигает поверхности земли, почти всегда производит большие разрушения, всасывает в себя воду и предметы, встречающиеся на его пути, поднимает их высоко вверх и переносит на большие расстояния. Предметы в несколько сотен килограммов легко поднимаются смерчем и переносятся на десятки километров. Смерч на море представляет опасность для судов.

Смерчи над сушей называются *тромбами*, в США их называют *торнадо*.

Как и ураганы, смерчи опознают со спутников погоды.

Для визуальной оценки силы (скорости) ветра в баллах по его действию на наземные предметы или по волнению на море английский адмирал Ф. Бофорт в 1806 г. разработал условную шкалу, которая после изменений и уточнений в 1963 г. была принята Всемирной метеорологической организацией и широко применяется в синоптической практике (таблица 20).

Таблица 20

Сила ветра у земной поверхности по шкале Бофорта (на стандартной высоте 10 м над открытой ровной поверхностью)

| Баллы Бофорта | Словесное определение силы ветра | Скорость ветра | Действие ветра | |
|------------------|--|----------------|--|------------------------|
| | | | на суше | на море |
| 0 | Штиль | 0-0,2 | Штиль. Дым вертикально поднимается | Зеркально гладкое море |

| | | | | |
|---|---------------|-----------|--|---|
| 1 | Тихий | 0,3-1,5 | Направление ветра заметно по отношению дыма, но не по флюгеру | Рябь, пены на гребнях нет |
| 2 | Легкий | 1,6-3,3 | Движение ветра ощущается лицом, шелестят листья, приводится в движение флюгер | Короткие волны, гребни не опрокидываются и кажутся стекловидными |
| 3 | Слабый | 3,4-5,4 | Листья и тонкие ветви деревьев все время колышутся, ветер развеивает верхние флаги | Короткие, хорошо выраженные волны. Гребни, опрокидываясь, образуют пену, изредка образуются маленькие белые барашки |
| 4 | Умеренный | 5,5-7,9 | Ветер поднимает пыль и бумажки, приводит в движение тонкие ветви деревьев | Волны удлиненные, белые барашки видны во многих местах |
| 5 | Свежий | 8,0-10,7 | Качаются тонкие стволы деревьев, на воде появляются волны с гребнями | Хорошо развитые в длину, но не очень крупные волны, повсюду видны белые барашки (в отдельных случаях образуются брызги) |
| 6 | Сильный | 10,8-13,8 | Качаются толстые сучья деревьев, гудят телеграфные провода | Начинают образовываться крупные волны. Белые пенистые гребни занимают значительные площади (вероятны брызги) |
| 7 | Крепкий | 13,9-17,1 | Качаются стволы деревьев, идти против ветра трудно | Волны громоздятся, гребни срываются, пена ложится полосами по ветру |
| 8 | Очень крепкий | 17,2-20,7 | Ветер ломает сучья деревьев, идти против ветра очень трудно | Умеренно высокие длинные волны. По краям гребней начинают взлетать брызги. Полосы пены ложатся рядами по направлению ветра |
| 9 | Шторм | 20,8-24,4 | Небольшие повреждения; ветер срывает дымовые колпаки и черепицу | Высокие волны. Пена широкими плотными полосами ложится по ветру. Гребни волн начинают опрокидываться и рассыпаться в брызги, которые ухудшают видимость |

| | | | | |
|----|----------------|--------------|---|---|
| 10 | Сильный шторм | 24,5-28,4 | Значительные разрушения строений, деревья вырываются с корнем. На суше бывает редко | Очень высокие волны с длинными загибающимися вниз гребнями. Образующаяся пена выдувается ветром большими хлопьями в виде густых белых полос. Поверхность моря белая от пены. Сильный грохот волн подобен ударам. Видимость плохая |
| 11 | Жестокий шторм | 28,5-32,6 | Большие разрушения на значительном пространстве. На суше наблюдается очень редко | Исключительно высокие волны. Суда небольшого и среднего размера временами скрываются из вида. Море все покрыто длинными белыми хлопьями пены, располагающимися по ветру. Края волн повсюду сдуваются в пену. Видимость плохая |
| 12 | Ураган | 32,7 и более | Большие разрушения на значительном пространстве. На суше наблюдается очень редко | Воздух наполнен пеной и брызгами. Море все покрыто полосами пены. Очень плохая видимость |

5.5. КОСМИЧЕСКИЕ ОПАСНОСТИ

Космос – один из элементов, влияющих на земную жизнь. Рассмотрим некоторые опасности, угрожающие человеку из космоса.

Астероиды – это малые планеты, диаметр которых колеблется в пределах 1-1000 км.

В настоящее время известно около 300 космических тел, которые могут пересекать орбиту Земли. Всего по прогнозам астрономов в космосе существует примерно 300 тыс. астероидов и комет.

Встреча нашей планеты с такими небесными телами представляет серьезную угрозу для всей биосферы. Расчеты показывают, что удар астероида диаметром около 1 км сопровождается выделением энергии, в десятки раз превосходящей весь ядерный потенциал, имеющийся на Земле. Энергия одного удара оценивается величиной $\approx 10^{23}$ эрг.

В 1994 г. произошло уникальное астрономическое событие: осколки кометы Шумейкера-Леви столкнулись с Юпитером. Оно напомнило всем о существовании проблемы кометной и астероидной опасности. Вероятность столкновения астероидов с Землей оценивается $\approx 10^{-5} \dots 10^{-8}$. Поэтому во многих странах ведутся работы по проблемам астероидной опасности и техногенному засорению космического пространства, направленные на прогнозирование и предотвращение столкновений массивных тел с Землей.

Основным средством борьбы с астероидами и кометами, сближающимися с Землей, является ракетно-ядерная технология. В зависимости от размеров опасных космических объектов (ОКО) и используемых для их обнаружения информационных средств располагаемое на организацию противодействия время может изменяться в широких пределах от нескольких суток до нескольких лет. С учетом операций на обнаружение, уточнение траектории и характеристик ОКО, а также запуск и

подлетное время средств перехвата требуемая дальность обнаружения ОКО должна составлять 150 млн. км от Земли.

Предлагается разработать систему планетарной защиты от астероидов и комет, которая основана на двух принципах защиты, а именно изменение траектории ОКО или разрушение его на несколько частей. Поэтому на первом этапе разработки системы защиты Земли от метеоритной и астероидной опасности предполагается создать службу наблюдения за их движением с таким расчетом, чтобы обнаруживать объекты размером около 1 км за год-два до его подлета к Земле. На втором этапе необходимо рассчитать его траекторию и проанализировать возможность столкновения с Землей. Если вероятность такого события велика, то необходимо принимать решение по уничтожению или изменению траектории этого небесного тела. Для этой цели предполагается использовать межконтинентальные баллистические ракеты с ядерной боеголовкой. Современный уровень космических технологий позволяет создать такие системы перехвата.

Тела размером порядка 100 м могут появиться в непосредственной близости от Земли достаточно внезапно. В этом случае избежать столкновения путем изменения траектории практически нереально. Единственная возможность предотвратить катастрофу – это разрушить тела на несколько мелких фрагментов.

Огромное влияние на земную жизнь оказывает **солнечная радиация**.

Солнечная радиация является мощным оздоровительным и профилактическим фактором. Распределение солнечной радиации на разных широтах служит важным показателем, характеризующим различные климатогеографические зоны, что учитывается в гигиенической практике при решении ряда вопросов, связанных с градостроительством и т. д.

Вся совокупность биохимических, физиологических реакций, протекающих при участии энергии света, носит название *фотобиологических процессов*. Фотобиологические процессы в зависимости от их функциональной роли могут быть условно разделены на три группы.

Первая группа обеспечивает синтез биологически важных соединений (например, фотосинтез).

Ко второй группе относятся фотобиологические процессы, служащие для получения информации и позволяющие ориентироваться в окружающей обстановке (зрение, фототаксис, фотопериодизм).

Третья группа – процессы, сопровождающиеся вредными для организма последствиями (например, разрушение белков, витаминов, ферментов, появление вредных мутаций, онкогенный эффект). Известны стимулирующие эффекты фотобиологических процессов (синтез пигментов, витаминов, фотостимуляция клеточного состава). Активно изучается проблема фотосенсибилизирующего эффекта. Изучение особенностей взаимодействия света с биологическими структурами создало возможность для использования лазерной техники в офтальмологии, хирургии и т. д.

Наиболее активной в биологическом отношении является ультрафиолетовая часть солнечного спектра, которая у поверхности Земли представлена потоком волн в диапазоне от 290 до 400 нм. Интенсивность УФ-излучения у поверхности Земли не всегда постоянна и зависит от географической широты местности, времени года, состояния погоды, степени прозрачности атмосферы. При облачной погоде интенсивность УФ-излучения у поверхности Земли может снижаться до 80%; за счет запыленности атмосферного воздуха эта потеря составляет от 11 до 50%.

Бактерицидное действие искусственного УФ-излучения используется также для обеззараживания питьевой воды. При этом органолептические свойства воды не изменяются, в нее не вносятся посторонние химические вещества.

Однако действие УФ-излучения на организм и окружающую среду не ограничивается лишь благоприятным влиянием. Известно, что чрезмерное солнечное облучение приводит к развитию выраженной эритемы с отеком кожи и ухудшением состояния здоровья. Наиболее частым поражением глаз при воздействии УФ-лучей является фотоофтальмия. В этих случаях возникает гиперемия, конъюнктивит, появляются блефароспазм, слезотечение и светобоязнь. Подобные поражения встречаются за счет отражения лучей солнца от поверхности снега в арктических и высокогорных районах («снеговая слепота»). Известен фотосенсибилизирующий эффект у лиц, особо чувствительных к воздействию УФ-лучей, при работе с каменноугольным пеком. Повышение чувствительности к УФ-лучам наблюдается у больных со свинцовой интоксикацией, у детей, перенесших корь и т. д.

За последние годы в специальной литературе освещается вопрос о повышенной частоте возникновения рака кожи у лиц, постоянно подвергающихся избыточному солнечному облучению. В качестве аргумента приводятся сведения о большой частоте случаев рака кожи в южных районах по сравнению с распространением его на севере. Случаи рака кожи у виноградарей Бордо с

преимущественным поражением кожи рук и лица связывают с постоянным и интенсивным солнечным облучением открытых частей тела.

Длинноволновая часть солнечного спектра представлена ИК-излучением. По биологической активности ИК-лучи делятся на коротковолновые с диапазоном волн от 760 до 1400 нм и длинноволновые с диапазоном волн от 1500 до 25 000 нм. ИК-излучение оказывает на организм тепловое воздействие. Чем короче длина волн, тем глубже проникновение их в ткани, но субъективное ощущение тепла и чувство жжения менее выражены. Напротив, длинноволновое ИК-излучение поглощается преимущественно поверхностными слоями кожи, где сосредоточены терморцепторы; чувство жжения при этом выражено. Наиболее неблагоприятное воздействие ИК-излучения проявляется в производственных условиях, где его мощность может во много раз превышать уровень, возможный в естественных условиях. Отмечено, что у рабочих горячих цехов, стеклодувов, имеющих контакт с мощными потоками ИК-излучения, понижается электрическая чувствительность глаза, увеличивается скрытый период зрительной реакции и т. д. ИК-лучи при длительном воздействии вызывают и органические изменения органа зрения. ИК-излучение с длиной волны в 1500-1700 нм достигает роговицы и передней камеры глаза; более короткие лучи с длиной волны до 1300 нм проникают до хрусталика; в тяжелых случаях возможно развитие тепловой катаракты. Естественно, что это действие возможно лишь при отсутствии надлежащих мер защиты рабочих. Отсюда одной из важнейших задач санитарного врача на соответствующих предприятиях является предупреждение возникновения заболеваний, связанных с неблагоприятными воздействиями ИК-излучения.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОПАСНОСТИ

6

*В пустыне чахлой и скупой
На почве, зноем раскаленной,
Анчар, как грозный часовой,
Стоит – один во всей вселенной.
Природа жаждущих степей
Его в день гнева породила
И зелень мертвую ветвей
И корни ядом напоила.
Яд каплет сквозь его кору,
К полудню растопись от зною,
И застывает ввечеру
Густой прозрачною смолою...*
А. С. Пушкин

Окружающий человека мир делится на живой и неживой. Отличительной особенностью живых объектов является их способность расти и размножаться.

Биологическими (био от греч. bios – жизнь) называются опасности, происходящие от живых объектов.

Все объекты живого мира можно условно разделить на несколько царств; а именно: микроорганизмы (Protista), грибы (Fungi, Mycetes), растения (Plantae), животные (Animalia), люди (Homo sapiens).

Наука, изучающая закономерности, присущие жизни во всех ее проявлениях и свойствах, называется **биологией**.

Живой мир очень разнообразен. Но есть одно общее очень важное свойство у всех живых существ – это их клеточное строение. Клетки – это кирпичики, из которых состоят все живые существа, их ткани, органы и организмы в целом.

Клетка – это наименьшая форма организованной живой материи, способная в подходящих для нее среде и условиях существовать самостоятельно. Клеточное строение живых объектов открыл англичанин Роберт Гук в 1665 г. Растения, животные, люди являются многоклеточными, а микроорганизмы, как правило, существа одноклеточные.

Между различными живыми существами идет постоянная борьба. В этой борьбе человек не всегда выходит победителем.

Носителями, или субстратами, биологических опасностей являются все среды обитания (воздух, вода, почва), растительность и животный мир, сами люди, искусственный мир, созданный человеком, и другие объекты.

Биологические опасности могут оказывать на человека различное действие – *механическое, химическое, биологическое и др.*

Следствием биологических опасностей являются различные болезни, травмы разной тяжести, в том числе смертельные.

Исходя из принципа целесообразности, господствующего в природе, можно утверждать, что все живые существа выполняют определенную, предназначенную им, роль. Но по отношению к человеку некоторые из них являются опасностями.

Знание биологических опасностей – одно из условий успешной защиты человека от опасностей вообще и биологических, в частности.

В каждом царстве живых существ различают несколько *типов*, подразделяющихся на *отряды*, в отрядах – несколько *классов*; в каждом классе – несколько *порядков*; последние делятся на *семейства*, состоящие из *рядов*, а ряды делятся на *виды*.

Каждый живой объект имеет свое название, которое состоит из двух слов. Первое слово, пишущееся с заглавной буквы, обозначает название рода данного организма, а второе является его видовым эпитетом. Такую бинарную номенклатуру ввел шведский ученый Карл Линней. Например, бактерия туберкулеза носит научное название *Mycobacterium tuberculosis*, дрожжи – *Saccharomyces cerevisiae*, бактерия столбняка – *Clostridium tetani*.

Некоторые микробы напоминают своими свойствами животных, другие – растения. Чтобы понять сущность и характер биологических опасностей, рассмотрим подробнее каждое царство живых существ.

6.1. МИКРООРГАНИЗМЫ

Микроорганизмы – это мельчайшие, преимущественно одноклеточные существа, видимые только в микроскоп, характеризуются огромным разнообразием видов, способных существовать в различных условиях.

Микроорганизмы выполняют полезную роль в круговороте веществ в природе, используются в пищевой и микробиологической промышленности, при производстве пива, вин, лекарств.

Некоторые виды микроорганизмов являются *болезнетворными, или патогенными*. Они вызывают болезни растений, животных и человека.

Такие болезни, как проказа, чума, тиф, холера, малярия, туберкулез и многие другие, в отдаленные времена уносили тысячи жизней, сея суеверия и страх среди населения. Человечество долгое время не знало, что эти болезни вызываются микроорганизмами. Не было и средств борьбы с заразными болезнями. Поэтому инфекционные заболевания человека иногда приобретали массовое распространение, которое называется эпидемией или пандемией.

Широкое распространение заразных болезней животных называется *эпизоотией*, а растений – *эпифитотией*.

Человечество настойчиво искало разгадку страшных болезней.

Древнегреческий ученый Демокрит (460-370 гг. до н. э.) высказал мнение, что болезни вызываются крохотными организмами, проникающими в тело человека и животных. Это было гениальное предвидение, которое подтвердилось лишь более 2000 лет спустя.

«Отец» медицины Гиппократ (460-377 гг. до н. э.) внес значительный вклад в учение о происхождении болезней, создав теорию «болезнетворных миазмов».

Аристотель (384-322 гг. до н. э.) справедливо утверждал, что бешенство передается через укус бешеных собак.

Гиппократовскую теорию «миазмов» поддерживал и самый выдающийся римский врач Клавдий Гален (130-200 гг. до н. э.).

Знаменитый швейцарский врач Парацельс (1493-1541 гг.) считал, что возбудителями заразных болезней являются живые существа. В своих трудах он часто использует слово «вирус».

Выдающийся итальянский врач Дж. Фракасторо (1478–1553 гг.) также предполагал, что возбудителями болезней являются особые организмы, которые очень быстро размножаются. Фракасторо описал ряд заболеваний животных: ящур, сап, оспу овец и др.

В 1348-1350 гг. в Старом свете от эпидемии чумы погибло 7 500 000 человек, т. е. почти половина населения, жившего в то время на территории Европы. Во время эпидемии чумы (1364 г.) в Москве в живых осталось так мало людей, что они не могли похоронить мертвых. На протяжении всего средневековья оспа, бактериальная дизентерия, сыпной тиф, проказа и грипп наносили большой ущерб

населению. Опустошительный характер носили и эпизоотические болезни, во время которых погибли миллионы животных. Во многих городах Европы установлены памятники погибшим во время эпидемий.

Эпоха великих бедствий ярко отражена в литературных произведениях. Например, Дж. Боккаччо в своем «Декамероне» описал эпидемию во Флоренции. Великие утописты Т. Мор и Т. Кампанелла в своих произведениях много внимания уделяли проблемам защиты от инфекционных заболеваний.

С древних времен и до XVII в. учеными разных стран и народов было высказано много идей о причинах инфекционных заболеваний и способах борьбы с ними. Среди них были и гениальные догадки, о которых уже сказано, а также суеверия и схоластика.

В XVII веке в науке проявляются два антисхоластических течения: эмпиризм и рационализм.

Корифеем первого был Ф. Бэкон (1561-1626), второго – Р. Декарт (1596-1650). Представители этих течений были полны решимости разбить схоластические каноны, во что бы то ни стало отыскать истину путем исследований и экспериментов. Наука становилась на прочный фундамент материализма. В это время были заложены основы современной науки. Именно в этот период начинается эра великих открытий в биологии, имеющих отношение к рассматриваемой проблеме биологических опасностей.

ОТКРЫТИЕ ЛЕВЕНГУКА

Как мы уже знаем, многие ученые древности высказывали идею о существовании мелких живых существ, проникающих в организм и вызывающих заболевания. Но никто этих существ не видел.

Впервые удалось увидеть бактерии голландцу А. ван Левенгуку. Это случилось в 1676 г. Известно, что первый микроскоп был построен в 1590 г. З. Янсенем (Нидерланды).

Блестяще использовал микроскоп в исследованиях Р. Гук, открывший клеточное строение тканей. Левенгук (1632-1723) открыл бактерии случайно, занимаясь другой проблемой. Его очень заинтересовали увиденные живые существа, которые он назвал «зверушками». Левенгук посвятил изучению микроорганизмов более 50 лет своей жизни, изучая форму и размеры бактерий (рис. 24).

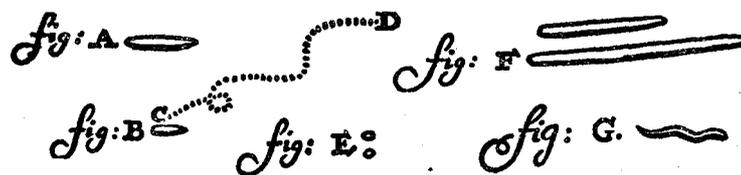


Рис. 24

Зарисовки бактерий, выполненные Левенгуком

МИКРОБИОЛОГИЯ

Случайное открытие Левенгука стало началом новой науки – микробиологии. Ее основоположником признается выдающийся французский ученый Л. Пастер (1822-1895). По образованию Пастер был химиком. Увлечшись биологией, он установил, что каждое инфекционное заболевание возникает в результате патогенной деятельности особого вида микробов и предложил способы борьбы с ними.

Гениальность Пастера заключается в том, что он использовал принцип *ослабления возбудителя*. Ослабленный возбудитель, не вызывая заболевания, создает иммунитет в организме человека или животного, которому сделана прививка.

Поисками возбудителей инфекционных болезней занимался не менее знаменитый врач Р. Кох. Он открыл возбудителей сибирской язвы, туберкулеза и холеры.

Микробиология изучает микроорганизмы, их систематику, морфологию, генетику, роль в круговороте веществ в природе, патогенное действие, приводящее к болезням человека, животных и растений.

Микроорганизмы очень разнообразны. Их иногда называют просто микробами (от греч. mikros – малый и bios – жизнь).

Как уже следует из самого названия, микроорганизмы очень маленькие объекты. Поэтому микробиологи используют мелкие единицы измерения, такие, как микрометр, нанометр, и даже ангстрем.

Большинство бактерий имеют величину 0,5-1 мкм, дрожжевые грибы – 5-10 мкм.

Самые мелкие бактерии имеют в диаметре около десятой доли микрометра.

Отдельные виды бактерий и грибов достигают в длину нескольких миллиметров и даже сантиметров.

Но, как правило, микроорганизмы – это живые существа очень малых размеров, которые человек без помощи микроскопа увидеть не может.

Микоплазмы – это вид микроорганизмов, обитающих в водоемах, навозе. Патогенные микоплазмы вызывают болезни человека (пневмонию), животных (воспаление легких), растений.

Бациллы (от лат. *bacillum* – палочка) – это палочковидные бактерии, образующие внутриклеточные споры.

Аэробы – организмы, способные жить только в присутствии атмосферного кислорода.

Анаэробы – организмы, способные жить в отсутствии атмосферного кислорода.

Бактериология – раздел микробиологии, изучающий бактерии.

КАКИЕ БЫВАЮТ МИКРООРГАНИЗМЫ

Среди патогенных микроорганизмов различают *бактерии, вирусы, риккетсии, спирохеты, простейшие*.

Простейшие состоят из одной клетки. Чаще всего они обитают в водоемах. Примеры простейших животных: амеба, радиолярия, грегарина, эвглена, трипаносома, миксоспоридия, парамеция.

Трипаносомы имеют размер 12–100 мкм, являются паразитами крови и тканей человека и позвоночных животных.

Переносчики – кровососущие насекомые (муха цеце). Вызывают заболевание трипаносомоз, которым болеют люди и животные (лихорадка, поражение лимфатических узлов и др.). Заболевание людей называют сонной болезнью (африканский трипаносомоз) или болезнь Шагаса (американский трипаносомоз).

Эвглена водится преимущественно в мелких пресных водоемах, часто вызывает «цветение» воды, известно около 60 видов, длина до 0,1 мм.

Несмотря на свое название, простейшие устроены даже сложнее, чем отдельная клетка. «Пренебрег» простейшими и К. Линней, описав их как один род, названный «хаос инфузориум».

Лишь через два столетия после открытия Левенгука ученые установили, что такие тяжелые заболевания, как малярия, сонная болезнь, преследовавшие человека с древних времен, вызываются паразитами простейшими.

Обычные размеры простейших 1/20–1/7 мм. Их можно видеть без микроскопа (глаз человека различает предметы размером до 0,1 мм).

Размножаются делением каждые 3 ч.

Бактерии – типичные представители микроорганизмов. Бактерии, имеющие форму правильных шариков, называются кокками. Группы кокков называют стафилококками или стрептококками. К коккам относятся возбудители различных инфекционных болезней. Очень многие бактерии имеют форму палочек, например, живущая в нашем организме кишечная палочка (*Escherichia coli*) – возбудитель тифа (*Salmonella typhi*), дизентерии (*Shigella dysenteriae*).

Электронный микроскоп позволяет увидеть и органы движения бактерий – тоненькие жгутики.

Бактерии вездесущи и выносливы. Их находили в воде гейзеров с температурой около 100°C, в вечной мерзлоте Арктики, где они пробыли более 2 млн. лет; не погибают они и в открытом космосе, не страшно для них и воздействие смертельной для человека дозы радиации.

Есть среди них бактерии – хищники, которые ловят простейших. Некоторые бактерии питаются аммиаком, метаном. Их пытались использовать для «поедания» метана в шахтах. Размножаются бактерии простейшим делением надвое, в благоприятных условиях через каждые 20 мин.

Бактериальными заболеваниями являются *чума, туберкулез, холера, столбняк, проказа, дизентерия, менингит и др.*

От чумы в средние века погибли десятки миллионов человек. Эта болезнь наводила на людей панический ужас. Считается, что в XX в. опасность чумы исчезла.

Туберкулезные бактерии открыл Р. Кох в 1882 г., но окончательно эта болезнь не побеждена.

Холера в Европу занесена в 1816 г., до 1917 г. в России холерой переболело более 5 млн. человек, половина из них умерла.

В. Маяковский написал такие строки:

Гражданин! Чтобы не умереть от холеры,
Заранее принимай такие меры.
Не пей сырой воды. Воду оную

Пей только кипяченую.
Также не пей на улице кваса.
Воду кипятить – работы масса.
Чтобы с квасом своим поспеть рано,
Просто приготавливают его из-под крана...

Сейчас случаи холеры редки.

Столбняк поражает нервную систему. Болезнь побеждена с помощью профилактических прививок.

Случаи заболевания проказой стали редкими. Заболевших по-прежнему помещают в лепрозории.

Вирусы, (от лат. *virus* – яд), мельчайшие неклеточные частицы, состоящие из нуклеиновой кислоты (ДНК или РНК) и белковой оболочки (кансида). Форма палочковидная, сферическая и др. Размер от 20 до 300 нм и более. Вирусы – внутриклеточные паразиты: размножаясь только в живых клетках, они используют их ферментативный аппарат и переключают клетку на синтез зрелых вирусных частиц – вирионов. Вирусы мельче бактерий в 50 раз. Они не видны в световом микроскопе. Их не задерживают тончайшие фарфоровые фильтры. Вирусы распространены повсеместно. Вызывают болезни растений, животных и человека. Изучением вирусов занимается наука вирусология.

Итак, вирусы обладают следующими особенностями по сравнению с бактериями. Для вирусов характерно такое свойство как *фильтруемость*, т. е. они проходят через фильтры. Ученик Пастера Шарль Шамберлан использовал для фильтрования жидкостей, в которых бактерии размножились, особый фарфоровый фильтр (свечу Шамберлана), задерживающий самые мелкие из всех известных бактерий. Именно такой фильтр был использован для доказательства небактериального характера возбудителя бешенства.

Вирусы, в отличие от бактерий, не способны существовать и размножаться самостоятельно. Каждая бактерия представляет собой клетку, обладающую своим обменом веществ. Бактерии способны расти и размножаться на *искусственных питательных средах*.

Вирусы как настоящие клеточные паразиты полностью зависят от обмена веществ в клетке-хозяине. «Покоренная» клетка вынуждена синтезировать составные вещества вируса, из которых вскоре монтируются новые вирусные частицы.

Бактерии и живые клетки организма всегда содержат одновременно два типа нуклеиновых кислот: рибонуклеиновую (РНК) и дезоксирибонуклеиновую (ДНК) кислоты. Вирусы содержат только один тип нуклеиновой кислоты – либо РНК, либо ДНК.

Вирусы способны *«навязывать»* свою *генетическую информацию* наследственному аппарату пораженной им клетки.

Вирусы заражают клетку и заставляют ее помогать их размножению, что, как правило, кончается гибелью клетки. Вирусы в отличие от бактерий размножаются лишь в живых клетках. Поэтому вирусы изучают на уровне организма подопытного животного или культуры клетки.

Вирусными заболеваниями является *оспа, бешенство, грипп, энцефалит, корь, свинка, краснуха, гепатит и др.*

Древние рукописи донесли до нас описания страшных эпидемий оспы, в которых погибло до 40% больных. Англичанин Э. Дженнер в 1796 г. предложил свой метод оспопрививания (вакцинация), положив тем самым начало борьбы с этим недугом. Но только в 1980 г. ВОЗ объявила о том, что оспа побеждена. Теперь детям, родившимся после 1980 г., не делают оспопрививания.

Бешенство, или водобоязнь, – смертельная болезнь человека и животных, известная с глубокой древности. Чаще всего бешенство бывает у собак. Болеют бешенством также волки, кошки, крысы, вороны и другие животные.

Прививки – единственное надежное средство против бешенства. Первая прививка против бешенства была сделана *Л. Пастером* в 1885 г. Ребенок, сильно покусанный бешеной собакой, не заболел. Заболевшего человека вылечить от бешенства невозможно. Скрытый (инкубационный) период болезни тянется от 8 дней до года. Поэтому при любом укусе животного необходимо обращаться к врачу.

В 1981 г. в Сан-Франциско (США) были обнаружены люди, больные необычными формами воспаления легких и опухолей. Заболевание заканчивалось смертью. Как выяснилось, у этих больных был резко ослаблен иммунитет (защитные свойства) организма. Эти люди стали погибать от микробов, которые вызывают в обычных условиях лишь легкое недомогание. Болезнь назвали СПИД – синдром приобретенного иммунодефицита.

Вирусы СПИДа были одновременно открыты в 1983 г. биологами во Франции и США. Установлено, что вирус СПИДа передается при переливании крови нестерильными шприцами, половым путем, а

также при вскармливании ребенка грудным молоком.

Первые полгода-год, а иногда и в течение нескольких лет после заражения у человека не заметно никаких признаков болезни, но он является источником вируса и может заразить окружающих. До сих пор лекарства против СПИДа не найдено. СПИД называют «чумой XX в.».

Эпидемия гриппа описана Гиппократом еще в 412 г. до н. э.

В XX в. были отмечены 3 пандемии гриппа. В январе 1918 г. в Испании появились сообщения об эпидемии гриппа, получившей название «испанка». «Испанка» обошла весь мир, заразив около 1,5 млрд. людей, миновала лишь несколько затерянных в океане островков и унесла 20 млн. жизней – больше, чем Первая мировая война.

В 1957 г. около 1 млрд. людей заболели «азиатским гриппом», погибло более 1 млн. человек. В 1968-1969 г. на планете Земля свирепствовал «гонконгский грипп».

Число эпидемий гриппа, как ни странно, с каждым столетием возрастает. В XV в. было 4 эпидемии, в XVII в. – 7, в XIX в. – уже 45!

Почему до сих пор нет надежных прививок против гриппа? Оказывается, что вирус гриппа очень быстро изменяется. Не успели врачи сделать вакцину против одной формы гриппа, как возбудитель болезни появляется уже в новом облике.

Риккетсии (от имени американского ученого Ricketts) – мелкие болезнетворные бактерии, размножаются в клетках хозяина (так же, как вирусы). Возбуждают риккетсиозы (сыпной тиф, ку-лихорадку и др.) у человека и животных.

Риккетсиоз, то же, что ку-лихорадка. Ку-лихорадка (риккетсиоз Q) – острая инфекционная болезнь человека и животных, вызываемая риккетсиями. Признаки заболевания: головная боль, слабость, бессонница, боль в мышцах. У животных протекает бессимптомно. Человек заражается от животных.

Спирохеты – микроорганизмы, клетки которых имеют форму тонких извитых нитей. Обитают в почве, стоячих и сточных водах. Патогенные спирохеты – возбудители сифилиса, возвратного тифа, лептоспироза и др. болезней. Спирохетозы, заболевания человека и животных, вызываемые патогенными спирохетами.

Актиномицеты, микроорганизмы с чертами организации бактерий и простейших грибов. Распространены в почве, водоемах, воздухе. Некоторые виды являются патогенными, вызывают такие болезни, как актиномикоз, туберкулез, дифтерию и пр. Некоторые актиномицеты образуют антибиотики, витамины, пигменты и т. п. Используются в микробиологической промышленности.

РОСТ И РАЗМНОЖЕНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ

Как и все живое, одноклеточные микроорганизмы растут. Достигнув определенной величины, клетка перестает расти. Под микроскопом можно наблюдать, как в определенный момент она делится на две части, которые становятся самостоятельными организмами. Так из одной материнской клетки появляются две дочерние. Вырастая, они тоже делятся, образуя четыре клетки, потом восемь, шестнадцать и т. д. в геометрической прогрессии.

Первым ученым, увидевшим под микроскопом, как микроб делится пополам, был Л. Спаланцани (1729-1799). Было это в 1776 г. Время от возникновения клетки до ее деления называется временем генерации. В природе наблюдается определенная закономерность: чем мельче организм, тем скорее появляется у него потомство. Так, время генерации кишечной палочки *Escherichia coli* и возбудителя холеры *Vibrio cholerae* составляет всего 20 мин. Пользуясь формулами геометрической прогрессии:

$$a_n = a_1 q^{n-1} \text{ и } S_n = \frac{a_n q - a}{q - 1},$$

где a_1 и a_n – соответственно первый и любой члены прогрессии, q – знаменатель прогрессии; n – номер взятого члена; S_n – сумма первых n -членов, можно подсчитать количество образующихся бактерий за определенное время. Подсчеты показывают, что уже через сутки из одной бактерии образуется нереально большое количество клеток. Следовательно, процесс размножения микробов ограничен определенными условиями. Французский ученый Ж. Моно исследовал рост бактерий и установил следующую закономерность. В первое время бактерии приспосабливаются к среде и размножаются очень медленно. Этот период называют *лаг-фазой*. Затем следует фаза быстрого размножения по логарифмическому закону (лог-фаза), после чего наступает стационарная фаза, когда среда обогащается продуктами жизнедеятельности бактерий, тормозящими процесс размножения и,

наконец, бактерии начинают отмирать (фаза отмирания) (см. рис. 25).

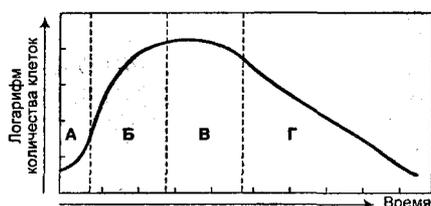


Рис. 25
Кривая роста
бактерий

Причиной гибели бактерий являются неблагоприятные условия среды:

1) Обычно микроорганизмы нормально живут при температуре 0-90°C. Для некоторых видов этот предел гораздо шире: от -270 до +400°C.

2) Прямые лучи солнца для большинства бактерий губительны.

3) Микроорганизмы жизнеспособны в условиях очень низкого давления (всего 5 мм. рт. ст.) и очень высокого (более 5 атм.).

4) На жизнеспособность микроорганизмов влияет реакция среды pH. Наиболее благоприятна нейтральная (pH = 7) или щелочная (pH > 7) среда.

Субстратами (носителями) биологических опасностей могут быть элементы среды обитания (воздух, вода, почва), растения, животные, люди, оборудование, инструменты, сырье, перерабатываемые материалы и т. п.

Бактерии живут в воде, в том числе и в горячих источниках, во льдах, в воздухе на различной высоте от земли. Особенно много бактерий в почвах. В одном грамме пахотной почвы находится от 1 до 20 млрд. микробов. Микробы сопровождают человека всю жизнь. Без микробов жизнь невозможна. Но патогенные микробы для человека опасны. Поэтому человек настойчиво ищет способы защиты от патогенных микробов. Еще Спалланцани доказал, что при длительном кипячении жидкостей находящиеся в них микробы погибают. Немецкий ученый Шванн установил, что высокая температура убивает и микробы, находящиеся в воздухе. Физик Тиндаль доказал, что микробы в жидкостях гибнут после нескольких повторных кипячений. Повторное кратковременное нагревание жидкости до точки кипения, предложенное Тиндалем, называют *тиндализацией*. Все методы уничтожения микробов под воздействием высокой температуры имеют общее название – стерилизация. Частичная стерилизация молока нагреванием до 60°C в течение 30 мин называется *пастеризацией*.

Для улавливания микробов из жидкостей и газов применяют специальные фильтры, которые имеют очень мелкие поры.

Микроорганизмы не бессмертны. Размножение их неограничено. Многие клетки гибнут, не дожив до деления. Микробы враждуют между собой (антагонизм). Микробы гибнут от солнечного света, ультрафиолета. Некоторые микробы питаются отмершими частями растений. Это сапрофиты. Другие нападают на живые организмы. Это паразиты.

Болезнетворные микробы выделяют ферменты, которые нарушают нормальное состояние человека.

Бактерициды – химические вещества, убивающие бактерии.

Бактериостаз – временная остановка размножения бактерий под воздействием различных веществ (в том числе лекарств).

Бактериоуловители – приспособления для отбора проб воздуха с целью определения степени и характера бактериального загрязнения.

Бактерионосительство и *вирусоносительство* – пребывание возбудителей инфекционных болезней в организме человека или животного при отсутствии признаков заболевания.

БАКТЕРИОЛОГИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ

Принцип нормирования бактериологических загрязнений может быть реализован на практике на основе прямых и косвенных показателей.

Прямые методы, заключаются в установлении зависимости между фактом заболевания и находкой соответствующих патогенных микробов. Однако в силу длительного инкубационного периода и сравнительно малой частотой заболеваний прямые методы признаны недостаточно надежными.

В связи с этим стали применяться *косвенные показатели* бактериального нормирования качества воды. Одним из первых косвенных показателей опасного для здоровья бактериального загрязнения воды было предложено считать общее количество бактерий, выращиваемых на питательной среде из 1

мл неразбавленной воды. При решении вопроса о том, какое количество осевших в воде бактерий можно считать безопасным, была выбрана рекомендация Р. Коха, сделанная им на основании изучения холерной эпидемии в Гамбурге в 1892 г. Сопоставляя качество питьевой воды, которой снабжалось население Гамбурга, с качеством воды соседнего города Альтона, который оставался свободным от эпидемии холеры, Р. Кох отметил, что очистка воды на фильтрах г. Альтона до содержания в ней не более 100 микробов в 1 мл обеспечивала населению безопасность во время холерной эпидемии.

В 1914 г. в *первом стандарте качества питьевой воды в США* показатель не более 100 бактерий в 1 мл был использован в качестве норматива допустимого общего бактериального загрязнения. Вторым раз в мировой практике это было сделано в СССР в 1937 г. В дальнейшем этот показатель был принят в стандартах почти всех европейских стран.

Вторым косвенным показателем является количество кишечных палочек. Исследованиями ученых было доказано, что кишечная палочка может служить санитарно-показательным микроорганизмом.

В 1937 г. был принят временный стандарт качества воды, подаваемой в водопроводную сеть, согласно которому количество кишечных палочек в 1 л воды должно быть не более 3, или коли-титр не менее 300. Этот норматив проверен многолетней практикой централизованного водоснабжения в СССР. Соблюдение этого норматива создает необходимую степень безопасности в отношении инфекций, которые могут распространяться водным путем. Было доказано, что когда количество кишечных палочек приближается к 3 в 1 л, достигается отсутствие в воде жизнеспособных и вирулентных (болезнетворных) микроорганизмов.

В человеческом организме находятся самые разнообразные микроорганизмы. Одни безвредны, другие даже полезны. Болезнетворные микробы отличаются тем, что выделяют ферменты, которые разлагают кровяные тельца, мышцы, слизистые оболочки, нарушая тем самым нормальное состояние организма. Особую группу образуют болезнетворные микробы, выделяющие сильнодействующие яды (токсины), отравляющие пораженный организм. Разрушающее действие на организм человека оказывают также агг्रेसины, содержащиеся в бактериях.

Микробы проникают в организм человека в основном тремя путями: *через дыхательные органы, пищеварительный тракт и кожу.*

Заражение через дыхательные пути называется *капельной инфекцией.*

Переносчиками болезнетворных микробов являются животные, насекомые.

Местом размножения микробов, вырабатывающих токсины, могут быть продукты питания. *Clostridium botulinum* размножается в мясной пище и выделяет ботулинический токсин, очень сильный яд. Болезнетворные микробы сохраняют жизнеспособность в воде очень долго. Но человек не может долго обходиться без воды. Отсюда постоянная угроза инфекции. Сильная эпидемия холеры разразилась в Петербурге в 1908-1909 гг. Причина – попадание сточных вод из канала в водопроводную сеть.

Человек имеет хорошую естественную защиту от болезнетворных микробов. Первая линия обороны – наша кожа. Но малейшая ранка открывает доступ микробам в организм. В носовой полости микроорганизмы задерживаются мелкими волосиками. В ротовой полости бактерии задерживаются слюной, в которой находится бактерицидное вещество, известное под названием *лизоцим*. Лизоцим имеется в слезах. Это установил А. Флеминг. В 1965 г. биохимики определили состав лизоцима, в молекуле которого находится 129 различных аминокислотных остатков. Лизоцим растворяет клеточные стенки ряда бактерий, уничтожает бактерии. Но если микробам все-таки удастся проникнуть в организм, то их ждет кислая среда желудка, уничтожающая большую часть микроорганизмов. Некоторые микробы все-таки проникают в кишечник. Здесь их ждет очередное препятствие. И. И. Мечников в 1883 г. показал, что белые кровяные тельца (лейкоциты) способны активно захватывать и поглощать проникшие в организм инородные микробы. Это явление Мечников назвал фагоцитозом, а белые кровяные тельца – фагоцитами. На основании этих фактов разработана *фагоцитарная теория иммунитета.*

Иммунитет бывает приобретенный и *естественный, или врожденный.*

В 1796 году английский врач Э. Дженнер открыл метод предохранительных прививок, который он назвал вакцинацией, а материал для прививок вакциной (от лат. *vaccus* – корова).

Невосприимчивость к инфекциям, создаваемая искусственным путем, называется иммунизацией. Иммунизация сывороткой является пассивной, вакциной – активной.

В борьбе с микробами большое значение имеет гигиена. Пот, пыль, грязь – хорошая питательная среда для микроорганизмов.

Эффективным средством борьбы с микробами является *дезинфекция*. В качестве дезинфицирующих средств применяются: настойка йода, ультрафиолетовые лучи, хлор и др. Дезинфекция является непосредственным средством борьбы с микробами.

Дезинсекция и дератизация направлены против переносчиков микробов.

Дезинсекция – средство борьбы с насекомыми. Препараты, применяемые при дезинсекции, называются инсектициды. Их много. Все они имеют в качестве составной части хлор.

Борьба с грызунами называется *дератизацией*. При этом применяют химические, механические и биологические средства.

ГОСТ 12.1.008-76 «Биологическая безопасность» обязывает принимать соответствующие меры при работе с биологическими объектами, чтобы предупредить возникновение у работающих заболевания, состояния носительства, интоксикации, сенсibilизации и травм, вызываемых микроорганизмами.

6.2. ГРИБЫ

Грибы – обособленная группа низших растений, лишенных хлорофилла и питающихся готовыми органическими веществами. Грибы выделяют в особое царство органического мира. Существует свыше 100 тыс. видов грибов. От бактерий грибы отличает наличие ядра в клетке.

Патогенные грибы вызывают болезни растений, животных и человека.

Наука о грибах – **микология**.

Микозы (от греч. *mykes* – гриб) – болезни человека и животных, вызываемые паразитическими грибами. Токсические грибы вызывают пищевые отравления человека и животных, называемые **микотоксикозами**.

Грибы имеют 3 формы размножения: вегетативное, бесполое и половое.

Остановимся на некоторых грибах. Самый ядовитый гриб на свете – *бледная поганка*. Яд бледной поганки не разрушается ни при кипячении, ни при жарении, ни при обработке каким-либо иным способом. Этот гриб представляет собой смертельную опасность для человека. Человек может отравиться *красным мухомором*, но смертельные исходы редки. Почти каждый съедобный гриб имеет своего несъедобного или ядовитого двойника. Это представляет опасность для неопытного грибника.

На жизнь людей уже много столетий оказывают влияние *грибы – паразиты растений*. Ежегодно человечество теряет из-за этих грибов около пятой части мирового урожая растений.

Паразитический гриб фитофтора поражает картофель, обрекая население на голод. Так, например, страшный неурожай картофеля обрушился на Ирландию в 1845 году.

Опасен гриб-паразит спорынья. Он растет на колосьях ржи. Содержит знаменитый и очень опасный наркотик ЛСД. У человека вызывает тяжелое заболевание – «антонов огонь».

6.3. РАСТЕНИЯ

Еще в древности люди подметили, что некоторые растения обладают как лечебными, так и ядовитыми свойствами. Как утверждал Парацельс, только одна доза делает вещество ядом или лекарством.

Чилибиха. Туземцы Южной Америки смазывали свои стрелы ядом кураре. Его получали из растений семейства логаниевых, содержащих стрихнин. Попадая в кровь, стрихнин вызывает паралич спинного мозга и смерть. Наиболее известный представитель этого семейства – чилибиха (рвотный орех), растущая в тропиках. Это небольшое дерево высотой не более 15м. Но кураре используют и в лечебных целях, например при укусах змей. Введение кураре в организм в качестве лекарства называется кураризацией.

Анчар. В Южной Азии растет анчар ядовитый. Млечный сок его ядовит, но не смертелен.

Такие растения, как наперстянки, олеандр, кокаиновый лист, ядовиты, и в то же время из них получают лекарства.

Белена. Плоды белены черной представляют опасность. Они содержат алкалоиды, вызывающие помутнение рассудка. Отсюда выражение «белены объелся».

Табак. Появление в XV в. табака в Европе связывают с именем француза Жана Нико, который якобы привез семена этого растения с острова Тобаго. Отсюда происходит латинское название табака – *Nicotiana tabacum*. В табаке присутствует ядовитый алкалоид никотин. Смертельная доза никотина содержится примерно в 20 папиросах, но так как она поступает в организм постепенно, смерть курильщика не наступает. Никотин очень быстро разносится по организму курящего. В мозг он

попадает через 5-7 с после первой затяжки. Смола, образующаяся при сгорании табака, может стать причиной образования опухолей. Среди курящих рак легких встречается в несколько раз чаще, чем среди некурящих. Один из английских королей так охарактеризовал курение: «обычай, отвратительный для глаз, ненавистный для носа, вредный для груди, опасный для легких». Гете заметил: «Образованный человек не курит». Было время, когда в России за курение наказывали плетью. Существовал обычай нюхать и жевать табак. Из Америки в Европу завезены многие культуры – картофель, томаты, подсолнечник и др. Табак – самое ненужное из них. Правда, табачную пыль используют с пользой в сельском хозяйстве для борьбы с вредными насекомыми.

Конопля. Из смолистых выделений конопли получают опасные наркотики, известные как гашиш, марихуана, анаша, употребление которых приводит к развитию тяжелейшего заболевания – наркомании.

Крапива. Весной зеленые щи из молодой крапивы помогают восполнить образовавшийся за зиму недостаток витаминов в организме. Листья крапивы усажены волосками с едким соком. Волоски пропитаны кремнеземом и очень хрупки. При малейшем прикосновении головки волосков обламываются, едкий сок попадает в ранки, вызывая ожоги и раздражение кожи.

Мак. Человек начал разводить мак ради съедобных семян, в которых более 50% отличного масла. Но уже в древности люди делали надрезы на незрелых коробочках мака, из которых выступал белый сок (опий, или опиум). Засохший сок соскребали и получали горький коричневый порошок – опий (опиум). С давних пор, к сожалению, опий используют не только как лекарство, но и как наркотик. Курение опиума унесло тысячи жизней курильщиков и даже послужило причиной опиумных войн. Сейчас посев опиумных сортов мака запрещен решением ООН.

В огромном мире растений, кроме растений, представляющих потенциальную опасность для человека, есть *растения-хищники* и *растения-паразиты*. Существуют даже легенды о растениях-людоедах. Герберт Уэллс на основе этих легенд написал рассказ «Страшная орхидея».

Существует ряд садовых растений, которые ядовиты или настолько токсичны, что вызывают отравление. Большая часть пострадавших – дети, чьи родители часто не знакомы со свойствами тех или иных растений и потому не могут предостеречь детей от опасности.

Дурман. Все части этого растения содержат алкалоид с наркотическим эффектом: лучше выдернуть его с корнем, благо его легко отличить по большим воронкообразным цветкам.

Клецевина. Семена этого кустарника в крапинку белого и коричневого цвета так красивы, что могут использоваться для ожерелья, пояса и т. д. Однако достаточно пожевать одно семечко, чтобы получить смертельное отравление.

Олеандр. Ветки, листья и цветы этого растения содержат смертельный яд.

Белладонна (сонная дурь). Содержит соланин – очень ядовитый даже в небольшом количестве.

Картофель. Кроме клубня, все остальные части, особенно ростки (побеги, семена) ядовиты из-за содержания соланина.

Ревень. Некоторые части этого растения содержат щавелевую кислоту, которая может вызвать нарушение работы почек.

Бузина. Неспелые ягоды, ветки, листья вызывают тошноту, рвоту и понос. Из спелых ягод можно делать варенье, а высушенные цветы используют для приготовления отвара.

Дигиталис (наперстянка). Из этого растения добывается вещество для лечения сердечно-сосудистых заболеваний. Цветки, листья и семена могут вызывать отравление и нарушение работы сердца.

Ландыш. Обладает теми же свойствами и имеет те же эффекты, что и дигиталис.

Плющ, волчья ягода, лавр, рододендрон, азалия – растения частично ядовитые.

6.4. ЖИВОТНЫЕ

Рассмотрим некоторых животных, которые представляют потенциальную опасность для человека.

Медузы. Мрачный факт. На морском побережье Австралии в 1880 г. медуза морская оса стала причиной гибели 60 человек. Ее яд мгновенно парализует сердечную мышцу. Ядовита также и черноморская медуза корнерот, хотя и не смертельна.

Скорпионы. Зловещая слава скорпиона связана с его ядовитостью. Для мелких зверьков укус скорпиона смертелен. Для человека укол скорпионьего жала очень болезнен (возникает опухоль, озноб, повышается температура), но жизни не угрожает. Достоверно известно лишь несколько случаев гибели детей, укушенных крупными тропическими скорпионами.

Пауки. Паук каракурт (в переводе «черная смерть»), длиной чуть больше одного сантиметра, один из самых опасных. Смертность от его укусов около 4%. Укус каракурта вызывает психическое возбуждение укушенного, боли во всем теле, нарушение работы сердца и затрудненное дыхание. Специальная противокаракуртовая сыворотка не всегда доступна. В полевых условиях рекомендуется сразу после укуса прижигать ранку спичкой. Яд паука при нагревании разрушается.

Другие опасные пауки (например, тарантул) серьезной угрозы для человека не представляют, хотя укус их болезнен.

Клещи. Мало кто испытывает симпатию к этим маленьким существам. Ведь они питаются кровью крупных зверей и человека. Присосавшегося клеща нельзя вытаскивать. Его головка останется в коже и вызовет воспаление, более опасное, чем сам укус. Лучше обильно смочить клеща спиртом или одеколоном, и клещ сам отпадет. Весьма зловредны крошечные чесоточные клещи, вызывающие болезнь чесотку.

Главный вред клещей – не в их укусах, а в переносимых ими болезнях, например клещевом энцефалите. Надежной защитой от этой болезни являются прививки.

Саранча. Опасна тем, что уничтожает урожай, всю растительность, обрекая на голод весь животный мир и человека.

Акулы и скаты. По разным оценкам специалистов насчитывается от 250 до 350 видов акул. Вот несколько представителей акульевого племени.

Большая белая акула, или кархародон, имеет репутацию людоеда. Свою жертву она часто проглатывает целиком.

Мако – близкая родственница кархародона, чуть меньше ее, но не уступает ей в кровожадности. Нападает не только на пловцов, но атакует и лодки.

Тигровая – наиболее часто встречающаяся акула тропических вод. При длине 9 м и привычке плавать на мелководье она представляет серьезную опасность для пловцов. Поедает тигровая акула и своих сородичей.

Акулу-молот не спутаешь ни с какой другой из-за своеобразной формы головы. Она пользуется дурной славой хищника и людоеда.

Китовая акула – самая большая рыба в мире. Ее длина достигает 12 м, а вес – 15 т. Как ни странно, китовая акула и гигантская акула, немного уступающая ей по размерам, самые мирные из акул.

Акула видит мир в черно-белом изображении и плохо слышит. На голове у акулы есть дополнительный орган – так называемые клетки Лоренцини, с помощью которых она ощущает изменение давления, электромагнитной проницаемости и температуры.

По официальной статистике, от акул ежегодно погибает 35 человек. Акулы иногда нападают на человека не только в открытом море, но и на глубине 1–1,5 м, недалеко от берега.

Поведение акул непредсказуемо. Иногда люди находятся долго в открытом море, кишасщем акулами, и те их не трогают. Жак-Ив Кусто, более ста раз встречавшийся с акулами, свидетельствует, что никогда нельзя предсказать, что сделает акула. Во время Второй мировой войны в Тихом океане погибли более тысячи моряков. Транспорт торпедировали ночью, а утром прибывшие спасательные корабли обнаружили на воде множество трупов в спасательных жилетах. Все тела были без ног. Ф. Рузвельт в 1942 г. распорядился начать разработку средств, отпугивающих акул. Препарат, получивший громкое название «истребитель акул», входил в спасательный комплект американских военнослужащих. Как показала практика, аппарат оказался ненадежным. Окончательное решение пока не найдено. Жак-Ив Кусто предложил для защиты от акул оригинальное устройство – *акулоубежище*. Это металлическая клетка, в которой ныряльщик опускается под воду. Эффективным коллективным средством защиты от акул оказались сети, расставленные в море недалеко от пляжей.

Скатов в шутку называют расплюснутыми акулами. Для человека представляют опасность скаты-хвостоколы, манты, рыба-пила.

Пирании. Это небольшие, до 30 см в длину, рыбки, живущие в реках и озерах Южной Америки. Пирании нападают на все живое, оказавшееся в пределах их досягаемости: крупных рыб, домашних и диких животных, человека. Аллигатор – и тот старается избегать встречи с ними. Стая пираний способна в считанные минуты обглодать быка, оставив лишь голый скелет.

Пастухи, перегоняющие скот через реки, где водятся пирании, вынуждены отдавать им на растерзание одно из животных. Пока пирании расправляются с несчастной жертвой, стадо благополучно переходит на противоположный берег.

19 сентября 1981 г. более 300 человек были съедены пираниями у бразильского порта Обидус. Люди

оказались в воде в результате аварии пассажирского судна.

Электрические рыбы. К ним относятся около 30 видов электрических скатов, электрический угорь, электрический сом. Характерной особенностью этих животных является наличие у них электрических органов.

Электрические органы – это видоизмененные мышцы. Напряжение электрических зарядов достигает 220 В, а у электрических угрей – даже 600 В. Как известно, такое напряжение опасно для человека.

Земноводные. В джунглях Южной Америки живет лягушка кокои. Это маленькое существо, помещающееся в чайной ложке. Ее яд в тысячи раз сильнее цианистого калия и в 35 раз сильнее яда среднеазиатской кобры. Яда одной лягушки хватило бы для умерщвления 1500 человек. Это самый сильный яд из известных животных ядов. Через кожу он не проникает, но любая царапина может привести к беде.

Ядовитые ящерицы – ядозубы, или хелодермы, обладают сильнодействующим ядом, от которого быстро погибают мелкие животные. Опасен яд и для человека. Из нескольких десятков укушенных хелодермами людей около трети погибли.

Змеи. Самой ядовитой змеей на Земле долгое время считался австралийский тайпан. Все известные случаи укуса человека тайпаном заканчивались гибелью укушенного.

По новым исследованиям более ядовитыми считаются тигровые и морские змеи.

По некоторым данным удавы и питоны опасны для человека. Однако сведения эти носят сомнительный характер.

Гюрза – большая гадюка, длиной до 2 м. Ее укус может быть смертелен для человека.

Королевская кобра, или гамадриад, самая длинная ядовитая змея на Земле. Рекордная длина составляет 5,7 м. Укушенный ею человек может умереть очень быстро, всего через полчаса после укуса.

Интересны плюющиеся кобры Африки. Плюются они ядом, вылетающим тонкими струйками из зубов под давлением мышц. Дальность плевка – 2-3 м, заряд – до 4 мг яда, плевки очень меткие. Подряд кобра может сделать до 30 плевков.

Мамбы – змеи Африки. Были случаи смерти людей через 20 мин после укуса.

Змей очень много. Лишь небольшая часть из них является ядовитой. Укусить могут только защищаясь. Яд змеи действует только при попадании в кровь. Змеиный яд используется в медицине. Сейчас существуют специальные *змеепитомники* (серпентарии), где у змей получают яд.

Крокодилы. Среди крокодилов выделяют 3 семейства: аллигаторов, настоящих крокодилов и гавиалов. Крокодилы могут напасть внезапно. Поэтому находиться человеку в непосредственной близости от крокодила очень опасно.

Млекопитающие (звери). Единственными ядоноскими зверями на нашей планете считают ехидн и утконосов.

Хищники – львы, гиены, тигры, леопарды и другие – при определенных условиях могут представлять опасность для человека.

ТЕХНОГЕННЫЕ ОПАСНОСТИ

7

*...Когда состав на скользком склоне
Вдруг изогнулся страшным креном,
Когда состав на скользком склоне
От рельс колеса оторвал...
Нечеловеческая сила,
В одной давилне всех калеча,
Нечеловеческая сила
Земное сбросила с земли.*

А. Кочетков

*Быть может, эти электроны –
Миры, где пять материков,
Искусства, знания, войны, троны
И память сорока веков!
Еще, быть может, каждый атом –
Вселенная, где сто планет.
Там все, что здесь, в объеме сжатом,*

7.1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

К техногенным относятся опасности, возникающие в процессе функционирования технических объектов по причинам, непосредственно не связанным с деятельностью человека, обслуживающего эти объекты.

Иначе говоря, техногенными называются опасности, связанные непосредственно с природой механизмов, машин, сооружений, технических устройств.

В профилактическом отношении чрезвычайно важно различать антропогенные и техногенные опасности. Характерным примером для иллюстрации этих различий являются автомобили и дорожно-транспортные происшествия. Не следует также отождествлять антропогенные и техногенные воздействия на окружающую среду.

Техногенные опасности следует предупреждать соответствующими мероприятиями, направленными на совершенствование техники. Антропогенные опасности должны устраняться мероприятиями, направленными на человека.

Техногенные опасности по воздействию на человека могут быть весьма разнообразными, а именно: механическими, физическими, химическими, психофизиологическими и т. д.

7.2. ДВИЖУЩИЕСЯ ТЕЛА

Под механическими опасностями понимаются такие нежелательные воздействия на человека, происхождение которых обусловлено силами гравитации или кинетической энергией тел.

Механические опасности создаются падающими, движущимися, вращающимися объектами природного и искусственного происхождения. Например, механическими опасностями естественного свойства являются обвалы и камнепады в горах, снежные лавины, сели, град и др.

Носителями механических опасностей искусственного происхождения являются машины и механизмы, различное оборудование, транспорт, здания и сооружения и многие другие объекты, воздействующие в силу разных обстоятельств на человека своей массой, кинетической энергией или другими свойствами.

В результате действия механических опасностей возможны телесные повреждения различной тяжести. Согласно статистике ежедневно в России в результате дорожно-транспортных происшествий погибают около 100 человек и значительно больше получают травмы. Это больше, чем от других опасностей, вместе взятых.

Величину механических опасностей можно оценить по-разному. Например, количеством движения mv , кинетической энергией $0,5 mv^2$, запасенной энергией mgh (m , v – масса и скорость тела соответственно, h – высота, g – ускорение свободного падения).

Объекты, представляющие механическую опасность, можно разделить по наличию энергии на два класса: *энергетические* и *потенциальные*. Энергетические объекты воздействуют на человека, так как имеют тот или иной энергетический потенциал. Потенциальные механические опасности лишены энергии. Травмирование в этом случае может произойти за счет энергии самого человека. Например, колющие, режущие предметы (торчащие гвозди, заусенцы, лезвия и т. п.) представляют опасность при случайном контакте человека с ними. К потенциальным опасностям относятся и такие опасности, как неровные и скользкие поверхности, по которым передвигается человек, высота возможного падения, открытые люки и др. Перечисленные безэнергетические опасности являются причиной многочисленных травм (переломов, вывихов, сотрясений головного мозга, падений, ушибов).

Механические опасности распространены во всех видах деятельности людей всех возрастных групп: среди детей, школьников, домохозяек, людей старшего возраста в спортивных играх, бытовой и производственной деятельности.

Защита от механических опасностей осуществляется разными способами, характер которых зависит от конкретных условий деятельности. Хорошо разработаны также способы оказания доврачебной помощи и лечения последствий механических опасностей.

7.3. МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ

К механическим колебаниям относятся: *вибрация, шум, инфразвук, ультразвук.*

Общим свойством этих физических процессов является то, что они связаны с переносом энергии. При определенной величине и частоте эта энергия может оказывать неблагоприятное воздействие на человека: вызывать различные заболевания, создавать дополнительные опасности. Поэтому необходимо изучить свойства этих опасных явлений, уметь измерить параметры колебаний и знать методы защиты от них.

ВИБРАЦИЯ

Вибрацией называются механические колебания, испытываемые каким-то телом. Причиной вибрации являются неуравновешенные силовые воздействия. Вибрация находит полезное применение в медицине (вибромассаж) и в технике (вибраторы). Однако длительное воздействие вибрации на человека является опасным. Опасна вибрация при определенных условиях и для машин и механизмов, так как может вызвать их разрушение.

Различают *общую и локальную (местную)* вибрации.

Общая вибрация вызывает сотрясение всего организма, местная воздействует на отдельные части тела. Иногда работающий может одновременно подвергаться общей и местной вибрации (комбинированная вибрация). Вибрация нарушает деятельность сердечно-сосудистой и нервной систем, вызывает вибрационную болезнь. Особенно опасна вибрация на резонансных или околорезонансных частотах (6–9 Гц).

Основными параметрами, характеризующими вибрацию, являются: амплитуда смещения, то есть величина наибольшего отклонения колеблющейся точки от положения равновесия; амплитуда колебательной скорости и колебательного ускорения; период колебаний T – время между двумя последовательным одинаковыми состояниями системы; частота f , связанная с периодом известным соотношением:

$$f = 1/T.$$

В силу специфических свойств органов чувств человека для характеристики вибрации используют средне-квадратические скорости $\bar{V}^2 = V^2_{\text{ср}}$.

Абсолютные значения параметров вибрации изменяются в широких пределах. Поэтому удобнее пользоваться уровнем параметров. Уровень параметра – это десятикратный логарифм отношения абсолютной величины параметра к некоторой величине, принятой за начало отсчета (порог, опорное значение). Измеряются уровни в децибелах (дБ).

Уровень колебательной скорости определяется по формуле:

$$L_v = 10 \lg (\bar{V}^2 / (\bar{V}_0^2)) = 20 \lg (V_{\text{ср}} / (V_0)) \text{ дБ},$$

где V_0 – опорное значение колебательной скорости (м/с), выбранное международным соглашением, равно $V_0 = 5 \times 10^{-8}$.

Уровень L_v является основной характеристикой вибрации.

Спектры вибрации показывают зависимость между уровнями составляющих и частотой. Спектры бывают дискретные, сплошные и смешанные (рис. 26). Дискретный спектр характерен для периодического или квазипериодического колебательного процесса, сплошной – для случайного, смешанный – для их сочетания. Изображение сплошного спектра требует обязательной оговорки о ширине Δf элементарных частотных полос. Если f_1 – нижняя граничная частота данной полосы частот, f_2 – верхняя граничная частота, то в качестве частоты, характеризующей полосу в целом, берется среднегеометрическая частота:

$$f_{\text{ср}} = \sqrt{f_1 \cdot f_2}.$$

Анализ вибрации ведется в октавных полосах, при этом $f_1/f_2 = 2$, или в третьоктавных полосах, при этом

$$f_2 / f_1 = \sqrt[3]{2}, \text{ а } f_{\text{ср}} = \sqrt[6]{2} f_1$$

Среднегеометрические частоты октавных полос стандартизированы и находятся в пределах 1-2000 Гц.

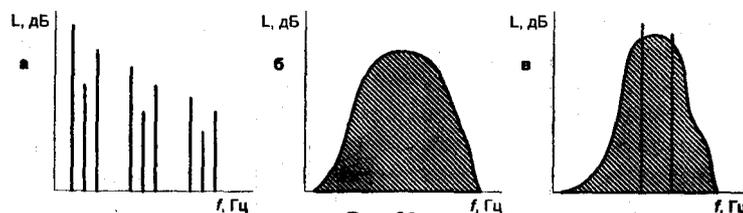


Рис. 26
Спектры вибрации

а — дискретный; б — сплошной; в — смешанный.

НОРМИРОВАНИЕ ВИБРАЦИИ

Различают санитарно-гигиеническое и техническое нормирование вибрации. Вибрация нормируется стандартами и другими правилами и нормами. Пример нормирования вибрации показан на рис. 27.

Для измерения вибраций используется аппаратура типа ИШВ, фирм RFT (Роботрон), «Брюль-Кьер».

ЗАЩИТА ОТ ВИБРАЦИИ

Существует несколько основных направлений борьбы с вибрацией.

Борьба с вибрацией в источнике ее возникновения предполагает конструирование и проектирование таких машин и технологических процессов, в которых исключены или снижены неуравновешенные силы, отсутствует ударное взаимодействие деталей, вместо подшипников качения используются подшипники скольжения. Применение специальных видов зацепления и чистоты поверхности шестерен позволяют снизить уровень вибрации на 3–4 дБ. Устранение дисбаланса вращающихся масс достигается балансировкой.

Отстройка от режима резонанса достигается либо изменением характеристик системы (массы и жесткости), либо изменением угловой скорости. Жесткостные характеристики системы изменяются введением в конструкцию ребер жесткости или изменением ее упругих характеристик.

Вибродемпфирование – это снижение вибрации объекта путем превращения ее энергии в другие виды (в конечном счете – в тепловую). Увеличения потерь энергии возможно достичь разными приемами: использованием материалов с большим внутренним трением; использованием пластмасс, дерева, резины; нанесением слоя упруго-вязких материалов, обладающих большими потерями на внутреннее трение (рубероид, фольга, мастики, пластиковые материалы и др.). Толщина покрытий берется равной 2-3 толщинам демпфируемого элемента конструкции. Хорошо демпфируют колебания смазочные масла.

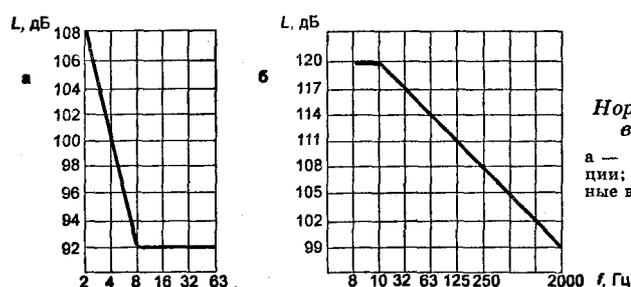


Рис. 27
Нормирование
вибраций
а — общие вибрации;
б — локальные
вибрации.

Виброгашение – это способ снижения вибрации путем введения в систему дополнительных реактивных импедансов (сопротивлений). Чаще всего для этого вибрирующие агрегаты устанавливают на массивные фундаменты. Одним из способов увеличения реактивного сопротивления является установка виброгасителей. Наибольшее распространение получили динамические гасители.

$$f_0 = 1/2\pi\sqrt{q/m} = f$$

В этом случае подбираются гасители с массой m и жесткостью q , собственная частота которых f_0 настроена на основную частоту f агрегата, имеющего массу M и жесткость Q (рис. 28).

Колебания виброгасителя в каждый момент времени находятся в противофазе с колебаниями агрегата.

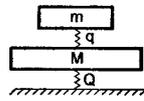


Рис. 28
Схема динамического гасителя

Другим типом виброгасителей являются буферные емкости, служащие для превращения пульсирующего потока газа в равномерный.

Виброизоляция – это способ уменьшения вибрации защищенного объекта посредством введения в систему упругой связи, препятствующей передаче вибрации от источника колебаний к основанию или смежным элементам конструкций. Эффективность виброизоляции оценивается коэффициентом передачи

$$КП = F_{осн} / F_{маш},$$

где $F_{осн}$ – сила, действующая на основание; $F_{маш}$ – возмущающая сила, создаваемая машиной.

Чем меньше КП, тем выше виброизоляции. Хорошая виброизоляция достигается при $КП = 1/8 \dots 1/15$. Коэффициенты передачи можно рассчитать по формуле:

$$КП = 1 / ((f/f_0)^2 - 1),$$

где f – частота возбуждающей силы; f_0 – собственная частота системы на изоляторах. Эффективность виброизоляции обычно оценивают в децибелах, пользуясь формулой:

$$\Delta L = 20 \lg 1/КП.$$

Примером виброзащиты могут служить также гибкие вставки в воздуховодах, «плавающие полы», виброизолирующие опоры (для изоляции машин с вертикальной возмущающей силой).

В промышленности находит применение активная виброзащита, которая предусматривает введение дополнительного источника энергии (сервомеханизма), с помощью которого осуществляется обратная связь от изолируемого объекта к системе виброизоляции. Для защиты от вибрации применяются специальные средства индивидуальной защиты (рукавицы, перчатки).

ШУМ

Всякий нежелательный звук принято называть шумом. Шум вреден для здоровья, снижает работоспособность, повышает уровень опасности. Поэтому необходимо предусматривать меры защиты от шума. А для этого необходимо обладать соответствующими знаниями.

Физические характеристики шума

Шум – это механические колебания, распространяющиеся в твердой, жидкой или газообразной среде. Частицы среды при этом колеблются относительно положения равновесия. Звук распространяется в воздухе со скоростью 344 м/с. Шум создается источником, который имеет определенную мощность P . Мощность, приходящаяся на единицу площади, перпендикулярной к направлению распространения звука, называется *интенсивностью звука* I . Если источник шума находится в сфере радиуса r , то средняя интенсивность звука на поверхности этой сферы равна $I_{cp} = P / 4\pi r^2$, Вт/м².

Давление P , возникающее в среде при прохождении звука, называется акустическим. Оно измеряется в Н/м² или Па. На слух действует квадрат звукового давления. Интенсивность звука I связана со звуковым давлением P зависимостью:

$$I = \frac{P^2}{\rho c},$$

где ρ – удельная плотность среды; c – скорость звука в среде.

Абсолютные значения интенсивности и давления меняются в широких пределах. Пользоваться абсолютными значениями этих характеристик шума неудобно. Кроме того, ощущения человека пропорциональны логарифму раздражителя (закон Вебера-Фехнера). Поэтому введены особые показатели, называемые уровнями, которые выражаются в децибелах (дБ). Уровень интенсивности

шума определяется по формуле:

$$L_i = 10 \lg \frac{I}{I_0}, \text{ дБ},$$

где I_0 – интенсивность, соответствующая порогу слышимости, $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м².

Уровень звукового давления равен:

$$L_p = 10 \lg \frac{P^2}{P_0^2} = 20 \lg \frac{P}{P_0}, \text{ дБ},$$

где $P_0 = 2 \times 10^{-5}$ Н/м² = Па – давление порога слышимости.

Слуховой аппарат человека наиболее чувствителен к звукам высокой частоты. Поэтому для оценки шума необходимо знать его частоту, которая измеряется в герцах (Гц), то есть числом колебаний в секунду. Ухо человека воспринимает звуковые колебания в пределах 16-20 000 Гц. Ниже 16 Гц и выше 20 000 Гц находятся соответственно области неслышимых человеком инфразвуков и ультразвуков. Зависимость уровней от частоты называется спектром шума. Спектры шума (как и вибрации) бывают дискретными, сплошными и смешанными. У сплошных спектров интервалы между частотными составляющими бесконечно малы.

В практике борьбы с шумом используются октавные полосы, то есть $f_2/f_1=2$. Используется такой ряд среднегеометрических частот октавных полос: 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. Спектры представляются в виде таблиц или графиков.

Субъективное восприятие шума оценивается по кривым равной громкости.

Если необходимо найти общий уровень шума нескольких источников, то складываются интенсивности, но не уровни. Общий уровень шума L нескольких одинаковых источников n с уровнем L_i , равен: $L = L_i + 10 \lg n$, дБ.

Источники шума могут излучать энергию по направлениям неравномерно. Эта неравномерность характеризуется коэффициентом Φ , который равен

$$\Phi = I / I_{cp} = P^2 / P_{cp}^2.$$

В знаменателе средние значения интенсивности и давления, если бы энергия излучалась в сферу. Направленность характеризуют показателем направленности ПН:

$$\text{ПН} = 10 \lg \Phi = 20 \lg (P / P_{cp}) = L - L_{cp}.$$

Уровни звукового давления, создаваемые одной и той же машиной, могут существенно отличаться в зависимости от условий установки: в помещении, на открытом воздухе. Но звуковая мощность остается неизменной. Уровень звуковой мощности $L_p = 10 \lg P/P_0$, дБ, где P_0 – пороговая мощность, равная 10^{-12} Вт.

Установлены следующие *методы определения шумовых характеристик машин*:

- 1) метод свободного звукового поля;
- 2) метод отраженного звукового поля (реверберационные камеры);
- 3) метод образцового источника шума;
- 4) метод измерения шумовых характеристик на расстоянии 1 м от наружного контура машины.

Наиболее точны первые два метода.

Вредное воздействие шума зависит и от длительности нахождения человека в неблагоприятных в акустическом отношении условиях. Поэтому введено понятие дозы шума. Доза шума – D в Па² х ч – интегральная величина, учитывающая акустическую энергию, воздействующую на человека за определенный период времени, определяется по формуле:

$$D = \int_0^m P_A^2(t) dt .$$

Допустимая доза шума равна

$$D_{доп} = P_{a доп}^2 \times T_{p.д.},$$

где $P_{a\text{ доп}}$ – допустимое давление (по шкале А), Па; $T_{p.d.}$ – продолжительность действия шума, ч.

Нормирование шума

Нормирование может осуществляться несколькими методами:

- 1) по предельному спектру (ПС). ПС – это восемь нормативных уровней звукового давления на частотах от 31,5 до 8000 Гц (в октавных полосах);
- 2) нормирование уровня звука в дБА;
- 3) по дозе шума.

Методы борьбы с шумом

Задачами акустического расчета являются:

- 1) определение уровня звукового давления в расчетной точке, когда известен источник шума и его шумовые характеристики;
- 2) определение величины снижения шума;
- 3) разработка мероприятия по снижению шума до допустимой величины.

Для снижения шума могут быть применены следующие методы:

- 1) снижение шума в источнике;
- 2) изменение направленности излучения;
- 3) рациональная планировка предприятий и цехов, акустическая обработка помещений;
- 4) снижение шума на пути его распространения;
- 5) средства индивидуальной защиты от шума.

Измерение шума

Измерение шума проводят с целью определения уровней звуковых давлений на рабочих местах и соответствия их санитарным нормам, а также для разработки и оценки эффективности различных шумоглушающих мероприятий.

Основным прибором для измерения шума является шумомер. В шумомере звук, воспринимаемый микрофоном, преобразуется в электрические колебания, которые усиливаются и затем, пройдя через корректирующие фильтры и выпрямитель, регистрируются стрелочным прибором.

Диапазон измеряемых суммарных уровней шума обычно составляет 30–130 дБ при частотных границах 31,5–8000 Гц.

Шумомеры имеют переключатель, позволяющий вести измерения по трем шкалам: А, В, С (или линейной шкале).

В шумомерах используют электродинамические и конденсаторные микрофоны.

Для определения спектров шума шумомер подключают к фильтрам и анализаторам.

В ряде случаев шум записывается на магнитофон (через шумомер) и затем в лабораторных условиях анализируется.

Измерение шума на рабочих местах промышленных предприятий производят на уровне уха работающего при включении не менее 2/3 установленного оборудования.

В настоящее время для измерений шума используют отечественные шумомеры Ш-70, прибор ИШВ в комплекте с октавными фильтрами. Для анализа шума применяют спектрометр С34.

Из зарубежных приборов хорошие характеристики имеют акустические комплекты фирм «RFT» и «Брюль и Кьер».

Инфразвук

Неслышимая человеком область колебаний. Обычно верхней границей инфразвуковой области считают частоты 16–25 Гц. Нижняя граница инфразвука не определена.

Инфразвук возникает в атмосфере, в лесу, на море (так называемый голос моря). Источником инфразвука является гром, взрывы, орудийные выстрелы, землетрясения.

Для инфразвука характерно малое поглощение. Поэтому инфразвуковые волны в воздухе, воде и в земной коре могут распространяться на очень большие расстояния. Это свойство инфразвука используется как предвестник стихийных бедствий, исследования свойств атмосферы и водной среды.

Защита от инфразвука представляет серьезную проблему.

Ультразвук

Ультразвук находит широкое применение в металлообрабатывающей промышленности, машиностроении, металлургии и т. д. Частота применяемого ультразвука от 20 кГц до 1 МГц, мощности – до нескольких киловатт.

Ультразвук оказывает вредное воздействие на организм человека. У работающих с ультразвуковыми установками нередко наблюдаются функциональные нарушения нервной системы, изменения давления, состава и свойства крови. Часты жалобы на головные боли, быструю утомляемость, потерю слуховой чувствительности.

Ультразвук может действовать на человека как через воздушную среду, так и через жидкую или твердую (контактное действие на руки).

Уровни звуковых давлений в диапазоне частот от 11 до 20 кГц не должны превышать соответственно 75-110 дБ, а общий уровень звукового давления в диапазоне частот 20-100 кГц не должен превышать 110 дБ.

Защита от действия ультразвука при воздушном облучении может быть обеспечена:

1) путем использования в оборудовании более высоких рабочих частот, для которых допустимые уровни звукового давления выше;

2) путем выполнения оборудования, излучающего ультразвук, в звукоизолирующем исполнении (типа кожухов). Такие кожухи изготавливают из листовой стали или дюралюминия (толщиной 1 мм) с оклейкой резиной или рубероидом, а также из гетинакса (толщиной 5 мм). Эластичные кожухи могут быть изготовлены из трех слоев резины общей толщиной 3-5 мм. Применение кожухов, например в установках для очистки деталей, дает снижение уровня ультразвука на 20-30 дБ в слышимом диапазоне частот и 60–80 дБ – в ультразвуковом;

3) путем устройства экранов, в том числе прозрачных, между оборудованием и работающим;

4) размещение ультразвуковых установок в специальных помещениях, выгородках или кабинах, если перечисленными выше мероприятиями невозможно получить необходимый эффект.

Защита от действия ультразвука при контактном облучении состоит в полном исключении непосредственного соприкосновения работающих с инструментом, жидкостью и изделиями, поскольку такое воздействие наиболее вредно.

Загрузка и выгрузка изделий должны производиться при выключенном источнике ультразвука. В тех случаях, когда выключение установки нежелательно, применяют специальные приспособления, например, изделия погружают в ванну в сетках, снабженных ручками с виброизолирующим покрытием (пористая резина, поролон и т. п.).

7.4. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА НА ЧЕЛОВЕКА

Действие электрического тока на человека носит многообразный характер. Проходя через организм человека, электрический ток вызывает термическое, электролитическое, а также биологическое действия.

Термическое действие тока проявляется в ожогах некоторых отдельных участков тела, нагреве кровеносных сосудов, нервов, крови и т. п.

Электролитическое действие тока проявляется в разложении крови и других органических жидкостей организма и вызывает значительные нарушения их физико-химического состава.

Биологическое действие тока проявляется как раздражение и возбуждение живых тканей организма, что сопровождается произвольными судорожными сокращениями мышц, в том числе легких и сердца. В результате могут возникнуть различные нарушения и даже полное прекращение деятельности органов кровообращения и дыхания.

Это многообразие действий электрического тока может привести к двум видам поражения: электрическим травмам и электрическим ударам.

Электрические травмы представляют собой четко выраженные местные повреждения тканей организма, вызванные воздействием электрического тока или электрической дуги.

В большинстве случаев электротравмы излечиваются, но иногда при тяжелых ожогах травмы могут привести к гибели человека.

Различают следующие электрические травмы: электрические ожоги, электрические знаки,

металлизация кожи, электроофтальмия и механические повреждения.

Электрический ожог – самая распространенная электротравма. Ожоги бывают двух видов: токовый (или контактный) и дуговой.

Токовый ожог обусловлен прохождением тока через тело человека в результате контакта с токоведущей частью и является следствием преобразования электрической энергии в тепловую.

Различают четыре степени ожогов: I – покраснение кожи; II – образование пузырей; III – омертвление всей толщи кожи; IV – обугливание тканей. Тяжесть поражения организма обуславливается не степенью ожога, а площадью обожженной поверхности тела.

Токовые ожоги возникают при напряжениях не выше 1-2 кВ и являются в большинстве случаев ожогами I и II степени; иногда бывают и тяжелые ожоги.

Дуговой ожог. При более высоких напряжениях между токоведущей частью и телом человека образуется электрическая дуга (температура дуги выше 3500°C и у нее весьма большая энергия), которая и причиняет дуговой ожог. Дуговые ожоги, как правило, тяжелые – III или IV степени.

Электрические знаки – четко очерченные пятна серого или бледно-желтого цвета на поверхности кожи человека, подвергшейся действию тока. Знаки бывают также в виде царапин, ран, порезов или ушибов, бородавок, кровоизлияний в кожу и мозолей.

В большинстве случаев электрические знаки безболезненны и лечение их заканчивается благополучно.

Металлизация кожи – это проникновение в верхние слои кожи мельчайших частичек металла, расплавившегося под действием электрической дуги. Это может произойти при коротких замыканиях, отключениях рубильников под нагрузкой и т. п. Металлизация сопровождается ожогом кожи, вызываемым нагретым металлом.

Электроофтальмия – поражение глаз, вызванное интенсивным излучением электрической дуги, спектр которой содержит вредные для глаз ультрафиолетовые и ультракрасные лучи. Кроме того, возможно попадание в глаза брызг расплавленного металла. Защита от электроофтальмии достигается ношением защитных очков, которые не пропускают ультрафиолетовых лучей и обеспечивают защиту глаз от брызг расплавленного металла.

Механические повреждения возникают в результате резких непроизвольных судорожных сокращений мышц под действием тока, проходящего через тело человека. В результате могут произойти разрывы кожи, кровеносных сосудов и нервной ткани, а также вывихи суставов и даже переломы костей. К этому же виду травм следует отнести ушибы, переломы, вызванные падением человека с высоты, ударами о предметы в результате непроизвольных движений или потери сознания при воздействии тока. Механические повреждения являются, как правило, серьезными травмами, требующими длительного лечения.

Электрический удар – это возбуждение живых тканей организма проходящим через него электрическим током, сопровождающееся непроизвольными судорожными сокращениями мышц. В зависимости от исхода воздействия тока на организм электрические удары условно делятся на следующие четыре степени: I – судорожное сокращение мышц без потери сознания; II – судорожное сокращение мышц, потеря сознания, но сохранение дыхания и работы сердца; III – потеря сознания и нарушение сердечной деятельности или дыхания (либо того и другого вместе); IV – клиническая смерть, т. е. отсутствие дыхания и кровообращения.

Причинами смерти в результате поражения электрическим током могут быть: прекращение работы сердца, прекращение дыхания и электрический шок.

Прекращение работы сердца как следствие воздействия тока на мышцу сердца наиболее опасно. Это воздействие может быть прямым, когда ток протекает через область сердца, и рефлекторным, когда ток проходит через центральную нервную систему. В обоих случаях может произойти остановка сердца или наступить его фибрилляция (беспорядочное сокращение мышечных волокон сердца – фибрилл), что приводит к прекращению кровообращения.

Прекращение дыхания может быть вызвано прямым или рефлекторным воздействием тока на мышцы грудной клетки, участвующие в процессе дыхания. При длительном действии тока наступает так называемая асфиксия (удушьё) – болезненное состояние в результате недостатка кислорода и избытка диоксида углерода в организме. При асфиксии утрачивается сознание, чувствительность, рефлексы, затем прекращается дыхание и, наконец, останавливается сердце – наступает клиническая смерть.

Электрический шок – своеобразная тяжелая нервно-рефлекторная реакция организма на сильное

раздражение электрическим током, сопровождающаяся глубокими расстройствами кровообращения, дыхания, обмена веществ и т. п. Шоковое состояние длится от нескольких десятков минут до суток. После этого может наступить полное выздоровление как результат своевременного лечебного вмешательства или гибель организма из-за полного угасания жизненно важных функций.

ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ОПАСНОСТЬ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ

Характер и последствия воздействия на человека электрического тока зависят от следующих факторов:

- значения тока, проходящего через тело человека;
- электрического сопротивления человека;
- уровня приложенного к человеку напряжения;
- продолжительности воздействия электрического тока;
- пути тока через тело человека;
- рода и частоты электрического тока;
- условий внешней среды и других факторов.

Электрическое сопротивление тела человека. Тело человека является проводником электрического тока, правда, неоднородным по электрическому сопротивлению. Наибольшее сопротивление электрическому току оказывает кожа, поэтому сопротивление тела человека определяется главным образом сопротивлением кожи.

Кожа состоит из двух основных слоев: наружного – эпидермиса и внутреннего – дермы. Наружный слой – эпидермис, в свою очередь, имеет несколько слоев, из которых самый толстый верхний слой называется роговым. Роговой слой в сухом и незагрязненном состоянии можно рассматривать как диэлектрик: его удельное объемное сопротивление достигает 10^5 - 10^6 Ом-м, что в тысячи раз превышает сопротивление других слоев кожи, сопротивление дермы незначительно: оно во много раз меньше сопротивления рогового слоя.

Сопротивление тела человека при сухой, чистой и неповрежденной коже (измеренное при напряжении 15-20 В) колеблется от 3 до 100 кОм и более, а сопротивление внутренних слоев тела составляет всего 300– 500 Ом.

Внутреннее сопротивление тела считается активным. Его величина зависит от длины и поперечного размера участка тела, по которому проходит ток.

Наружное сопротивление тела состоит как бы из двух параллельно включенных сопротивлений: активного и емкостного. В практике обычно пренебрегают емкостным сопротивлением, которое незначительно, и считают сопротивление тела человека чисто активным и неизменным.

В качестве расчетной величины при переменном токе промышленной частоты применяют активное сопротивление тела человека, равное 1000 Ом.

В действительных условиях сопротивление тела человека не является постоянной величиной. Оно зависит от ряда факторов, в том числе от состояния кожи, состояния окружающей среды, параметров электрической цепи и др.

Повреждение рогового слоя (порезы, царапины, ссадины и др.) снижают сопротивление тела до 500-700 Ом, что увеличивает опасность поражения человека током.

Такое же влияние оказывает увлажнение кожи водой или потом. Таким образом, работа с электроустановками влажными руками или в условиях, вызывающих увлажнение кожи, а также при повышенной температуре, вызывающей усиленное потовыделение, усугубляет опасность поражения человека током.

Загрязнения кожи вредными веществами, хорошо проводящими электрический ток (пыль, окалина и т. п.), приводят к снижению ее сопротивления.

На сопротивление тела оказывает влияние площадь контактов, а также место касания, так как у одного и того же человека сопротивление кожи неодинаково на разных участках тела. Наименьшим сопротивлением обладает кожа лица, шеи, рук на участке выше ладоней и в особенности на стороне, обращенной к туловищу, подмышечных впадинах, тыльной стороны кисти и др. Кожа ладоней и подошв имеет сопротивление, во много раз превышающее сопротивление кожи других участков тела.

С увеличением тока и времени его прохождения сопротивление тела человека падает, так как при этом усиливается местный нагрев кожи, что приводит к расширению ее сосудов, к усилению снабжения этого участка кровью и увеличению потовыделения.

С ростом напряжения, приложенного к телу человека, сопротивление кожи уменьшается в десятки

раз, приближаясь к сопротивлению внутренних тканей (300-500 Ом). Это объясняется электрическим пробоем рогового слоя кожи, увеличением тока, проходящего через кожу.

С увеличением частоты тока сопротивление тела будет уменьшаться, и при 10-20 кГц наружный слой кожи практически утрачивает сопротивление электрическому току.

Величина тока и напряжение. Основным фактором, обуславливающим исход поражения электрическим током, является сила тока, проходящего через тело человека.

Напряжение, приложенное к телу человека, также влияет на исход поражения, но лишь постольку, поскольку оно определяет значение тока, проходящего через человека.

Ощутимый ток – электрический ток, вызывающий при прохождении через организм ощутимые раздражения. Ощутимые раздражения вызывает переменный ток силой 0,6-1,5 мА и постоянный – силой 5-7 мА. Указанные значения являются *пороговыми ощутимыми токами*; с них начинается область ощутимых токов.

Неотпускающий ток – электрический ток, вызывающий при прохождении через человека непреодолимые судорожные сокращения мышц руки, в которой зажат проводник. *Пороговый неотпускающий ток* составляет 10-15 мА переменного тока и 50-60 мА постоянного. При таком токе человек уже не может самостоятельно разжать руку, в которой зажата токоведущая часть, и оказывается как бы прикованным к ней.

Фибрилляционный ток – электрический ток, вызывающий при прохождении через организм фибрилляцию сердца. *Пороговый фибрилляционный ток* составляет 100 мА переменного тока и 300 мА постоянного при длительности действия 1-2 с по пути рука-рука или рука-ноги. Фибрилляционный ток может достичь 5 А. Ток больше 5 А фибрилляцию сердца не вызывает. При таких токах происходит мгновенная остановка сердца.

Продолжительность воздействия электрического тока. Существенное влияние на исход поражения оказывает длительность прохождения тока через тело человека. Продолжительное действие тока приводит к тяжелым, а иногда и смертельным поражениям.

Опасность поражения током вследствие фибрилляции сердца зависит от того, с какой фазой сердечного цикла совпадает время прохождения тока через область сердца. Если длительность прохождения тока равна или превышает время кардиоцикла (0,75-1 с), то ток «встречается» со всеми фазами работы сердца (в том числе наиболее уязвимой), что весьма опасно для организма. Если же время воздействия тока меньше продолжительности кардиоцикла на 0,5 с или более, то вероятность совпадения момента прохождения тока с наиболее уязвимой фазой работы сердца, а следовательно, и опасность поражения резко уменьшается. Указанное обстоятельство используется в быстродействующих устройствах защитного отключения, где время срабатывания менее 0,2 с.

Влияние длительности прохождения тока через тело человека на исход поражения можно оценить эмпирической формулой:

$$I_h = 50 / t,$$

где I_h , – ток, проходящий через тело человека, мА; t – продолжительность прохождения тока, с.

Эта формула действительна в пределах 0,1-1,0 с. Ее используют для определения предельно допустимых токов, проходящих через человека по пути рука-ноги, необходимых для расчета защитных устройств.

Путь тока через тело человека. Путь прохождения тока через тело человека играет существенную роль в исходе поражения, так как ток может пройти через жизненно важные органы: сердце, легкие, головной мозг и др. Влияние пути тока на исход поражения определяется также сопротивлением кожи на различных участках тела.

Возможных путей тока в теле человека, которые называются также петлями тока, достаточно много. Наиболее часто встречающиеся петли тока: рука-рука, рука-ноги и нога-нога (таблица 21).

Наиболее опасны петли голова-руки и голова-ноги, но эти петли возникают относительно редко.

Т а б л и ц а 21

Характеристика путей тока в теле человека

| <i>Путь тока</i> | <i>Частота возникновения пути тока, %</i> | <i>Доля потерявших сознание при прохождении тока, %</i> |
|--------------------|---|---|
| Рука-рука | 40 | 83 |
| Правая рука – ноги | 20 | 87 |
| Левая рука – ноги | 17 | 80 |
| Нога-нога | 6 | 15 |

| | | |
|-------------|---|----|
| Голова–ноги | 5 | 88 |
| Голова–руки | 4 | 92 |
| Прочие | 8 | 65 |

Род и частота электрического тока. Постоянный ток примерно в 4–5 раз безопаснее переменного. Это вытекает из сопоставления пороговых ощутимых, а также неотпускающих токов для постоянного и переменного токов. Значительно меньшая опасность поражения постоянным током подтверждается и практикой эксплуатации электроустановок: случаев смертельного поражения людей током в установках постоянного тока в несколько раз меньше, чем в аналогичных установках переменного тока.

Это положение справедливо лишь для напряжений до 250-300 В. При более высоких напряжениях постоянный ток более опасен, чем переменный (с частотой 50 Гц).

Для переменного тока играет роль также и его частота. С увеличением частоты переменного тока полное сопротивление тела уменьшается, что приводит к увеличению тока, проходящего через человека, а следовательно повышается опасность поражения.

Наибольшую опасность представляет ток с частотой от 50 до 100 Гц; при дальнейшем повышении частоты опасность поражения уменьшается и полностью исчезает при частоте 45–50 кГц. Эти токи сохраняют опасность ожогов. Снижение опасности поражения током с ростом частоты становится практически заметным при 1-2 кГц.

Индивидуальные свойства человека. Установлено, что физически здоровые и крепкие люди легче переносят электрические удары.

Повышенной восприимчивостью к электрическому току отличаются лица, страдающие болезнями кожи, сердечно-сосудистой системы, органов внутренней секреции, легких, нервными болезнями и др. Поэтому лица с такими болезнями не допускаются к работе с действующими электроустановками.

Условия внешней среды. Состояние окружающей воздушной среды, а также окружающая обстановка могут существенным образом влиять на опасность поражения током.

Сырость, токопроводящая пыль, едкие пары и газы, разрушающе действующие на изоляцию электроустановок, а также высокая температура окружающего воздуха понижают электрическое сопротивление тела человека, что еще больше увеличивает опасность поражения его током,

В зависимости от наличия перечисленных условий, повышающих опасность воздействия тока на человека, «Правила устройства электроустановок» делят все помещения по опасности поражения людей электрическим током на следующие классы: без повышенной опасности, с повышенной опасностью, особо опасные, а также территории размещения наружных электроустановок.

1) Помещения без повышенной опасности характеризуются отсутствием условий, создающих повышенную или особую опасность.

2) Помещения с повышенной опасностью характеризуются наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность: а) сырости (относительная влажность воздуха длительно превышает 75%); б) высокой температуры (выше +35°C); в) токопроводящей пыли; г) токопроводящих полов (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и др.); д) возможности одновременного прикосновения человека к имеющим соединения с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т. п., с одной стороны, и металлическим корпусам электрооборудования – с другой.

3) Особо опасные помещения характеризуются наличием одного из следующих условий, создающих особую опасность: а) особой сырости (относительная влажность воздуха близка к 100%: потолок, стены, пол и предметы в помещении покрыты влагой); б) химически активной или органической среды (разрушающей изоляцию и токоведущие части электрооборудования); в) одновременно двух или более условий повышенной опасности.

К таким же помещениям относятся и участки работ на земле под открытым небом или под навесом.

Критерии безопасности электрического тока. При проектировании, расчете и эксплуатационном контроле защитных систем руководствуются допустимыми значениями тока при данном пути его протекания и длительности воздействия в соответствии с ГОСТ 12.1.038-82.

Т а б л и ц а 2 2

Практически допустимые величины тока

| Длительность воздействия, с | Ток, мА |
|-----------------------------|---------|
| 1,0 | 50 |

| | |
|-----|-----|
| 0,7 | 90 |
| 0,5 | 125 |
| 0,2 | 190 |

При длительном воздействии допустимый ток принят в 1 мА. При продолжительности воздействия до 30 с – 6 мА. При воздействии 1 с и менее величины токов приведены ниже, однако они не могут рассматриваться как обеспечивающие полную безопасность и принимаются в качестве практически допустимых с достаточно малой вероятностью поражения (см. табл. 22).

Эти токи считаются допустимыми для наиболее вероятных путей их протекания в теле человека: рука-рука, рука-ноги и нога-нога.

УСЛОВИЯ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ

Напряжение между двумя точками цепи тока, которых одновременно касается человек, называется *напряжением прикосновения*. Опасность такого прикосновения, оцениваемая значением тока, проходящего через тело человека, или же напряжением прикосновения, зависит от ряда факторов: схемы замыкания цепи тока через тело человека, напряжением сети, схемы самой сети, режима ее нейтрали (т. е. заземлена или изолирована нейтраль), степени изоляции токоведущих частей от земли, а также от значения емкости токоведущих частей относительно земли и т. п.

СИТУАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ПОРАЖЕНИЯ ТОКОМ

Наиболее типичны два случая замыкания цепи тока через тело человека: когда человек касается одновременно двух проводов и когда он касается лишь одного провода. Применительно к сетям переменного тока первую схему обычно называют двухфазным прикосновением, а вторую – однофазным.

Двухфазное прикосновение более опасно, поскольку к телу человека прикладывается наибольшее в данной сети напряжение – линейное, и поэтому через человека пойдет больший ток.

$$I_h = \frac{U_l}{R_h} = \frac{\sqrt{3}U_\phi}{R_h},$$

где U_l – линейное напряжение (напряжение между фазными проводами сети), В; U_ϕ – фазное напряжение (напряжение между началом и концом одной обмотки или между фазными и нулевыми проводами). В; R_h – сопротивление тела человека, Ом.

В сети с линейным напряжением $U_l = 380$ В ($U_\phi = 220$ В) при сопротивлении тела человека $R_h = 1000$ Ом ток через человека будет равен

$$I_h = 1,73 \times 220/1000 = 380/1000 = 0,38 \text{ А.}$$

Этот ток для человека смертельно опасен, т. к. почти в 4 раза превышает пороговый фибрилляционный ток, который в 5% случаев приводит к летальному исходу.

При двухфазном прикосновении ток, проходящий через человека, практически не зависит от режима нейтрали сети. Опасность прикосновения не уменьшается и в том случае, если человек будет надежно изолирован от земли.

Однофазное прикосновение происходит во много раз чаще, чем двухфазное, но оно менее опасно, поскольку напряжение, под которым оказывается человек, не превышает фазного, т. е. меньше линейного в 1,73 раза. Соответственно меньше оказывается и ток, проходящий через человека. На значение тока большое влияние оказывает режим нейтрали сети (изолированная или глухозащищенная), сопротивление изоляции проводов относительно земли, сопротивление пола (или основания), на котором стоит человек, сопротивление его обуви и некоторые другие факторы.

Рассмотрим несколько подробнее условия поражения током в зависимости от режима нейтрали сети.

В сети с изолированной нейтралью (рис. 29, а) в случае прикосновения человека к голому проводу одной из фаз ток проходит через тело человека, землю и далее через сопротивление изоляции в сеть. Если емкость проводов относительно земли мала, что обычно имеет место в воздушных сетях небольшой протяженности, значение тока через человека определяется из выражения:

$$I_h = U_\phi / (R_h + R_{oc} + R_{об} + R_{из} / 3),$$

где R_h , R_{oc} , $R_{об}$, $R_{из}$ – сопротивление человека, основания, обуви и изоляции проводов относительно земли соответственно.

При подстановке численных значений $R_h = 1$ кОм, $R_{oc} = 30$ кОм, $R_{об} = 20$ кОм и $R_{из} = 150$ кОм $I_h = 220 / (1000 + 30\,000 + 20\,000 + 150\,000 / 3) \approx 2,2$ мА, что больше порогового ощутимого, но меньше порогового неотпускающего тока, и вероятность благоприятного исхода весьма велика.

Даже при наиболее неблагоприятных условиях (проводящий пол, проводящая обувь, т. е. $R_{oc} = 0$; $R_{об} = 0$) и при том же реальном значении сопротивления изоляции $R_{из} = 150$ кОм ток через человека равен: $I_h = 220 / (1000 + 150\,000/3) = 4,4$ мА, что все еще меньше порогового неотпускающего, и поэтому исход должен быть по-прежнему благоприятный.

Как видно из примеров, в сети с изолированной нейтралью безопасные условия эксплуатации электроустановки зависят прежде всего от изоляции проводов относительно земли, а также от сопротивления основания и обуви.

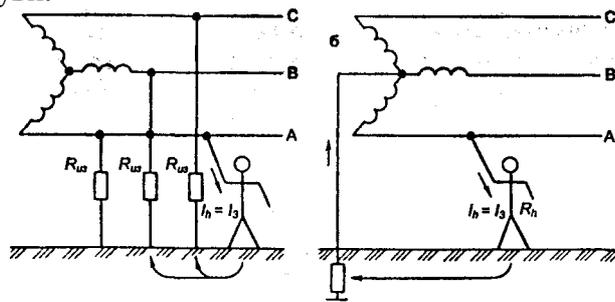


Рис. 29

Схема прохождения тока через тело человека при однофазном прикосновении к токоведущим частям
а – в сети с изолированной нейтралью; б – в сети с заземленной нейтралью.

Однако в сетях с большой емкостью относительно земли роль изоляции проводов в обеспечении безопасности прикосновения утрачивается. В сети с заземленной нейтралью (рис. 29, б) в случае прикосновения человека к голому фазному проводу он оказывается под фазным напряжением. Ток проходит через тело человека в землю и далее через заземление нейтрали в сеть:

$$I_h = U_{\phi} / (R_h + R_{oc} + R_{об} + R_0),$$

где R_0 – сопротивление заземления нейтрали.

В случае нахождения человека на проводящем полу (например, металлическом) и хорошей проводимости обуви, т. е. при $R_{oc} = 0$; $R_{об} = 0$ и сопротивлении заземления нейтрали $R_0 = 4$ Ом (для $U_n = 380$ В), которым можно пренебречь, ток, проходящий через тело человека, будет не менее опасным для жизни, чем при двухфазном прикосновении. Он равен: $I_h = U_{\phi} / R_h = 220 / 1000 = 0,22$ А = 220 мА. Этот ток является смертельно опасным, а сопротивление изоляции не ограничивает тока поражения.

При увеличении сопротивления основания и обуви опасность поражения электрическим током понижается. Так, если $R_{oc} = 30$ кОм и $R_{об} = 20$ кОм, $I_h = 220 / 1000 + 30\,000 + 20\,000 = 4,4$ мА, что с большой вероятностью безопасно для человека. Поэтому для улучшения условий безопасности персонала в помещениях с электроустановками предусматриваются изолирующие полы и применяются изолирующая обувь, изолирующие перчатки и инструмент с изолирующими ручками.

При нормальных условиях эксплуатации электроустановок однофазное включение человека в сеть с изолированной нейтралью менее опасно, чем в сеть с заземленной нейтралью. Но в случае замыкания одной из фаз на землю в сети с изолированной нейтралью напряжение возрастает от фазного до линейного, а в сети с заземленной нейтралью повышение напряжения незначительно.

В электроустановках напряжением выше 1 кВ вследствие большой их протяженности и, следовательно, большой емкости между фазами и емкости фаз относительно земли опасность однофазного и двухфазного прикосновения практически одинакова и не зависит от режима нейтрали. Любое прикосновение к токоведущим частям в электроустановках напряжением выше 1 кВ опасно независимо от схемы питания. Поэтому здесь принимаются все меры для того, чтобы сделать токоведущие части недоступными для случайного прикосновения человека. Их располагают на недоступном расстоянии, надежно ограждают, строго регламентируют порядок доступа к электроустановке и т. д.

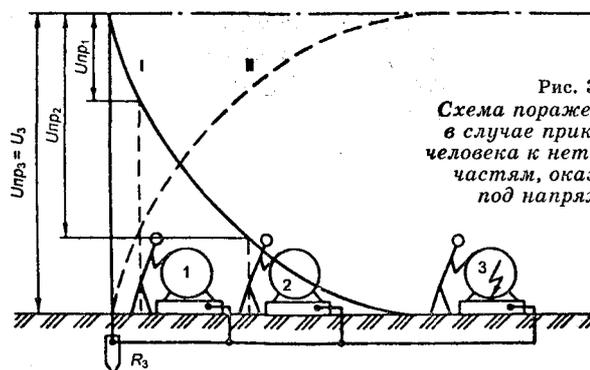


Рис. 30
Схема поражения током
в случае прикосновения
человека к нетоковедущим
частям, оказавшимся
под напряжением

Рассмотрим условия поражения током в случае прикосновения человека к нормально изолированным частям электрооборудования, оказавшимся под напряжением из-за замыкания фазы на корпус (рис. 30). Опасность поражения будет определяться в первую очередь напряжением прикосновения, которое будет равно разности между потенциалом на заземленном корпусе, к которому человек прикасается рукой $\varphi_p = \varphi_k$, и потенциалом φ_n поверхности земли в точке нахождения ног: $U_{np} = \varphi_k - \varphi_n$. Так как на любом из корпусов оборудования, присоединенных к заземлителю, потенциал будет равен потенциалу заземлителя φ_3 , то $U_{np} = \varphi_3 - \varphi_n$

В случае нахождения человека над заземлителем (рис. 30) напряжение прикосновения равно нулю, так как потенциалы рук и ног одинаковы и равны потенциалу заземлителя. При удалении от заземлителя напряжение прикосновения стремится к максимальному значению, так как потенциал ног стремится к нулю, т. е. $U_{np} = \varphi_3 - 0$ (позиция 3).

Фактически напряжение прикосновения, приложенное собственно к телу человека, будет меньше значения U_{np} ввиду падения напряжения на сопротивлении обуви и основания пола или грунта непосредственно под каждой ногой. Применение диэлектрических перчаток, галош или бот увеличивает общее сопротивление и, следовательно, уменьшает значение тока, проходящего через тело человека.

ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ

1) Случайное прикосновение к токоведущим частям, находящимся под напряжением в результате: ошибочных действий при проведении работ; неисправности защитных средств, которыми пострадавший касался токоведущих частей и др.

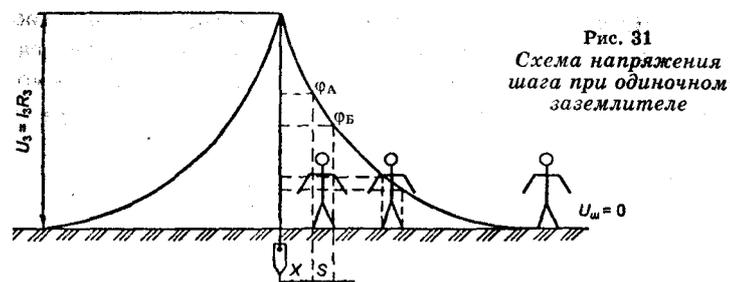
2) Появление напряжения на металлических конструктивных частях электрооборудования в результате: повреждения изоляции токоведущих частей; замыкания фазы сети на землю; падения провода (находящегося под напряжением) на конструктивные части электрооборудования и др.

3) Появление напряжения на отключенных токоведущих частях в результате: ошибочного включения отключенной установки; замыкания между отключенными и находящимися под напряжением токоведущими частями; разряда молнии в электроустановку и др.

4) Возникновение напряжения шага на участке земли, где находится человек, в результате: замыкания фазы на землю; выноса потенциала протяженным токопроводящим предметом (трубопроводом, железнодорожными рельсами); неисправностей в устройстве защитного заземления и др.

Напряжением шага называется напряжение между точками земли, обусловленное растеканием тока замыкания на землю при одновременном касании их ногами человека.

Если человек будет находиться в зоне растекания тока, например, при повреждении воздушной линии электропередачи, или нарушении изоляции силового кабеля, проложенного в земле, или при отекании тока через заземлитель и стоять при этом на поверхности земли, имеющей разные потенциалы в местах, где расположены ступни ног, то на длине шага возникает напряжение (рис. 31) $U_{ш} = \varphi_x - \varphi_{x+s}$, где φ_x и φ_{x+s} – потенциалы точек расположения ног; $S = 0,8$ м – длина шага.



Электрический ток, протекающий через тело человека в этом случае, зависит от значения тока замыкания на землю, сопротивления основания пола и обуви, а также от расположения ступней ног.

Напряжение шага может быть равным нулю, если обе ноги человека находятся на эквипотенциальной линии, т. е. линии электрического поля, обладающей одинаковым потенциалом. Напряжение шага может быть уменьшено до минимума, если свести ступни ног вместе. Наибольший электрический потенциал будет в месте соприкосновения проводника с землей. По мере удаления от этого места потенциал поверхности грунта уменьшается, и на расстоянии, примерно равном 20 м, он может быть принят равным нулю.

Напряжение шага всегда меньше напряжения прикосновения. Кроме того, протекание тока по нижней петле «нога-нога» менее опасно, чем по пути «рука-нога». Однако в практике немало случаев поражения людей при воздействии напряжения шага. Поражение при напряжении шага усугубляется тем, что из-за судорожных сокращений мышц ног человек может упасть, после чего цепь тока замыкается на теле через жизненно важные органы. Кроме того, рост человека обуславливает большую разность потенциалов, приложенных к его телу.

ТЕХНИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ

Для обеспечения электробезопасности применяют отдельно или в сочетании один с другим следующие технические способы и средства защиты: недоступность токоведущих частей, находящихся под напряжением, электрическое разделение сети, малые напряжения, двойная изоляция, выравнивание потенциалов, защитное заземление, зануление, защитное отключение и др. К техническим способам и средствам также относятся предупредительная сигнализация, знаки безопасности, средства индивидуальной и коллективной защиты, предохранительные приспособления и др.

Недоступность токоведущих частей электроустановок для случайного прикосновения может быть обеспечена рядом способов: изоляцией токоведущих частей, ограждением, различными блокировками, размещением токоведущих частей на недоступном расстоянии.

Изоляция является основным способом электробезопасности в сетях до 1000 В, так как применение изолированных проводов обеспечивает достаточную защиту от напряжения при прикосновении к ним. Действительно, если в сети с изолированной нейтралью с фазным напряжением $U_{\phi} = 220$ В обеспечить сопротивление изоляции не меньше 65 кОм, то ток через человека при однофазном прикосновении не превысит значения порогового неотпускающего тока, т. е. $I_h \leq 10$ мА. В соответствии с Правилами сопротивление изоляции каждой фазы относительно земли и между каждой парой фаз на каждом участке между двумя последовательно установленными аппаратами защиты (предохранителями, автоматами и др.) должно быть не ниже 0,5 МОм.

В то же время использование изолированных проводов при напряжении выше 1000 В не менее опасно, чем применение голых, так как повреждения изоляции обычно остаются незамеченными, если провод подвешен на изоляторах. А при более высоких напряжениях опасно даже приближение к токоведущим частям, так как возможен пробой воздуха при малом расстоянии до человека и последующее поражение его током. Чтобы исключить возможность прикосновения или опасного приближения к токоведущим частям под напряжением, используются, как отмечалось, ограждения, блокировки и размещение на недоступной высоте или в недоступном месте.

Ограждения в виде корпусов, кожухов, оболочек используются в электрических машинах, аппаратах, приборах. Сплошные ограждения являются обязательными для электроустановок, расположенных в местах, где бывает неэлектротехнический персонал (уборщицы и др.). Сетчатые ограждения с размерами ячеек 25x25 мм применяются в установках напряжением как до, так и выше 1000 В. В закрытых помещениях их высота должна быть не менее 1,7 м, а в открытых – не менее 2,0 м, чтобы исключить или сильно затруднить доступ к электроустановкам случайных либо нетрезвых лиц. Сетчатые ограждения имеют двери, запирающиеся на замок.

На испытательных стендах и других установках с повышенным напряжением, где часто работают люди, применяются *блокировки*: механические и электрические. Механические блокировки находят применение в электрических аппаратах – рубильниках, пускателях, автоматических выключателях и др., работающих в условиях, в которых предъявляются повышенные требования безопасности (судовые, подземные и тому подобные электроустановки). Электрические блокировки осуществляют разрыв цепи специальными контактами, которые устанавливаются на дверях ограждений, крышках и дверцах кожухов. При дистанционном управлении электроустановкой блокировочные контакты включаются в цепь управления пускового аппарата, а не в силовую цепь электроустановки. В радиоаппаратуре применяются блочные схемы со штепсельным соединением, которые автоматически разрывают цепь.

Расположение токоведущих частей на недоступной высоте или в *недоступном месте* позволяет обеспечить безопасность без ограждений. При этом учитывается возможность случайного прикосновения к токоведущим частям посредством длинных предметов, которые человек может держать в руках. Поэтому вне помещений неизолированные провода при напряжении до 1000 В должны быть расположены на высоте не менее 6 м, а внутри помещений – не ниже 3,5 м. А для исключения перекрытия при напряжении 110 кВ люди должны находиться не ближе 1,0 м от токоведущих частей, при 220 кВ – не ближе 2,0 м, при 400-500 кВ – 3,5 м, при 750 кВ – 5,0 м и 1150 кВ – 8,0 м.

Электрическое разделение сетей – это разделение электрической сети на отдельные электрически несвязанные между собой участки с помощью разделительных трансформаторов (рис. 32). Эта мера защиты применяется в разветвленной электрической сети, которая имеет значительную емкость и соответственно небольшое сопротивление изоляции относительно земли. Эксплуатация таких сетей может оказаться опасной, так как в сетях напряжением до 1 кВ с изолированной нейтралью снижается защитная роль изоляции проводов и усиливается опасность поражения человека электрическим током в случае прикосновения к токоведущим частям.

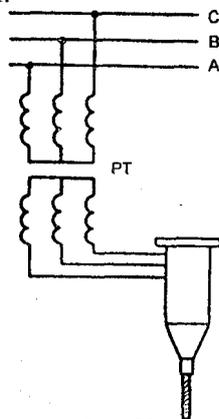


Рис. 32
Схема
электрического
разделения сети
с помощью раздели-
тельного трансфор-
матора

Опасность поражения можно резко уменьшить, если единую разветвленную сеть с большой емкостью и малым сопротивлением изоляции разделить на ряд небольших сетей такого же напряжения, которые будут обладать небольшой емкостью и высоким сопротивлением изоляции. Ток через человека, прикоснувшегося к одной из фаз, будет определяться высоким сопротивлением фаз относительно земли: $I_h = 3U_\phi / Z$.

Если в сетях напряжением 380 В полное сопротивление фаз относительно земли $Z = 100$ кОм, а сопротивление человека $R_h = 1$ кОм, ток, проходящий через человека, не превысит 10 мА; $I_h = 3 \times 220 / 100 = 6,6$ мА. Для разделения сетей могут применяться не только трансформаторы (рис. 32), позволяющие изолировать электроприемники от сети, но и преобразователи частоты и выпрямительные устройства, которые связываются с питающей их сетью через трансформаторы. При соединении через автотрансформатор сеть остается единой и ток замыкания на землю и ток через человека не уменьшаются.

Область применения электрического разделения сетей – электроустановки до 1000 В, эксплуатация которых связана с повышенной степенью опасности (передвижные электроустановки, ручной электрифицированный инструмент и т. п.).

Малое напряжение – это номинальное напряжение не более 42 В, применяемое в целях уменьшения

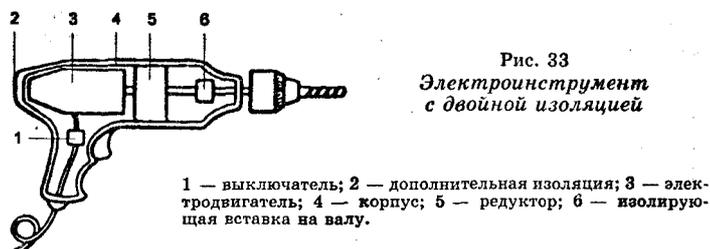
опасности поражения электрическим током. Для повышения безопасности в условиях с повышенной опасностью и в особо опасных условиях для ручного электроинструмента (дрель, гайковерт и др.) применяется напряжение 42 В и ниже, а для ручных ламп 12 В. Кроме того, в шахтерских лампах и некоторых бытовых приборах применяются очень малые напряжения, вплоть до 2,5 В.

Если принять сопротивление человека равным 1 кОм, то ток, проходящий через человека при напряжении 42 В, будет равен 42 мА. Хотя при $U = 42$ В сопротивление человека несколько кОм, ток для большинства людей все равно будет являться неотпускающим. Лишь при напряжении 6-10 В ток через человека не превысит допустимого при случайном прикосновении значения, равного 10 мА. Таким образом, наибольшая степень безопасности достигается при напряжениях до 10 В.

Поэтому для достижения необходимой степени безопасности при работе в помещениях с повышенной опасностью или в особо опасных помещениях дополнительно применяются другие защитные меры, в частности двойная изоляция, защита от прикосновения и др.

В качестве источников малого напряжения применяются батареи гальванических элементов, аккумуляторы, выпрямительные установки, преобразователи частоты и понизительные трансформаторы. Применение автотрансформаторов для этой цели недопустимо, так как в этом случае отсутствует гальваническая развязка с сетью.

Надежным средством защиты человека от поражения электрическим током является *двойная изоляция*, состоящая из основной и дополнительной. Основная (рабочая) электрическая изоляция токоведущих частей электроустановки обеспечивает нормальную ее работу и защиту от поражения электрическим током, а дополнительная электрическая изоляция предусматривается дополнительно к основной изоляции для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения рабочей изоляции.



Область применения двойной изоляции ограничивается электрооборудованием небольшой мощности – электрифицированным ручным инструментом, некоторыми переносными устройствами, бытовыми приборами и ручными электрическими лампами (рис. 33).

К защитным мерам относится *контроль и профилактика повреждений изоляции*. Непосредственно контроль изоляции заключается в измерении ее активного и омического сопротивления для обнаружения дефектов и предупреждения замыкания на землю и коротких замыканий.

В порядке профилактики повреждений изоляции, при которых возникает опасность поражения электрическим током, а также выходит из строя оборудование, согласно Правилам устройства электроустановок (ПУЭ) периодически проводятся испытания повышенным напряжением и контроль сопротивления изоляции. Измерения сопротивления изоляции проводят мегомметром. Чтобы не повредить изоляцию при проведении испытаний. Правила эксплуатации (ПЭ) регламентируют напряжение мегомметра в зависимости от номинального напряжения электроустановки. Выявленные участки с дефектной изоляцией подвергаются ремонту. В настоящее время для контроля состояния изоляции находят широкое применение устройства автоматического (непрерывного) контроля активного сопротивления изоляции сети или электроустановки относительно земли.

Выравнивание потенциалов – это способ снижения напряжения прикосновения и шага между точками электрической цепи, к которым возможно одновременное прикосновение или на которых может одновременно стоять человек.

Для равномерного распределения электрического потенциала на площадке, занятой электрическим оборудованием, применяются искусственные заземлители. Для этих целей на территории открытых распределительных устройств (ОРУ) прокладывают заземляющие полосы на глубине 0,5-0,7 м вдоль рядов оборудования и в поперечном направлении, т. е. образуется заземляющая сетка, к которой присоединяется заземляемое оборудование.

При пробое изоляции в каком-либо аппарате его корпус и заземляющий контур окажутся под некоторым потенциалом ф_з. Так как заземлители располагаются на небольшом (несколько метров) расстоянии друг от друга, поля растекания заземлителей накладываются, и любая точка поверхности

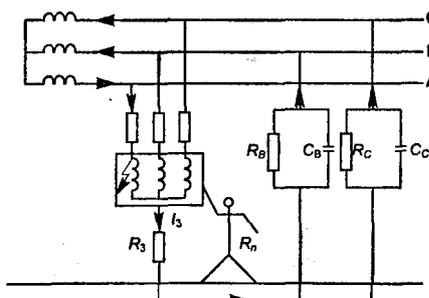
грунта внутри контура приобретает значительный потенциал, уменьшающийся по мере удаления от заземлителей. Однако из-за близости заземлителей друг от друга разность потенциалов между точками, находящимися внутри контура, существенно уменьшается, происходит как бы выравнивание потенциалов, и поэтому напряжения прикосновения и шага будут небольшими и относительно безопасными для человека.

Понятно, что выравнивание потенциалов используется прежде всего при эксплуатации установок выше 1000 В.

Наибольшее распространение среди технических мер защиты человека в сетях до 1000 В получили защитное заземление, зануление, защитное отключение.

Защитное заземление – это преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей электроустановки, которые могут оказаться под напряжением (рис. 34).

Рис. 34
Принципиальная
схема защитного
заземления



Защитное действие заземления основано на снижении напряжения прикосновения при попадании напряжения на нетоковедущие части (вследствие замыкания на корпус или других причин), что достигается уменьшением разности потенциалов между корпусом электроустановки и землей как из-за малого сопротивления заземления, так и повышения потенциала примыкающей к оборудованию поверхности земли. Чем меньше сопротивление заземления, тем выше защитный эффект.

Значение сопротивления защитного заземления определяется из условия обеспечения на корпусе электроустановки допустимого напряжения прикосновения U_{ndy} , т. е.

$$R_3 = \frac{U_{ndy}}{I_3 \cdot \alpha},$$

где α – коэффициент напряжения прикосновения, $\alpha = 1$; I_3 – расчетный ток замыкания на землю.

В сетях до 1000 В расчетный ток замыкания на землю равен $I_3 \approx 3U_{\phi} / Z_{зм}$, где $Z_{зм}$ – сопротивление грунта в месте замыкания, $Z_{зм} \approx 100$ Ом.

Для $U_n = 380$ В $I_3 \approx 3 \cdot 220 / 100 = 6,6$ А, откуда при $U_{ndy} = 20$ В (в соответствии с ГОСТ 12.1.038-82) и наиболее опасном значении $\alpha = 1$ имеем $R_3 = 20 / 6,6 \cdot 1 \approx 3$ Ом.

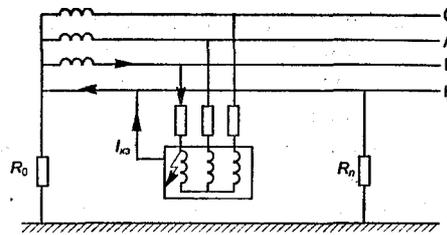
Согласно ГОСТ 12.1.030-81 для трехфазных сетей с заземленной нейтралью источника питания напряжением 220, 380, 660 В и однофазных сетей напряжением 127, 220, 380 В сопротивление заземления должно быть не более 8, 4, 2 Ом соответственно; в сетях с изолированной нейтралью до 1000 В $R_3 \approx 10$ Ом в сочетании с контролем сопротивления изоляции.

При напряжениях от 1 кВ до 35 кВ включительно $R_3 = 250 / I_3$. Реально оно не превышает 10 Ом.

При больших токах замыкания на землю (т. е. более 500 А), что характерно для линий 110 кВ и выше, $R_3 \leq 0,5$ Ом.

Защитное заземление применяется в трехфазной трехпроводной сети напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью и выше 1000 В с любым режимом нейтрали (в четырехпроводных трехфазных сетях с заземленной нейтралью напряжением до 1000 В в качестве защитной меры в стационарных установках применяется зануление).

Рис. 35
 Принципиальная
 схема зануления
 электроустановки
 $I_{кз}$ — нулевой провод; R_0 —
 составление заземления ней-
 трали; R_n — повторное зазем-
 ление сети.



Зануление — это преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением (рис. 35).

Защитное действие зануления состоит в следующем. При пробое изоляции на корпус образуется цепь с очень малым сопротивлением: фаза-корпус-нулевой провод-фаза. Следовательно, пробой на корпус при наличии зануления превращается в однофазное короткое замыкание (КЗ).

Возникающий в цепи ток резко возрастает, в результате чего срабатывает максимальная токовая защита и селективно отключает поврежденный участок сети. Для обеспечения надежного отключения необходимо, чтобы ток КЗ превышал номинальный ток защиты: $I_{кз} \approx KI_{ном}$, где $I_{ном}$ — номинальный ток плавкой вставки или ток установки расцепителя автомата; K — коэффициент кратности, равный 3 для плавких вставок и автоматов с обратозависимой от тока характеристикой, при отсутствии заводских данных для автоматов с номинальным током до 100 А кратность тока КЗ относительно величины установки следует принимать равной 1,4, для прочих автоматов — 1,25.

Для схемы зануления необходимо наличие в сети нулевого провода, заземления нейтрали источника и повторного заземления нулевого провода.

Назначение нулевого провода — создание для тока КЗ цепи с малым сопротивлением, чтобы этот ток был достаточным для срабатывания защиты, т. е. быстрого отключения поврежденной установки от сети.

Назначение повторного заземления нулевого провода, которое для воздушных сетей осуществляется через каждые 250 м, состоит в уменьшении потенциала зануленных корпусов при обрыве нулевого провода и замыкании фазы на корпус за местом обрыва. Поскольку повторное заземление значительно уменьшает опасность поражения током, но не устраняет ее полностью, необходима тщательная прокладка нулевого провода, чтобы исключить обрыв. Нельзя ставить в нулевом проводе предохранители, рубильники и другие приборы, нарушающие целостность нулевого провода.

Назначение заземления нейтрали — снижение до минимального значения напряжения относительно земли нулевого провода и всех присоединенных к нему корпусов при случайном замыкании фазы на землю.

В соответствии с ГОСТ 12.1.030-81 защитное заземление или зануление электроустановок следует выполнять:

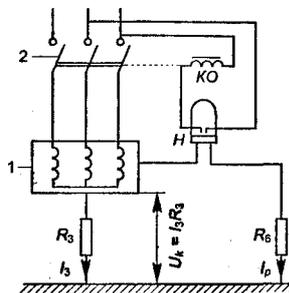
- при номинальном напряжении 380 В и выше переменного тока, а также 440 В и выше постоянного тока — во всех случаях;
- при номинальном напряжении от 42 до 380 В переменного тока и от 110 до 440 В постоянного тока — при работах в условиях с повышенной опасностью и особо опасных.

Защитное отключение — это быстродействующая защита, обеспечивающая автоматическое отключение электроустановки при возникновении опасности поражения током. Такая опасность может возникнуть, в частности: при замыкании фазы на корпус электрооборудования; при снижении сопротивления изоляции фаз относительно земли ниже определенного предела; при появлении в сети более высокого напряжения; при прикосновении человека к токоведущей части, находящейся под напряжением.

Любой из этих параметров, а точнее — изменение его до определенного предела, при котором возникает опасность поражения человека током, может служить импульсом, вызывающим срабатывание защитно-отключающего устройства, т. е. автоматическое отключение опасного участка цепи.

Рис. 36
 Принципиальная схема
 защитного отключения
 электроустановки при появлении
 напряжения на ее корпусе

1 — корпус; 2 — автоматический выключатель; КО — катушка отключения; Н — реле напряжения максимальное; R_3 — сопротивление защитного заземления; R_6 — сопротивление вспомогательного заземления.



К устройствам защитного отключения (УЗО) предъявляется ряд требований: быстрдействие — длительность отключения поврежденного участка сети должна быть не более 0,2 с; надежность; высокая чувствительность — входной сигнал по току не должен превышать нескольких миллиампер, а по напряжению — нескольких десятков вольт; селективность — избирательность отключения только аварийного участка.

Защитное отключение может применяться в качестве единственной меры защиты в передвижных электроустановках напряжением до 1000 В либо в сочетании с защитным заземлением или занулением.

В качестве примера рассмотрим УЗО (рис. 36), назначение которого — быстрое отключение от сети установки, если напряжение ее корпуса относительно земли окажется выше некоторого предельно допустимого значения $U_{к доп}$, вследствие чего прикосновение к корпусу становится опасным.

При замыкании фазного провода на заземленный корпус электроустановки в начале проявится защитное свойство заземления, в результате чего напряжение корпуса будет ограничено некоторым значением $U_к$.

Затем, если значение $U_к$ окажется выше заранее установленного предельно допустимого напряжения $U_{к доп}$, равного 20 В, срабатывает защитно-отключающее устройство.

При этом реле максимального напряжения, замкнув контакты, подает питание на отключающую катушку, которая вызовет отключение выключателя, что приводит к отключению электроустановки от сети. Применение этого типа УЗО ограничивается электроустановками до 1000 В с индивидуальным заземлением.

СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ

В процессе эксплуатации электроустановок нередко возникают условия, при которых даже самое совершенное их выполнение не обеспечивает безопасности работающего и требуется применение специальных средств защиты.

Таковыми средствами защиты, дополняющими стационарные конструктивные защитные устройства электроустановок, являются переносные приборы и приспособления, служащие для защиты персонала, работающего в электроустановках, от поражения током, от воздействия электрической дуги, продуктов горения, падения с высоты и т. п.

К электрозачитным средствам относятся: изолирующие штанги и клещи, электроизмерительные клещи, указатели напряжения, слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками для работы в электроустановках напряжением до 1 кВ и изолирующие устройства и приспособления для ремонтных работ в электроустановках напряжением свыше 1 кВ, диэлектрические перчатки, боты, галоши, коврики, изолирующие накладки и подставки, индивидуальные экранирующие комплекты, переносные заземления, оградительные устройства и диэлектрические колпаки, плакаты и знаки безопасности.

Кроме электрозачитных средств для обеспечения безопасных и высокопроизводительных условий работы в действующих электроустановках применяются другие СИЗ: очки, каски, рукавицы, противогазы, предохранительные монтерские пояса и страховочные канаты.

Средства защиты, используемые в электроустановках, по своему назначению подразделяются на две категории: основные и дополнительные (рис. 37).

Основные электрозачитные средства — это средства защиты, изоляция которых длительно выдерживает рабочее напряжение электроустановок и которые позволяют прикасаться к токоведущим частям, находящимся под напряжением.

Дополнительные электрозачитные средства — это средства защиты, дополняющие основные средства, а также служащие для защиты от напряжения прикосновения и напряжения шага, которые сами по себе не могут при данном напряжении обеспечить защиту от поражения током, а применяются совместно с основными электрозачитными средствами.

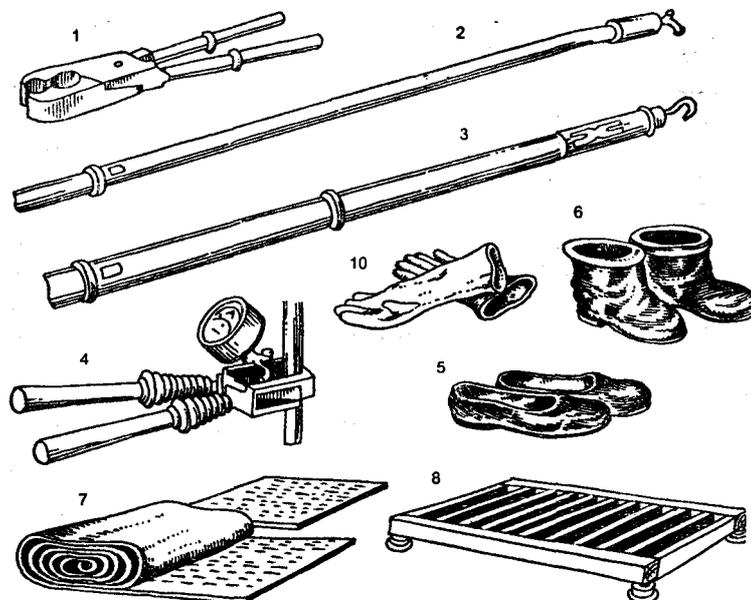


Рис. 37
Основные и дополнительные защитные средства, применяемые для работы в электроустановках

1 — изолирующие клещи; 2 — изолирующая штанга; 3 — указатель напряжения; 4 — токоизмерительные клещи; 5 — диэлектрические галоши; 6 — диэлектрические боты; 7 — диэлектрические коврики; 8 — изолирующая подставка; 9 — слесарно-монтажный инструмент с изолирующими ручками; 10 — диэлектрические перчатки.

Классификация электроз защитных средств, применяемых в электроустановках напряжением до 1000 В и выше, приведена в таблице 23.

Электроз защитные средства следует использовать по их прямому назначению и только в тех электроустановках, на напряжение которых они рассчитаны. Перед применением электроз защитных средств производится проверка их исправности, осмотр на отсутствие внешних повреждений, очистка от пыли, проверка по штампу срока годности и напряжения, на которое рассчитано защитное средство. Перед применением диэлектрических перчаток необходимо убедиться в отсутствии проколов путем скручивания их в сторону пальцев.

Таблица 23

Классификация средств защиты, используемых в электроустановках

| Виды средств | Наименование средств защиты при различном напряжении электроустановки | |
|----------------|--|--|
| | До 1000В | Свыше 1000 В |
| Основные | Изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, указатели напряжения, диэлектрические перчатки, слесарно-монтажный инструмент с изолирующими ручками | Изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, указатели напряжения, изолирующие устройства и приспособления для работ на ВЛ с непосредственным прикосновением электромонтера к токоведущим частям |
| Дополнительные | Диэлектрические галоши, диэлектрические коврики, переносные заземления, изолирующие подставки и накладки, оградительные устройства, плакаты и знаки безопасности | Диэлектрические перчатки и боты, диэлектрические коврики, изолирующие подставки и накладки, индивидуальные изолирующие комплекты, диэлектрические колпаки, переносные заземления, оградительные устройства, плакаты и знаки безопасности |

Основные электроз защитные средства могут применяться в закрытых электроустановках, а в открытых электроустановках и на ВЛ — только в сухую погоду. На открытом воздухе в сырую погоду могут быть применены только средства защиты, предназначенные для работы в этих условиях.

Все электроз защитные средства перед эксплуатацией проходят приемо-сдаточные испытания и периодически (через 6-36 месяцев) подвергаются контрольным осмотрам и эксплуатационным

электрическим испытаниям повышенным напряжением.

ОРГАНИЗАЦИЯ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Опыт показывает, что для обеспечения безопасной, безаварийной и высокопроизводительной работы электроустановок необходимо, наряду с совершенным их исполнением и оснащением средствами защиты, так организовать эксплуатацию, чтобы исключить всякую возможность ошибок со стороны обслуживающего персонала.

Основой организации безопасной эксплуатации электроустановок является высокая техническая грамотность и сознательная дисциплина обслуживающего персонала, который обязан строго соблюдать организационные и технические мероприятия, а также приемы и очередность выполнения эксплуатационных операций в соответствии с «Правилами электроустановок потребителей» и «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок».

Если на производстве персонал, обслуживающий электроустановки, предварительно проходит обучение по электробезопасности и только после проверки знаний и стажировки допускается к работе с действующими электроустановками, в быту к электроприборам имеют доступ и дети, и домохозяйки, и пенсионеры, а также и работающие на производстве люди. Статистика показывает, что в быту травмируется в основном работающее население (74%). Это происходит вследствие того, что люди, не будучи специалистами, монтируют, ремонтируют и недостаточно грамотно эксплуатируют свою бытовую электротехнику и электросеть. Детский электротравматизм в быту, хоть и высок (каждый шестой случай), однако уступает взрослому из-за повышенного надзора за ними со стороны членов семьи, хотя и здесь встречаются электротравмы из-за отсутствия надлежащего присмотра за детьми, особенно дошкольного возраста (например, игры возле розеток, оставление включенных в сеть машин и приборов, часто неисправных).

Считается, что в мире от поражения электрическим током погибает ежегодно порядка 30 тысяч человек. Приняв численность населения Земли равной 6 миллиардам человек, получим средний риск гибели человека от тока равным: $30 \times 10^3 / 6 \times 10^9 = 5 \times 10^{-6}$. К сожалению, в России от электрического тока ежегодно погибает в среднем 2,5 тыс. человек. Приняв численность населения России равной 150 млн. человек, рассчитаем риск гибели от тока: $R = 25 \times 10^3 / 150 \times 10^6 = 16,6 \times 10^{-6}$. Это очень много, особенно если сравнить с передовыми по электробезопасности странами: с ФРГ (в конце 80-х гг. там погибало от тока в среднем 25-30 человек, $R = 30 / 75 \times 10^6 = 0,4 \times 10^{-6}$) или с Австрией, где ежегодно погибает 1 человек из 1 миллиона. Причин высокого уровня электротравматизма у нас много. По данным анализа производственного электротравматизма это: технические дефекты монтажа, эксплуатации и ремонта установок, неснятия напряжения при работе, неприменение знаков безопасности и надписей, несоответствие работе СИЗ, нарушения трудовой дисциплины и др.

Основные причины бытового электротравматизма: пользование неисправными электросетями и электроприборами; самостоятельный ремонт, монтаж, демонтаж и прочие электротехнические работы; дефекты конструкции, монтажа, эксплуатации; пользование самодельными электроустановками, светильниками.

Наиболее характерными видами неисправностей электроустановок, приводящих к поражению электрическим током в быту, являются: повреждение изоляции электроустановок с замыканием на корпус (30,8%), отсутствие изоляции и повреждение изоляции на дворовой проводке (20,1%), повреждение изоляции на питающем проводе, кабеле (14,8%), повреждение изоляции осветительной арматуры (7,7%), дефект монтажа (7,3%) и др.

Подытоживая причины бытового электротравматизма, их можно кратко сформулировать следующим образом: несовершенство нормативно-технической документации на бытовые электроприборы и машины, отсутствие в бытовых сетях эффективных мер защиты, недостаточность надежной бытовой электротехники, низкое качество электромонтажных работ, отсутствие квалифицированного технического контроля и надзора за эксплуатацией бытовых электросетей и электроприемников, недостаточное представление у населения об опасности действия тока и необходимости соблюдения элементарных правил пользования электроэнергией в бытовых условиях и др.

Борьба с электротравматизмом весьма сложна и многопланова, она требует постоянных усилий как многих организаций, так и каждого человека, и предполагает научный подход к обоснованию санитарно-гигиенических и технических нормативов, тщательную проработку проектно-конструкторской документации на электротехнические изделия в соответствии с требованиями безопасности, неукоснительную технологическую культуру при изготовлении, строгий контроль

выпускаемой электропродукции, безопасную эксплуатацию промышленных электроустановок и грамотное пользование бытовыми электроприборами.

Первая помощь при поражениях электрическим током. Первую доврачебную помощь пораженному током должен уметь оказывать каждый человек.

Первая помощь при несчастных случаях, вызванных поражением электрическим током, состоит из двух этапов: освобождение пострадавшего от действия тока и оказание ему первой доврачебной медицинской помощи.

Освобождение пострадавшего от действия тока. Первым действием должно быть быстрое отключение той части установки, к которой прикасается пострадавший. Если быстро отключить установку нельзя, надо отделить пострадавшего от токоведущих частей.

Способы оказания первой помощи. Оказание первой помощи зависит от состояния, в котором находится пораженный электрическим током. Для определения этого состояния необходимо немедленно:

- уложить пострадавшего на спину на твердую поверхность;
- проверить наличие у пострадавшего дыхания, пульса;
- выяснить состояние зрачка – узкий или расширенный (расширенный зрачок указывает на резкое ухудшение кровоснабжения мозга).

Во всех случаях поражения электрическим током необходимо вызвать врача независимо от состояния пострадавшего.

При этом следует немедленно начать оказание соответствующей помощи пострадавшему:

- если пострадавший находится в сознании, но до этого был в состоянии обморока, или продолжительное время находился под током, его следует удобно уложить на подстилку, накрыть чем-нибудь (одеждой) и до прибытия врача обеспечить полный покой, непрерывно наблюдая за дыханием и пульсом;
- если сознание отсутствует, но сохранились устойчивые пульс и дыхание, нужно ровно и удобно уложить пострадавшего на подстилку, расстегнуть пояс и одежду, обеспечить приток свежего воздуха и полный покой; давать пострадавшему нюхать нашатырный спирт и обрызгивать его водой;
- если пострадавший плохо дышит (резко, судорожно), делать искусственное дыхание и наружный массаж сердца;
- если отсутствуют признаки жизни (дыхание, сердцебиение, пульс), нельзя считать пострадавшего мертвым, так как смерть часто бывает лишь кажущейся. В этом случае также надо делать искусственное дыхание и массаж сердца. Заключение о смерти пострадавшего может сделать только врач.

При оказании помощи мнимо умершему дорога каждая секунда, поэтому первую помощь нужно оказывать немедленно и непрерывно, тут же на месте.

7.5. СТАТИЧЕСКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

ВОЗНИКНОВЕНИЕ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Под статическим электричеством понимают совокупность явлений, связанных с возникновением и релаксацией свободного электрического заряда на поверхности, или в объеме диэлектриков, или на изолированных проводниках.

Образование и накопление зарядов на перерабатываемом материале связано с двумя условиями. Во-первых, должен произойти контакт поверхностей, в результате которого образуется двойной электрический слой. Во-вторых, хотя бы одна из контактирующих поверхностей должна быть из диэлектрического материала. Заряды будут оставаться на поверхностях после их разделения только в том случае, если время разрушения контакта меньше времени релаксации зарядов. Последнее в значительной степени определяет величину зарядов на разделенных поверхностях.

Двойной электрический слой – это пространственное распределение электрических зарядов на границах соприкосновения двух фаз. Такое распределение зарядов наблюдается на границе металл – металл, металл – вакуум, металл – газ, металл – полупроводник, металл – диэлектрик, диэлектрик – диэлектрик, жидкость – твердое тело, жидкость – жидкость, жидкость – газ. Толщина двойного электрического слоя на границе раздела двух фаз соответствует диаметру иона (10^{-10} м).

Основная величина, характеризующая способность к электризации – удельное электрическое сопротивление поверхностей контактируемых материалов. Если контактирующие поверхности имеют низкое сопротивление, то при разделении заряды с них стекают, и отдельные поверхности несут незначительный заряд. Если же сопротивление высокое или велика скорость отрыва поверхностей, то заряды будут сохраняться.

Следовательно, основные факторы, влияющие на электризацию веществ, – их электрофизические параметры и скорость разделения. Экспериментально установлено, что чем интенсивнее ведется процесс (чем выше скорость отрыва), тем больший заряд остается на поверхности.

Условно принято, что при удельном электрическом сопротивлении материалов менее 10^5 Ом · м заряды не сохраняются и материалы не электризуются.

Опытами установлено, что при соприкосновении (трении) двух диэлектриков тот из них, который имеет большее значение диэлектрической постоянной, заряжается положительно, в то время как материал с меньшей диэлектрической постоянной заряжается отрицательно.

ОПАСНОСТЬ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Основная опасность, создаваемая электризацией различных материалов, состоит в возможности искрового разряда как с диэлектрической наэлектризованной поверхности, так и с изолированного проводящего объекта.

Разряд статического электричества возникает тогда, когда напряженность электрического поля над поверхностью диэлектрика или проводника, обусловленная накоплением на них зарядов, достигает критической (пробивной) величины. Для воздуха эта величина составляет примерно 30 кВ/м.

Воспламенение горючих смесей искровыми разрядами статического электричества произойдет, если выделяющаяся в разряде энергия будет больше энергии, воспламеняющей горючую смесь, или, в общем случае, выше минимальной энергии зажигания горючей смеси.

Электростатическая искробезопасность объекта достигается при выполнении условия безопасности:

$$W_p \leq K W_{min},$$

где W_p – максимальная энергия разрядов, которые могут возникнуть внутри объекта или на его поверхности, Дж; K – коэффициент безопасности, выбираемый из условий допустимой (безопасной) вероятности зажигания ($K < 1,0$); W_{min} – минимальная энергия зажигания веществ и материалов, Дж.

Энергия (в Дж), выделяемая в искровом разряде с заряженной проводящей поверхности:

$$W_p = 0,5 C \varphi^2,$$

где C – электрическая емкость проводящего объекта относительно земли, Ф; φ – потенциал заряженной поверхности относительно земли, В.

Электростатическая искробезопасность объектов обеспечивается снижением электростатической искробезопасности объекта (снижением W_p), а также снижением чувствительности объектов, окружающей и проникающей в них среды к зажигающему воздействию статического электричества (увеличением W_{min}).

Энергию разряда с заряженной диэлектрической поверхностью можно определить только экспериментально.

Минимальная энергия зажигания горючих смесей зависит от природы веществ и также определяется экспериментально.

Ниже приведены минимальные энергии зажигания W_{min} (в мДж) некоторых паро- и газоздушных смесей (см. табл. 24). Следует отметить, что указанные значения минимальной энергии зажигания достигаются для большинства паро- и газоздушных смесей при напряжении 3000 В, а при 5000 В искровой разряд может вызвать воспламенение большей части горючих пылей и волокон.

Т а б л и ц а 24

Минимальные энергии зажигания некоторых паро-и газоздушных смесей

| Вещество | W_{min} , мДж | Вещество | W_{min} , мДж |
|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Акрилонитрил | 0,16 | Метиловый спирт | 0,14 |
| Аммиак | 0,680 | Пентан | 0,22 |

| | | | |
|-------------------|-------|------------------|-------|
| Ацетилен | 0,011 | Петролейный эфир | 0,18 |
| Ацетон (при 25°C) | 0,406 | Пропан | 0,26 |
| Бензин Б-70 | 0,15 | Пропилен | 0,17 |
| Бензол | 0,21 | Пропиленоксид | 0,14 |
| Бутадиен | 0,125 | Тетрагидропиран | 0,22 |
| Бутан | 0,26 | Циклогексан | 0,223 |
| Водород | 0,013 | Циклопропан | 0,23 |
| Гексан | 0,23 | Этан | 0,24 |
| Диэтиловый эфир | 0,19 | Этилацетат | 0,48 |
| Изоктан | 0,28 | Этилен | 0,095 |
| Изопентан | 0,21 | Этиленоксид | 0,06 |
| Метан | 0,29 | Этиловый спирт | 0,14 |

В ряде случаев статическая электризация тела человека и затем последующие разряды с человека на землю или заземленное производственное оборудование, а также электрический разряд с незаземленного объекта через тело человека на землю могут вызвать нежелательные болевые и нервные ощущения и быть причиной непроизвольного резкого движения человека, в результате которого человек может получить ту или иную механическую травму.

ЗАЩИТА ОТ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Устранение опасности возникновения электростатических зарядов достигается применением ряда мер: заземлением, повышением поверхностной проводимости диэлектриков, ионизацией воздушной среды, уменьшением электризации горючих жидкостей.

Заземление используется прежде всего для производственного оборудования и емкостей для хранения легковоспламеняющихся и горючих жидкостей. Оборудование считается электростатически заземленным, если сопротивление в любой его точке не превышает 10^6 Ом. Значение сопротивления заземляющего устройства, предназначенного для защиты от статического электричества, допускается до 100 Ом.

Поверхностная проводимость диэлектриков повышается при увеличении влажности воздуха или применении антистатических примесей. При относительной влажности воздуха 85% и более электростатических зарядов обычно не возникает.

Антистатические вещества (графит, сажа) вводят в состав резинотехнических изделий, из которых изготовляют шланги для налива и перекачки легковоспламеняющихся жидкостей, что резко снижает опасность воспламенения этих жидкостей при переливании их в передвижные емкости (автоцистерны, железнодорожные цистерны). Металлические наконечники сливных шлангов во избежание проскакивания искр на землю или заземленные части оборудования дополнительно заземляют гибким медным проводником.

Ионизация воздуха приводит к увеличению его электропроводности, при этом происходит нейтрализация поверхностных зарядов ионами противоположного знака. Ионизация воздуха осуществляется воздействием на него высоковольтного электрического поля, образующего коронный разряд, либо воздействием источника радиоактивного излучения. Во многих случаях эффективнее применять комбинированные нейтрализаторы, представляющие совмещенный в одном устройстве радиоактивный и индукционный нейтрализаторы. Индукционный нейтрализатор состоит из несущей конструкции, на которой укреплены заземленные иглы. Под действием электрического поля, образованного зарядами наэлектризованного материала, около острия игл возникает ударная ионизация воздуха.

Уменьшение электризации горючих и легковоспламеняющихся жидкостей достигается: повышением электропроводности жидкости, введением в нее антистатических добавок, снижением скорости движения жидкостей – диэлектриков.

Для защиты работающих от статического заряда, который может накапливаться на них за счет емкости тела, равной примерно 200-250 пФ, используют обувь с электропроводящей подошвой. Предусматриваются также электропроводящие полы. При работах сидя применяют статические халаты в сочетании с электропроводной подушкой стула или электропроводные браслеты, соединенные с заземляющим устройством через сопротивление 10^5 - 10^7 Ом.

7.6. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭМП

Электромагнитное поле (ЭМП) представляет особую форму материи. Всякая электрически заряженная частица окружена электромагнитным полем, составляющим с ней единое целое. Но электромагнитное поле может существовать и в свободном, отделенном от заряженных частиц, состоянии в виде движущихся со скоростью, близкой к $3 \cdot 10^8$ м/с, фотонов или вообще в виде излученного движущегося с этой скоростью электромагнитного поля (электромагнитных волн).

Движущееся ЭМП (электромагнитное излучение – ЭМИ) характеризуется векторами напряженности электрического E (В/м) и магнитного H (А/м) полей, которые отражают силовые свойства ЭМП.

В электромагнитной волне векторы E и H всегда взаимно перпендикулярны. В вакууме и воздухе $E = 377 H$. Длина волны λ , частота колебаний f и скорость распространения электромагнитных волн в воздухе c связаны соотношением $c = \lambda f$. Например, для промышленной частоты $f = 50$ Гц длина волны $\lambda = 3 \times 10^8 / 50 = 6000$ км, а для ультракоротких частот $f = 3 \times 10^8$ Гц длина волны равна 1 м. Около источника ЭМП выделяют ближнюю зону, или зону индукции, которая находится на расстоянии $R \leq \lambda/2\pi \approx \lambda/6$, и дальнюю зону, или зону излучения, в которой $R > \lambda/6$. В диапазоне от низких частот до коротковолновых излучений частотой < 100 МГц (таблица 25) ЭМП около генератора следует рассматривать как поле индукции, а рабочее место – находящимся в зоне индукции. В зоне индукции электрическое и магнитное поля можно считать независимыми друг от друга. Поэтому нормирование в этой зоне ведется как по электрической, так и по магнитной составляющей. В зоне излучения (волновой зоне), где уже сформировалась бегущая электромагнитная волна, наиболее важным параметром является интенсивность, которая в общем виде определяется векторным произведением E и H , а для сферических волн при распространении в воздухе может быть выражена как

$$I = \frac{P_{\text{ист}}}{4\pi R^2} \text{ Вт/м}^2,$$

где $P_{\text{ист}}$ – мощность излучения.

ИСТОЧНИКИ ЭМП И КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Естественными источниками электромагнитных полей и излучений являются прежде всего: атмосферное электричество, радиоизлучения солнца и галактик, электрическое и магнитное поля Земли. Все промышленные и бытовые электро- и радиоустановки являются источниками искусственных полей и излучений, но разной интенсивности. Перечислим наиболее существенные источники этих полей.

Электростатические поля возникают при работе с легко электризующимися материалами и изделиями, при эксплуатации высоковольтных установок постоянного тока.

Источниками постоянных и магнитных полей являются: электромагниты с постоянным током и соленоиды, магнитопроводы в электрических машинах и аппаратах, литые и металлокерамические магниты, используемые в радиотехнике.

Источниками электрических полей промышленной частоты (50 Гц) являются: линии электропередач и открытые распределительные устройства, включающие коммутационные аппараты, устройства защиты и автоматики, измерительные приборы, сборные, соединительные шины, вспомогательные устройства, а также все высоковольтные установки промышленной частоты.

Т а б л и ц а 2 5

Спектр электромагнитных излучений

| Название ЭМИ | | Диапазон частот, Гц | Длины волн, м |
|----------------|----------------------|--------------------------|---------------|
| Статические | Постоянные ЭМП | 0 | - |
| Низкочастотные | Крайне и сверхнизкие | $3 \times (10^0 - 10^2)$ | $10^8 - 10^6$ |

| | | | |
|----------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | Инфра- и очень низкие, низкие | $3 \times (10^2-10^4)$ | 10^6-10^4 |
| Радиочастотные | Длинные волны (ДВ) | $3 \times (10^4-10^5)$ | 10^4-10^3 |
| | Средние волны (СВ) | $3 \times (10^5-10^6)$ | 10^3-10^2 |
| | Короткие волны (КВ) | $3 \times (10^6-10^7)$ | 10^2-10^1 |
| | Ультракороткие (УКВ) | $3 \times (10^7-10^8)$ | 10^1-10^0 |
| | Микроволны (СВЧ) | $3 \times (10^8-10^{11})$ | 10^0-10^{-3} |
| Оптические | Инфракрасные | $3 \times (10^{12}-10^{14})$ | $10^{-4}-10^{-6}$ |
| | Видимые | 3×10^{14} | $(0,39-0,76) \times 10^{-6}$ |
| | Ультрафиолетовые | $3 \times (10^{14}-10^{16})$ | $10^{-6}-10^{-8}$ |
| Ионизирующие | Рентгеновское излучение | $3 \times (10^{17}-10^{19})$ | $10^{-9}-10^{-11}$ |
| | Гамма-излучение | $3 \times (10^{20}-10^{22})$ | $10^{-12}-10^{-14}$ |

Магнитные поля промышленной частоты возникают вокруг любых электроустановок и токопроводов промышленной частоты. Чем больше ток, тем выше интенсивность магнитного поля.

Источниками электромагнитных излучений радиочастот являются мощные радиостанции, антенны, генераторы сверхвысоких частот, установки индукционного и диэлектрического нагрева, радары, измерительные и контролирующие устройства, исследовательские установки, высокочастотные приборы и устройства в медицине и в быту.

Источником электростатического поля и электромагнитных излучений в широком диапазоне частот (сверх- и инфранизкочастотном, радиочастотном, инфракрасном, видимом, ультрафиолетовом, рентгеновском) являются персональные электронно-вычислительные машины (ПЭВМ) и видеодисплейные терминалы (ВДТ) на электронно-лучевых трубках, используемые как в промышленности, научных исследованиях, так и в быту. Главную опасность для пользователей представляет электромагнитное излучение монитора в диапазоне частот 5 Гц–400 кГц и статический электрический заряд на экране.

Источником повышенной опасности в быту с точки зрения электромагнитных излучений являются также микроволновые печи, телевизоры любых модификаций, мобильные телефоны. В настоящее время признаются источниками риска в связи с последними данными о воздействии магнитных полей промышленной частоты: электроплиты с электроподводкой, электрогрили, утюги, холодильники (при работающем компрессоре) и другие бытовые электроприборы, включая электробритвы и электрочайники.

В таблице 25 представлен весь спектр электромагнитных излучений с указанием принятого на практике названия волн, диапазона частот и длин волн.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ ЗЕМЛИ - НЕОБХОДИМОЕ УСЛОВИЕ ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА

Жизнь на нашей планете возникла в тесном взаимодействии с электромагнитными излучениями и, прежде всего, с электромагнитным полем Земли. Человек приспособился к земному полю в процессе своего развития, и оно стало не только привычным, но и необходимым условием нашей жизни. Как увеличение, так и уменьшение интенсивности естественных полей способны сказаться на биологических процессах.

Электромагнитная сфера нашей планеты определяется в основном электрическим ($E = 120-150$ В/м) и магнитным ($H = 24-40$ А/м) полями Земли, атмосферным электричеством, радиоизлучением Солнца и галактик, а также полями искусственных источников (мощных радиостанций, промышленного электротермического оборудования, исследовательских установок, измерительных и контролирующих устройств и др.). Как уже отмечалось, диапазон естественных и искусственных полей очень широк: начиная от постоянных магнитных и электростатических полей и кончая рентгеновским и гамма-излучением частотой 3×10^{21} Гц и выше. Каждый из диапазонов электромагнитных излучений по-разному влияет на развитие живого организма. В частности, ЭМИ светового диапазона (с длиной волн 0,39-0,76 мкм) не только играют огромную роль как сильный физиологический фактор биоритмики живого, но и оказывают мощное информационное воздействие на организм через органы зрения или другие световые рецепторы.

В дальнейшем ограничимся рассмотрением наиболее распространенных электромагнитных полей, используемых в технике и науке, а именно ЭМП промышленной частоты, статических полей и ЭМП

радиочастот.

По поводу естественных полей отметим, что усиление электрического поля перед грозой и во время грозы характеризуется дискомфортом самочувствия человека, а магнитные бури, связанные с солнечной активностью, влияют не только на ослабленных и пожилых людей, но являются одной из причин многих автодорожных и других аварий. Ослабленные естественные поля стали предметом изучения прежде всего в связи с развитием космонавтики. Опыты над животными, в частности мышами, показывают, что значительное уменьшение геомагнитного поля через определенный отрезок времени (во втором поколении) способно вызвать существенное изменение процессов жизнедеятельности: нарушается деятельность печени, почек, половых желез, но самое главное – появляются опухоли в разных органах. Существует гипотеза ученого из США Мак-Лина, связывающая увеличение раковых заболеваний человека со снижением магнитного поля нашей планеты, которое по его расчетам за последние 2,5 тыс. лет уменьшилось на 66%. Экранировка от электрических полей также не проходит бесследно для экспериментальных животных. Было отмечено увеличение смертности подопытных мышей после 2-3 недель пребывания в экранированном от внешних электрических полей пространстве, прежде всего за счет нарушений регуляции обмена веществ в организме.

Еще раз отметим, что если естественное поле Земли необходимо для жизни человека, а слабые искусственные ЭМП неоднозначно воздействуют на живой мир, нередко оказывая благоприятное влияние, то можно утверждать о вредном воздействии сильных полей на животных и человека, которое выражается у людей прежде всего в нарушениях функционального состояния центральной нервной и сердечно-сосудистой систем.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Механизм воздействия ЭМП на биологические объекты очень сложен и недостаточно изучен. Но в упрощенном виде это воздействие можно представить следующим образом: в постоянном электрическом поле молекулы, из которых состоит тело человека, поляризуются и ориентируются по направлению поля: в жидкостях, в частности в крови, под электрическим воздействием появляются ионы и, как следствие, токи. Однако ионные токи будут протекать в ткани только по межклеточной жидкости, так как при постоянном поле мембраны клеток, являясь хорошими изоляторами, надежно изолируют внутриклеточную среду.

При повышении частоты внешнего ЭМП электрические свойства живых тканей меняются: они теряют свойства диэлектриков и приобретают свойства проводников, причем это изменение происходит неравномерно. С дальнейшим возрастанием частоты индуцирование ионных токов постепенно замещается поляризацией молекул.

Переменное поле вызывает нагрев тканей человека как за счет переменной поляризации диэлектрика, так и за счет появления токов проводимости. Тепловой эффект является следствием поглощения энергии электромагнитного поля. На высоких частотах, прежде всего в диапазоне радиочастот (10^5 - 10^{11} Гц), энергия проникшего в организм поля многократно отражается, преломляется в многослойной структуре тела с разными толщинами слоев тканей. Вследствие этого поглощается энергия ЭМП неодинаково, отсюда воздействие на разные ткани происходит также неодинаково.

Тепловая энергия, возникшая в тканях человека, увеличивает общее тепловыделение тела. Если механизм терморегуляции тела не способен рассеять избыточное тепло, возможно повышение температуры тела. Это происходит, начиная с интенсивности поля равной 100 Вт/м^2 , которая называется тепловым порогом. Органы и ткани человека, обладающие слабо выраженной терморегуляцией, более чувствительны к облучению (мозг, глаза, почки, кишечник, семенники). Перегревание тканей и органов ведет к их заболеваниям, а повышение температуры тела на 1°C и выше недопустимо из-за возможных необратимых изменений.

Исследования показали, что влияние ЭМП высоких частот, и особенно СВЧ, на живой организм обнаруживается и при интенсивностях ниже тепловых порогов, т. е. имеет место их нетепловое воздействие, которое, как предполагают, является результатом ряда микропроцессов, протекающих под действием полей.

Отрицательное воздействие ЭМП вызывает обратимые, а также необратимые изменения в организме: торможение рефлексов, понижение кровяного давления (гипотония), замедление сокращений сердца (брадикардия), изменение состава крови в сторону увеличения числа лейкоцитов и уменьшения эритроцитов, помутнение хрусталика глаза (катаракта).

Субъективные критерии отрицательного воздействия ЭМП – головные боли, повышенная утомляемость, раздражительность, нарушение сна, одышка, ухудшение зрения, повышение температуры тела.

Наряду с биологическим действием, электростатическое поле и электрическое поле промышленной частоты обуславливают возникновение разрядов между человеком и другим объектом, имеющим иной, чем у человека, потенциал. Зарегистрированные при этом токи не представляют особой опасности, но могут вызывать неприятные ощущения. В любом случае такого рода воздействия можно предотвратить путем простого заземления крупногабаритных (автобус, крыша деревянного здания и пр.) и протяженных (трубопровод, проволочная изгородь и т. п.) объектов, так как на них из-за большой емкости накапливается достаточный заряд и существенный потенциал, которые могут обусловить заметный разрядный ток.

В последнее время появляются публикации о возможном влиянии неинтенсивных магнитных полей на возникновение злокачественных заболеваний. В частности, ученые Швеции обнаружили у детей до 15 лет, проживающих около ЛЭП, что при магнитной индукции 0,2 мкТл они заболевают лейкемией в 2,7 раза чаще, чем в контрольной группе, удаленной от ЛЭП, и в 3,8 раза чаще, если индукция выше 0,3 мкТл, т. е. при напряженности магнитного поля около 0,24 А/м!

Существует большое количество гипотез, объясняющих биологическое действие магнитных полей. В основном они сводятся к индуктированию токов в живых тканях и непосредственному влиянию поля на клеточном уровне. В таблице 26 приведены значения напряженности постоянного и низкочастотного магнитного поля, при которой начинает проявляться тот или иной физический механизм при воздействии магнитных полей.

Относительно безвредными для человека в течение длительного времени следует признать МП, имеющие порядок геомагнитного поля и его аномалий, т. е. напряженности МП не более 0,15-0,2 кА/м. При более высоких напряженностях МП начинает проявляться реакция на уровне организма. Характерной чертой этих реакций является длительная задержка относительно начала действия МП, а также ярко выраженный кумулятивный эффект при длительном действии МП. В частности, эксперименты, проведенные на людях, показали, что человек начинает ощущать МП, если оно действует не менее 3-7 с. Это ощущение сохраняется некоторое время (около 10 с) и после окончания действия МП.

Т а б л и ц а 2 6

Проявление физических механизмов в зависимости от напряженности магнитного поля

| <i>Физические механизмы действия магнитного поля, источники МП, биологические уровни</i> | <i>Напряженность МП, кА/м</i> |
|--|-------------------------------|
| Нарушение пространственной ориентации биомолекул | 800 |
| Магнитогидротормозной эффект | 160 |
| Изменение электропроводности воды | 115 |
| ЭДС самоиндукции, соответствующая собственным биопотенциалам | 80 |
| Магнитные эффекты в химических реакциях | 8-80 |
| Увеличение вязкости воды | 11 |
| ПДУ при 8-часовом рабочем дне для постоянного МП | 8 |
| Курская магнитная аномалия | 0,16 |
| Геомагнитное поле | 0,025-0,04 |

Интересные данные получены проф. А. В. Сосуновым: постоянное магнитное поле напряженностью 48 кА/м стимулировало рост раковых клеток в тканевых культурах, а при напряженности 160 кА/м большинство раковых клеток погибло.

В развитие сведений о воздействии магнитных полей приведем результаты экспериментов Института гигиены труда им. Ф. Ф. Эрисмана. Сотрудники этого института установили, что вода, обработанная магнитным полем в 160 кА/м не вызывает серьезных изменений в организме подопытных крыс. Когда же крысы начинали пить воду, обработанную более сильным магнитным полем (400 кА/м), то у них возникали предпатологические изменения в нервной и кровеносной системах, а также в самой крови. Все это указывает на неоднозначность реакций организма на воздействие ЭМП, прежде всего его

магнитной составляющей, и предопределяет большую осторожность при использовании ЭМП, а также тщательность и серьезное обоснование при гигиеническом нормировании полей.

ПРИНЦИПЫ НОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

В настоящее время в качестве определяющего параметра при оценке влияния поля как электрического, так и магнитного частотой до 10–30 кГц принято использовать плотность индуцированного в организме электрического тока. Считается, что плотность тока проводимости $j < 0,1$ мкА/см², индуцированного внешним полем, не влияет на работу мозга, так как импульсные биотоки, протекающие в мозгу, имеют большие значения. В таблице 27 представлены возможные эффекты в зависимости от плотности тока, наведенного переменным полем в теле человека.

Оценку опасности для здоровья человека выводят из связи между значением плотности тока, наведенного в тканях, и характеристиками ЭМП. Плотность тока, индуцированного магнитным полем, определяется из выражения: $j = \pi R \gamma f B$, где B – магнитная индукция, Тл, $B = \mu H$; f – частота, Гц; γ – удельная проводимость, См/м.

Для удельной проводимости мозга принимают $\gamma = 0,2$ См/м, для сердечной мышцы $\gamma = 0,25$ См/м. Если принять радиус $R = 7,5$ см для головы и 6 см для сердца, произведение γR получается одинаковым в обоих случаях. При таком подходе безопасная для здоровья магнитная индукция получается равной около 0,4 мТл при 50 или 60 Гц, что эквивалентно напряженности магнитного поля $H \leq 300$ А/м.

Плотность тока, индуцированного в теле человека электрическим полем, оценивают по формуле: $j = k \times f \times E$, с различными коэффициентами k для области мозга и сердца. Для ориентировочных расчетов, поскольку важно оценить порядок плотности тока j , принято $k = 3 \times 10^{-3}$ См/Гц м.

В области частот от 30 до 100 кГц механизм воздействия полей через возбуждение нервных и мышечных клеток уступает место тепловому воздействию и в качестве определяющего фактора принимается удельная мощность поглощения. При этом считается в соответствии с различными международными предписаниями, что для энергии, поглощенной телом человека, достаточно безопасным пределом является 0,4 Вт/кг (в стандарте ФРГ – VDE 0848, часть 2). В диапазоне частот от 100 МГц до 3 ГГц следует учитывать резонансные эффекты в теле и в области головы, на что при нормировании должна быть сделана поправка.

Таблица 27

Возможные эффекты в зависимости от плотности тока, наведенного переменным полем в теле человека

| Плотность индуцированного тока j , мкА/см ² | Наблюдаемые эффекты |
|--|---|
| 0,1 | Нет |
| 1,0 | Мелькание световых кругов в глазах, аналогичное при надавливании на глазное яблоко |
| 10-50 | Острые невралгические симптомы, подобные тем, что вызываются электрическим током, т. е. проявляется стимуляция сенсорных рецепторов и мышечных клеток |
| более 100 | Возрастает вероятность фибрилляции желудочка сердца, остановка сердечной деятельности, длительный спазм дыхательных мышц, серьезные ожоги |

НОРМИРОВАНИЕ ЭМП РАДИОЧАСТОТ

Для предупреждения заболеваний, связанных с воздействием радиочастот, установлены предельно допустимые значения напряженности и плотности потока энергии (ППЭ) на рабочем месте персонала и для населения. Согласно ГОСТ 12.1.006-84, напряженность ЭМП в диапазоне частот 60 кГц – 300 МГц на рабочих местах персонала в течение рабочего дня не должна превышать установленных предельно допустимых уровней (ПДУ):

по электрической составляющей, В/м:

50 – для частот от 60 кГц до 3 МГц;

20 – для частот свыше 3 МГц до 30 МГц;

10 – для частот свыше 30 МГц до 50 МГц;

5 – для частот свыше 50 МГц и до 300 МГц;

по магнитной составляющей, А/М.:
 5 – для частот от 60 кГц до 1,5 МГц;
 0,3 – для частот от 30 МГц до 50 МГц.

В настоящее время в соответствии со стандартом СЭВ 5801-86, а также согласно СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 определяют ПДУ в диапазоне частот 60 кГц – 300 МГц исходя из энергетической нагрузки (ЭН), которая представляет собой произведение квадрата напряженности поля на время его воздействия. Энергетическая нагрузка, создаваемая электрическим полем, равна $\text{ЭН}_E = E^2T$, магнитным – $\text{ЭН}_H = H^2T$. Откуда значение ПДУ E и H находят из следующих выражений:

$$E_{\text{пду}} = \sqrt{\frac{\text{ЭН}_{E\text{пду}}}{T}}, \quad H_{\text{пду}} = \sqrt{\frac{\text{ЭН}_{H\text{пду}}}{T}}$$

Значения ПДУ энергетической нагрузки в течение рабочего дня, а также ПДУ составляющих поля для короткого промежутка времени, определенные по представленным формулам, указаны в таблице 28.

Таблица 28

Значения ПДУ энергетической нагрузки в течение рабочего дня, а также ПДУ составляющих поля для короткого промежутка времени

| Параметр | Предельные значения в диапазонах частот, МГц | | |
|---|--|---------------|-----------------|
| | от 0,06 до 3 | свыше 3 до 30 | свыше 30 до 300 |
| $\text{ЭН}_{E\text{пду}}(\text{В/м})^2\text{ч}$ | 20000 | 7000 | 800 |
| $\text{ЭН}_{H\text{пду}}(\text{А/м})^2\text{ч}$ | 200 | - | - |
| $E_{\text{пду}}(\text{В/м})$ | 500 | 300 | 80 |
| $H_{\text{пду}}(\text{А/м})$ | 50 | - | - |

Одновременное воздействие электрического и магнитного полей в диапазоне частот 0,06–3 МГц считается допустимым при условии:

$$(\text{ЭН}_E)/(\text{ЭН}_{E\text{пду}}) + (\text{ЭН}_H)/(\text{ЭН}_{H\text{пду}}) \leq 1$$

Предельно допустимую плотность потока энергии в диапазоне частот 300 МГц-300 ГГц на рабочих местах персонала устанавливают исходя из допустимого значения энергетической нагрузки W на организм и времени пребывания в зоне облучения, однако во всех случаях она не должна превышать 10 Вт/м², а при наличии рентгеновского излучения или высокой температуры воздуха в рабочих помещениях (выше 28°С) – 1 Вт/м².

Предельно допустимая плотность потока энергии (в принципе, это плотность мощности, судя по размерности Вт/м², но в технической литературе и нормативной документации, к сожалению, принят термин «плотности потока энергии») определяется по формуле:

$$\text{ППЭ} = W/T,$$

где W – нормированное значение допустимой энергетической нагрузки на организм, равное 2 Вт/м² для всех случаев облучения, исключая облучение от вращающихся и сканирующих антенн, и 20 Вт/м² для облучения от вращающихся и сканирующих антенн; T – время пребывания в зоне облучения, ч.

Предельно допустимые значения (согласно санитарным нормам) электрического поля и плотности потока энергии на территории жилой застройки, а также на рабочих местах лиц, не достигших 18 лет, и женщин в состоянии беременности представлены в таблице 29.

Предельно допустимая ППЭ при эксплуатации микроволновых печей не должна превышать 0,1 Вт/м² при трехкратном ежедневном облучении по 40 мин и общей длительности облучения не более 2 ч в сутки.

Таблица 29

Предельно допустимые значения электрического поля и плотности потока энергии

| f | 50 Гц | 30-300 кГц | 0,3-3МГц | 3-30 МГц | 30-300 МГц | 0,3-300 ГГц |
|-----|-------|------------|----------|----------|------------|-------------|
|-----|-------|------------|----------|----------|------------|-------------|

| | | | | | | |
|------------------|-----|----|----|----|-----|-----------------------|
| $E, \text{ В/м}$ | 500 | 25 | 15 | 10 | 3,0 | 0,1 Вт/м ² |
|------------------|-----|----|----|----|-----|-----------------------|

Согласно «Временным допустимым уровням воздействия ЭМИ, создаваемых системами сотовой радиосвязи» 1994 г., допустимый уровень облучения пользователя сотового телефона не должен превышать 1 Вт/м².

НОРМИРОВАНИЕ ЭМП ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ И СТАТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

Для электростатических полей, согласно ГОСТ 12.1.045-84, устанавливается допустимая напряженность поля на рабочих местах по формуле:

$$E = 60/\sqrt{t} \text{ кВ/м, где } t = 1-9 \text{ ч.}$$

В соответствии с этим стандартом предельное значение напряженности поля $E_{ндy}$, при которой допускается работать в течение часа, равно 60 кВ/м. В течение рабочей смены разрешается работать без специальных мер защиты при напряженности 20 кВ/м.

Для определения допустимого времени в электростатическом поле без защитных мер в зависимости от фактической напряженности $E_{факт}$ следует пользоваться формулой:

$$t_{доп} = (E_{ндy}/E_{факт})^2.$$

Для электрического поля промышленной частоты в соответствии с ГОСТ 12.1.002-84 предельно допустимый уровень напряженности электрического поля, пребывание в котором не допускается без применения специальных средств защиты, равен 25 кВ/м. При напряженности поля свыше 20 кВ/м до 25 кВ/м время пребывания персонала в поле не должно превышать 10 мин.

Согласно стандарту допускается пребывание персонала без специальных средств защиты в течение всего рабочего дня в электрическом поле напряженностью до 5 кВ/м. В интервале свыше 5 кВ/м до 20 кВ/м включительно допустимое время пребывания T (ч) определяется по формуле $T = 50/E-2$, где E – напряженность воздействующего поля в контролируемой зоне, кВ/м.

При нахождении персонала в течение рабочего дня в зонах с различной напряженностью ЭП приведенное время пребывания вычисляют по формуле:

$$T_{np} = 8 (t_{E1}/T_{E1} + t_{E2}/T_{E2} + \dots + t_{En}/T_{En}),$$

где t_{E1} , t_{E2} , t_{En} и T_{E1} , T_{E2} , T_{En} - фактическое и допустимое время пребывания в зонах с напряженностью E_1 , E_2 и E_n .

При необходимости определения предельно допустимой напряженности электрического поля при заданном времени пребывания в нем уровень напряженности в кВ/м вычисляется по формуле $E = 50/(T + 2)$, где T – время пребывания в электрическом поле, ч.

Внутри жилых зданий принято $E_{ндy} = 0,5$ кВ/м, на территории зоны жилой застройки – 1 кВ/м.

Для постоянных магнитных полей в соответствии с СН 1742-77 установлена напряженность поля $H_{ндy} = 8$ кА/м в течение рабочей смены при работе с магнитными установками и магнитными материалами.

Для магнитных полей промышленной частоты в соответствии с СН 3206-85 в зависимости от характера воздействия (непрерывного или прерывистого) установлена следующая связь между общим временем T воздействия в течение рабочего дня и предельно допустимой напряженностью поля $H_{ндy}$ (таблица 30).

Характер воздействия разделен на группы:

1) непрерывное и прерывистое воздействие с длительностью импульса $t_u > 0,02$ с, с длительностью паузы $t_n < 2$ с (и при $t_u > 60$ с);

2) прерывистое воздействие с $60 \text{ с} > t_u > 1 \text{ с}$, $t_n > 2 \text{ с}$;

3) прерывистое воздействие с $0,002 \text{ с} < t_u < 1 \text{ с}$; $t_n > 2 \text{ с}$. Представляется уместным привести рекомендации Международного комитета по неионизирующим излучениям от 1990 г. о ПДУ электрического и магнитного полей промышленной частоты для профессионалов (персонала) и населения (таблица 31).

Связь между общим временем воздействия в течение рабочего дня и предельно допустимой напряженностью поля

| <i>T, ч</i> | <i>H_{пдоу}, кА/м</i> | | |
|-------------|-------------------------------|----------|----------|
| | <i>1</i> | <i>2</i> | <i>3</i> |
| <1,0 | 6,0 | 8,0 | 10,0 |
| <2,0 | 4,9 | 6,9 | 8,9 |
| <3,0 | 4,0 | 6,0 | 8,0 |
| <4,0 | 3,2 | 5,2 | 7,2 |
| <5,0 | 2,5 | 4,5 | 6,5 |
| <6,0 | 2,0 | 4,0 | 6,0 |
| <7,0 | 1,6 | 3,6 | 5,6 |
| <8,0 | 1,4 | 3,4 | 5,4 |

Рекомендации Международного комитета по неионизирующим излучениям от 1990 г. о ПДУ электрического и магнитного полей промышленной частоты

| <i>Время пребывания в поле</i> | <i>E (кВ/м)</i> | <i>H (мТл)</i> |
|--------------------------------|-----------------|------------------|
| Профессионалы | | |
| В течение рабочего дня | 10 | 0,5 |
| Короткое время | 30 | 5 (< 2 ч в день) |
| Для частей тела | - | 25 |
| Население | | |
| Вплоть до 24 ч в день | 5 | 0,1 (80А/м) |
| Несколько часов в день | 10 | 1 |

Для сравнения с зарубежными нормами приведем данные наиболее авторитетных и полных во всем частотном диапазоне от 0 до 300 ГГц немецких стандартов применительно ЭМП промышленной частоты и статических полей.

Для электростатического поля в течение рабочего дня по немецким нормам $E = 40$ кВ/м (у нас 20 кВ/м), для постоянного магнитного поля – $H = 16$ кА/м (у нас 8 кА/м).

Для напряженности электрического поля промышленной частоты в течение рабочего дня $E = 20$ кВ/м (у нас 5 кВ/м), для напряженности магнитного поля промышленной частоты $H = 4$ кА/м (у нас 1,4 кА/м).

Сравнение показывает, что наши нормы для персонала по постоянным полям жестче в 2 раза, а по ЭМП промышленной частоты – в 3-4 раза. Это свидетельствует об определенном запасе, заложенном в наши действующие нормы.

ФАКТОРЫ РИСКА ПРИ РАБОТЕ С КОМПЬЮТЕРАМИ, НОРМЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ЭМП ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОМПЬЮТЕРОВ

Компьютеры заняли прочное место в современной жизни, без них невозможно представить не только трудовую, но и другие сферы деятельности, хотя от первого электронно-вычислительного монстра весом около 50 т, созданного в Пенсильванском университете для расчета траекторий полета артиллерийских снарядов и запоминавшего одновременно всего лишь 20 чисел, до суперсовременных портативных компьютеров с колоссальным объемом памяти и феноменальной скоростью расчетов прошло чуть больше 50 лет. Первые персональные компьютеры появились в 1975 г.

Не затрагивая социальных и других аспектов вторжения компьютеров в нашу жизнь, следует заметить, что, к сожалению, не все пользователи представляют себе, какие многочисленные опасности заключены в этом «черном ящике», особенно если неграмотно его эксплуатировать.

С точки зрения безопасности труда, на здоровье пользователей прежде всего влияют повышенное зрительное напряжение, психологическая перегрузка, длительное неизменное положение тела в процессе работы и воздействие электромагнитных полей, которое является наиболее опасным и коварным, так как действует незаметно и проявляется не сразу. Исследованиями Центра электромагнитной безопасности наиболее распространенных на нашем рынке компьютеров

установлено, что «уровень ЭМП в зоне размещения пользователя превышает биологически опасный уровень».

Последствиями регулярной работы с компьютером без применения защитных мер являются:

- заболевания органов зрения (у 60% пользователей);
- болезни сердечно-сосудистой системы (у 60%);
- заболевания желудочно-кишечного тракта (у 40%);
- кожные заболевания (у 10%);
- различные опухоли, прежде всего мозга.

Особенно опасно электромагнитное излучение компьютера для детей и беременных женщин. Установлено, что у беременных женщин, работающих на компьютерах с дисплеями на электронно-лучевых трубках, с 90%-и вероятностью в 1,5 раза чаще случаются выкидыши и в 2,5 раза чаще появляются на свет дети с врожденными пороками.

В таблице 32 дается связь между основными факторами риска и возможными нарушениями здоровья (по данным Всероссийской ассоциации здоровья).

Т а б л и ц а 3 2

Связь между основными факторами риска и возможными нарушениями здоровья

| <i>Факторы риска</i> | <i>Нарушения зрения</i> | <i>Кожные заболевания</i> | <i>Стресс</i> | <i>Патология беременности</i> |
|----------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------|-------------------------------|
| Статическое электричество | + | + | ? | ? |
| ЭМП | ? | - | ? | + |
| Рентгеновские излучения | ? | - | - | + |
| Ультрафиолетовое излучение | + | ? | ? | ? |
| Мерцание изображения | + | - | + | ? |
| Яркий видимый свет | + | - | + | - |
| Блики и отраженный свет | + | - | + | - |

У с л о в н ы е о б о з н а ч е н и я : + есть связь; - связи нет; ? – связь возможна.

Первые нормативные документы, регламентирующие требования безопасности при эксплуатации компьютеров, были введены в нашей стране в 1988 г. В этих документах, действовавших до самого последнего времени, наиболее слабым местом были нормы по полям, особенно в сравнении с западными аналогами.

В настоящее время широкое распространение в странах Европы нашли требования шведских стандартов, которые намного (в десятки раз) жестче требований существующих ГОСТов по электромагнитным полям для персонала, применявшихся, однако, и для пользователей ЭВМ, среди которых много детей, пожилых и других лиц с ослабленным здоровьем.

С 1 января 1997 г. шведские нормы наконец приняты и у нас. Согласно СанПиН 2.2.2.542-96 в диапазоне частот 5 Гц-2 кГц напряженность электрического поля E не должна превышать 25 В/м, а магнитная индукция $B=250$ нТл, что равнозначно напряженности магнитного поля $H = 0,2$ А/м.

В диапазоне частот 2-400 кГц – $E \leq 2,5$ В/м, а $H \leq 0,02$ А/м. Эти значения должны характеризовать ЭМП на расстоянии 50 см от видеодисплейных терминалов вокруг них, так как ЭМИ от компьютера распространяются в пространстве во всех направлениях, а не только от экрана. В связи с этим согласно СанПиН расстояние между тыльной поверхностью одного видеомонитора и экраном другого должно быть не менее 2 м, а между боковыми поверхностями – не менее 1,2 м.

При индивидуальном использовании ПЭВМ или однорядном их расположении необходимо установить защитное покрытие на заднюю и боковые стенки ПЭВМ. Согласно Правилам регламентируется также поверхностный электростатический потенциал, который не должен превышать 500 В. При эксплуатации компьютеров ранних поколений в обязательном порядке надо применять защитный экран на мониторе, причем экран необходимо заземлять. Следует выбирать наиболее прозрачный экран, так как при работе с темным (менее 50% прозрачности) приходится увеличивать яркость, что сокращает срок службы монитора и увеличивается интенсивность излучения, особенно в

области наиболее вредных низких частот.

Более поздние мониторы с маркировкой Low Radiation практически удовлетворяют требованиям шведских стандартов и СанПиН по уровню ЭМИ. Компьютеры с жидкокристаллическим экраном не наводят статического электричества и не имеют источников относительно мощного электромагнитного излучения. При использовании блока питания возникает некоторое превышение уровня на промышленной частоте, поэтому рекомендуется работать от аккумулятора.

Наиболее эффективная система защиты от излучений реализуется созданием дополнительного металлического внутреннего корпуса, замыкающегося на встроенный закрытый экран. При такой конструкции удастся уменьшить электрическое и электростатическое поле до фоновых значений уже на расстоянии 5-7 см от корпуса, а при компенсации магнитного поля такая конструкция обеспечивает максимально возможную в наше время безопасность.

На рис. 38 представлены зоны компьютерного излучения без средств защиты от ЭМИ и при их применении.

Во всех случаях для снижения уровня облучения монитор рекомендуется располагать на расстоянии вытянутой руки пользователя. Оптимальным считается расстояние до экрана 60-70 см и ни в коем случае ближе 50 см.

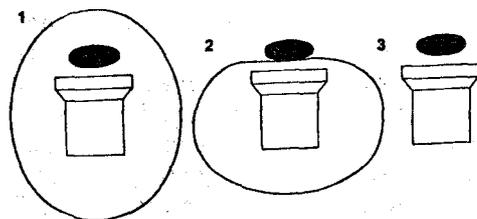


Рис. 38
Зоны распространения электромагнитных полей вокруг монитора с различной системой защиты

1 – монитор без системы электромагнитной защиты; 2 – монитор с защитным фильтром на экране; 3 – монитор с полной электромагнитной защитой.

Появился новый показатель напряженности труда – наблюдение за экранами видеотерминалов. Оптимальным устанавливается наблюдение до 2 ч в смену, допустимым до 3 ч. Свыше 3ч – это напряженность (вредность) первой степени, а свыше 4ч – напряженность второй степени. Зрительная нагрузка больше этого времени просто не допускается. Большое значение в возникновении зрительного перенапряжения имеет качество визуальных параметров изображения на дисплее, которых насчитывается более двадцати. Требования к ним, а также к эмиссионным параметрам компьютеров установлены в новых государственных стандартах (ГОСТ Р 50923-96, ГОСТ 50948-96, ГОСТ Р 50949-96).

Уровень глаз при вертикально расположенном экране ВДТ должен приходиться на центр или 2/3 высоты экрана. Линия взора должна быть перпендикулярна центру экрана.

Для обеспечения метеоусловий площадь на одно рабочее место с ВДТ и ПЭВМ должна быть не менее 6,0 кв. м. Освещенность на поверхности стола должна быть 300-500 лк, а уровень шума на рабочих местах не должен превышать 50 дБА.

Даже если все параметры компьютера, среды и рабочего места соответствуют нормативным требованиям и рекомендациям, при частой и продолжительной работе за ВДТ велика вероятность, что у пользователя будет развиваться компьютерная болезнь с ее негативными последствиями для здоровья. В США жалобы на проявления этой болезни, названной синдромом стресса оператора дисплея, встречаются более чем у половины пользователей. На возникновение и характер развития болезни большое влияние оказывает режим труда и отдыха, который зависит от вида и категории трудовой деятельности. Длительность работы преподавателей вузов в дисплейных классах не должна превышать 4 ч в день, а максимальное время занятий для первокурсников – 2 ч в день, студентов же старших курсов – 3 академических часа при соблюдении регламентированных перерывов и профилактических мероприятий: упражнений для глаз, физкультминуток и физкультпауз.

При работе с компьютером для сохранения здоровья необходимо неукоснительно соблюдать требования правил и рекомендаций по защите от вредных воздействий, в том числе и прежде всего электромагнитных излучений.

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И МАГНИТНОГО ПОЛЕЙ И ПЛОТНОСТИ ПОТОКА ЭНЕРГИИ ЭМП

Для измерения напряженности электростатического поля (ЭСП) в пространстве рекомендуются

приборы ИНЭП-1, ИЭСП-1, ИНЭП-20Д, имеющие диапазон измерений 0,2-2500 кВ/м, для ЭСП на поверхности – ИЭЗ-П с пределом измеряемых значений 4-500 кВ/м.

Для измерения напряженности постоянного магнитного поля используются приборы Ш1-8 и Ф4355, имеющие диапазон измерений 0-1600 кА/м.

Для измерения напряженности магнитного поля промышленной частоты отечественная промышленность выпускает прибор Г-79 с диапазоном измерений 0–15 кА/м в диапазоне 0,02-20 кГц.

Для измерений напряженности электрического поля промышленной частоты стандарт рекомендует прибор NFM-1, производившийся в Германии. Данный прибор пригоден и для измерений магнитного поля, так как работа его основана на законе электромагнитной индукции. Для измерения E используются антенны дипольной системы, а для измерения H – рамочные антенны. Прибор работает в широком диапазоне частот. На 50 Гц диапазон измерений E – (2-40) кВ/м, в частотном диапазоне 60 кГц – 300 МГц электрическое поле измеряется в пределах 4–1500 В/м. Магнитное поле измеряется в диапазоне 0,1-1,5 МГц для значений 0,5-300 А/м. Погрешность всех измерений доходит до 25%.

Из отечественных приборов можно указать ИЭМП-1, который пригоден для измерений $E = 5-100$ В/м в диапазоне 50 Гц-30 МГц и для измерений $H = 0,5-300$ А/м в диапазоне 100 кГц – 1,5 МГц. Погрешность измерений также высока: до 20%. Выпускаются также ПЗ-15, ПЗ-16, ПЗ-17 для измерения $E = 1-3000$ В/м в диапазоне 0,01-300 МГц. В настоящее время налажен выпуск ПЗ-21, ПЗ-22, позволяющих измерять H от 0,3 до 500 А/м.

Для измерений ЭМП сверхвысоких частот, то есть начиная с 300 МГц и выше, пригодны ПЗ-9, ПЗ-18, ПЗ-19, ПЗ-20. Диапазон измерений 1 мкВт/см²-100 мВт/см² с допустимой погрешностью до 30-40%.

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭМП

При несоответствии требованиям норм в зависимости от рабочего диапазона частот, характера выполняемых работ, уровня облучения и необходимой эффективности защиты применяют следующие способы и средства защиты или их комбинации: защита временем и расстоянием; уменьшение параметров излучения непосредственно в самом источнике излучения; экранирование источника излучения; экранирование рабочего места; рациональное размещение установок в рабочем помещении; установление рациональных режимов эксплуатации установок и работы обслуживающего персонала; применение средств предупреждающей сигнализации (световая, звуковая и т. д.); выделение зон излучения; применение средств индивидуальной защиты.

Защита временем предусматривает ограничение времени пребывания человека в рабочей зоне, если интенсивность облучения превышает нормы, установленные при условии облучения в течение смены, и применяется, когда нет возможности снизить интенсивность облучения до допустимых значений другими способами. Допустимое время пребывания зависит от интенсивности облучения.

Защита расстоянием применяется, когда невозможно ослабить интенсивность облучения другими мерами, в том числе и сокращением времени пребывания человека в опасной зоне. В этом случае увеличивают расстояние между источником излучения и обслуживающим персоналом. Этот вид защиты основан на быстром уменьшении интенсивности поля с расстоянием, что хорошо видно из формул. В ближней зоне, протяженность которой $R < \lambda / 2\pi$, где λ – длина волны излучения,

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{f \sqrt{\epsilon_r \cdot \mu_r}},$$

напряженности электрической и магнитной составляющих поля убывают в зависимости от расстояния следующим образом:

$$E = \frac{i}{2\pi\omega R^3}; H = \frac{i}{4\pi R^2}$$

где i – ток в проводнике (антенне), А; l – длина проводника (антенны), м; ϵ – диэлектрическая проницаемость среды, Ф/м; ω – угловая частота поля, $\omega = 2\pi f$, f – частота поля, Гц; R – расстояние от точки наблюдения до источника излучения, м.

Для одиночного прямолинейного проводника с током напряженность магнитного поля H легко определить по закону полного тока $H = I/2\pi R$, где I – ток, R – расстояние от провода до рассматриваемой точки. Например, при токе в однофазной системе, равном 5 А, и при условии, что обратный провод находится на достаточном расстоянии, чтобы его полем пренебречь, на расстоянии 0,1 м $H = 5/2 \pi \cdot 0,1 = 8$ А/м. Такие значения магнитного поля промышленной частоты при длительном (месяцами) воздействии на людей в свете новых данных представляются небезвредными.

Для дальней зоны ($R \gg \lambda/2\pi$) эффективность поля оценивается чаще всего по плотности потока мощности S :

$$S = P \cdot G / (4\pi R^2),$$

где P – мощность излучения, Вт; G – коэффициент усиления антенны.

Оценим мощность облучения мозга при использовании сотовым телефоном. Приняв $P = 1$ Вт, $R = 0,1$ м, $G = 1$, получим:

$$S = \frac{1 \cdot 1}{4\pi \cdot 0,01} = 16 \text{ Вт/м}^2,$$

что выше предельно допустимого уровня, и уменьшение облучения возможно лишь за счет уменьшения мощности мобильного телефона. Для уменьшения последствий можно рекомендовать не прижимать телефон к уху, прикладывая во время беседы то к одному, то к другому уху и резко сократить разговор до 2-3 мин.

Уменьшение излучения непосредственно в самом источнике достигается за счет применения согласованных нагрузок и поглотителей мощности. Поглотители мощности, ослабляющие интенсивность излучения до 60 дБ (10^6 раз) и более, представляют собой коаксиальные или волноводные линии, частично заполненные поглощающими материалами, в которых энергия излучения преобразуется в тепловую. Заполнителями служат; чистый графит или в смеси с цементом, песком и резиной; пластмассы; порошковое железо в бакелите, керамике и т. п.; дерево; вода и ряд других материалов.

Уровень мощности можно снизить также с помощью аттенуаторов (от французского *atténuer* – уменьшать, ослаблять) плавно-переменных и фиксированных. Выпускаемые промышленностью аттенуаторы позволяют ослабить в пределах от 0 до 120 дБ излучение мощностью 0,1-100 Вт и длиной волны 0,4-300 см.

Наиболее эффективным и часто применяемым методом защиты от электромагнитных излучений является *экранирование* самого источника или рабочего места. Формы и размеры экранов разнообразны и соответствуют условиям применения.

Качество экранирования характеризуется степенью ослабления ЭМП, называемой эффективностью экранирования. Она выражается отношением значений величин E, H, S в данной точке при отсутствии экрана к значениям E_0, H_0, S_0 в той же точке при наличии экрана. На практике обычно ослабление излучения оценивают в децибелах и определяют по одной из следующих формул:

$$L = 20 \lg (E/E_0); L = 20 \lg (H/H_0); L = 10 \lg (S/S_0).$$

Экраны делятся на отражающие и поглощающие. Защитное действие отражающих экранов обусловлено тем, что воздействующее поле наводит в толще экрана вихревые токи, магнитное поле которых направлено противоположно первичному полю. Результирующее поле очень быстро убывает в экране, проникая в него на незначительную величину. Глубину проникновения δ для любого заранее заданного ослабления поля L можно вычислить по формуле:

$$\delta = \ln L \sqrt{\omega \mu \gamma} / 2,$$

где μ и γ – соответственно, магнитная проницаемость (Г/м) и электрическая проводимость (См/м) материала.

На расстоянии, равном длине волны, ЭМП в проводящей среде почти полностью затухает, поэтому для эффективного экранирования толщина стенки экрана должна быть примерно равна длине волны в металле. Глубина проникновения ЭМП высоких и сверхвысоких частот очень мала, например для меди она составляет десятые и сотые доли миллиметра, поэтому толщину экрана выбирают по конструктивным соображениям.

В ряде случаев для экранирования применяют металлические сетки, позволяющие производить осмотр и наблюдение экранированных установок, вентиляцию и освещение экранированного пространства. Сетчатые экраны обладают худшими экранирующими свойствами по сравнению со сплошными. Их применяют в тех случаях, когда требуется ослабить плотность потока мощности на 20-

30 дБ (в 100-1000 раз).

Все экраны должны заземляться. Швы между отдельными листами экрана или сетки должны обеспечивать надежный электрический контакт между соединяемыми элементами.

Средства защиты (экраны, кофухи и т. п.) из радио-поглощающих материалов выполняют в виде тонких резиновых ковров, гибких или жестких листов поролона или волокнистой древесины, пропитанной соответствующим составом, ферромагнитных пластин. Коэффициент отражения указанных материалов не превышает 1-3%. Их склеивают или присоединяют к основе конструкции экрана специальными скрепками.

Электромагнитная энергия, излучаемая отдельными элементами электротермических установок и радиотехнической аппаратуры, при отсутствии экранов (настройка, регулировка, испытания) распространяется в помещении, отражается от стен и перекрытий, частично проходит сквозь них и в небольшой степени рассеивается в них. В результате образования стоячих волн в помещении могут создаваться зоны с повышенной плотностью ЭМИ. Поэтому работы рекомендуется проводить в угловых помещениях первого и последнего этажей зданий.

Для защиты персонала от облучений мощными источниками ЭМИ вне помещений необходимо рационально планировать территорию радицентра, выносить службы за пределы антенного поля, устанавливать безопасные маршруты движения людей, экранировать отдельные здания и участки территории.

Зоны излучения выделяются на основании инструментальных замеров интенсивности облучения для каждого конкретного случая размещения аппаратуры. Установки ограждают или границу зоны отличают яркой краской на полу помещения, предусматриваются цвета сигнальные и знаки безопасности согласно ГОСТ 12.4.026-76.

Для защиты от электрических полей воздушных линий электропередач необходимо выбрать оптимальные геометрические параметры линии (увеличение высоты подвеса фазных проводов ЛЭП, уменьшение расстояния между ними и т. п.), что снизит напряженность поля вблизи ЛЭП в 1,6-1,8 раза.

Для открытых расщепленных устройств рекомендуются экранирующие устройства, которые в зависимости от назначения подразделяют на стационарные и временные. Выполняют их в виде козырьков, навесов и перегородок из металлической сетки на раме из уголковой стали. Экранирующие устройства необходимо заземлять. Применением заземленных тросов, подвешенных на высоте 2,5 м над землей под фазами соединительных шин ОРУ 750 кВ, удалось уменьшить потенциал в рабочей зоне на высоте 1,8 м, т. е. на уровне роста человека, с 30 до 13 кВ.

По значениям потенциала ϕ_h или напряженности поля E_h в зоне нахождения человека можно оценить значение проходящего через человека емкостного тока, обусловленного электрическим полем, который в течение рабочей смены не должен превышать 50-60 мкА:

$$I_h = 10 \phi_h \text{ (мкА)}; I_h = 12 E_h \text{ (мкА)},$$

где ϕ_h в кВ, E_h в кВ/м.

Если ток больше указанных значений, то при длительной работе человека в этих условиях надо принимать меры, снижающие ток, а именно: использовать экранирующие костюмы и экранирующие устройства.

Отметим, что экранирующие устройства, предназначенные для защиты от электрических полей промышленной частоты и определяемые в основном соображениями механической прочности, могут оказаться малоэффективными от воздействия магнитных полей, т. к. при частоте $f = 50$ Гц электромагнитная волна проникает в медь на несколько сантиметров, и даже экран из ферромагнитного материала, у которого $\mu = 1000 \mu_0$ должен иметь толщину стенки не меньше 4-5 мм.

При выполнении ряда работ, например по настройке и отработке аппаратуры, оператору неизбежно приходится находиться в зоне электромагнитных излучений иногда большой плотности потока мощности. В этих случаях необходимо пользоваться *средствами индивидуальной защиты*, к которым относятся комбинезоны и халаты из металлизированной ткани, осуществляющие защиту организма человека по принципу сетчатого экрана.

Для защиты глаз от ЭМИ предназначены защитные очки с металлизированными стеклами типа ЗП5-80 (ГОСТ 12.4.013-75). Поверхность однослойных стекол, обращенная к глазу, покрыта бесцветной прозрачной пленкой двуокиси олова, которая дает ослабление электромагнитной энергии до 30 дБ при светопропускании не ниже 75%.

Для защиты персонала от действия электрического поля при работах в действующих электроустановках промышленной частоты сверхвысокого напряжения, а также при работах под напряжением на воздушных линиях электропередач высокого напряжения применяется экранирующий костюм, который изготавливается в виде комбинезона или куртки с брюками (рис. 39). В комплект костюма входят также металлическая или пластмассовая металлизированная каска, специальная обувь, рукавицы или перчатки, покрытые токопроводящей тканью. Все части экранирующего костюма соединяются между собой специальными проводниками для обеспечения надежной электрической связи.

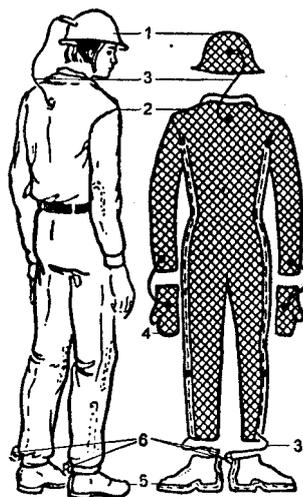


Рис. 39

Экранирующий костюм

1 — металлическая или металлизированная каска; 2 — комбинезон из токопроводящей ткани; 3 — проводники, обеспечивающие связь между отдельными элементами; 4 — рукавицы из токопроводящей ткани; 5 — ботинки с токопроводящими подошвами; 6 — вывод из токопроводящей подошвы.

Для контроля уровней ЭМП применяют различные измерительные приборы в зависимости от диапазона частот. Измерения проводят в зоне нахождения персонала от уровня пола до высоты 2 м через каждые 0,5 м. Для определения характера распространения и интенсивности ЭМП в цехе или кабине измерения проводятся в точках пересечения координатной сетки со стороной 1 м. Все измерения проводятся при максимальной мощности источника ЭМП.

7.7. ЛАЗЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

Лазерное излучение является электромагнитным излучением, генерируемым в диапазоне длин волн $\lambda = 0,2 - 1000$ мкм. Лазеры широко применяются в микроэлектронике, биологии, метрологии, медицине, геодезии, связи, спектроскопии, голографии, вычислительной технике, в исследованиях по термоядерному синтезу и во многих других областях науки и техники.

Лазеры бывают импульсного и непрерывного излучения. Импульсное излучение – с длительностью не более 0,25 с, непрерывное излучение – с длительностью 0,25 с или более.

Промышленностью выпускаются твердотельные, газовые и жидкостные лазеры.

Лазерное излучение характеризуется монохроматичностью, высокой когерентностью, чрезвычайно малой энергетической расходимостью луча и высокой энергетической освещенностью.

Энергетическая освещенность (облученность) ($\text{Вт}/\text{см}^2$) – это отношение мощности потока излучения, падающего на малый участок облучаемой поверхности, к площади этого участка.

Энергетическая экспозиция ($\text{Дж}/\text{см}^2$) – это отношение энергии излучения, падающей на рассматриваемый участок, к площади этого участка, иначе: это произведение энергетической освещенности (облученности) ($\text{Вт}/\text{см}^2$) на длительность облучения (с).

Энергетическая освещенность в центре площадки на поверхности объекта может быть рассчитана по формуле: $P_3 = PD^2/\lambda^2 f^2$, где P – выходная мощность излучения лазера; D – диаметр объектива оптической системы; λ – длина волны; f – фокусное расстояние оптической системы.

Для газодинамического лазера на углекислом газе мощностью 100 кВт при длине волны $\lambda = 10,6$ мкм

и соотношении $D/f = 0,5$ расчет по приведенной формуле дает значение плотности сфокусированной мощности $2,2 \times 10^{10} \text{ Вт} \cdot \text{см}^{-2}$.

Энергетическая освещенность лазерного луча достигает 10^{12} - $10^{13} \text{ Вт} \cdot \text{см}^{-2}$ и более. Этой энергии оказывается достаточно для плавления и даже испарения самых тугоплавких веществ. Для сравнения укажем, что на поверхности Солнца плотность мощности излучения равна $10^8 \text{ Вт} \cdot \text{см}^{-2}$.

Лазерное излучение сопровождается мощным электромагнитным полем. Напряженность электрического поля можно рассчитать по формуле: $E = \sqrt{Z_c P_s}$, где $Z_c = \sqrt{\mu/\epsilon}$ – волновое сопротивление среды, в которой распространяется излучение, для воздуха $Z_c = 120\pi$; P_s – плотность мощности излучения.

Подставляя в формулу полученное ранее значение $P_s = 2,2 \times 10^{10} \text{ Вт} \cdot \text{см}^{-2}$ для газодинамического лазера на углекислом газе, найдем $E \approx 3 \times 10^8 \text{ В/м}$! Поэтому при таких значениях напряженности поля в облучаемом лазерным лучом веществе возможны проявления как чисто электрических, так и химических эффектов, приводящих к ослаблению связей между молекулами, их поляризации, вплоть до ионизации молекул облучаемого вещества.

Таким образом, лазерное излучение, безусловно, представляет опасность для человека. Наиболее опасно оно для органов зрения. Практически на всех длинах волн лазерное излучение проникает свободно внутрь глаза. Лучи света, прежде чем достигнуть сетчатки глаза, проходят через несколько преломляющих сред: роговую оболочку, хрусталик и, наконец, стекловидное тело. Наиболее чувствительна к вредному воздействию лазерного облучения сетчатка. В результате фокусирования на малых участках сетчатки могут концентрироваться плотности энергии в сотни и тысячи раз больше той, которая падает на переднюю поверхность роговицы глаза. Энергия лазерного излучения, поглощенная внутри глаза, преобразуется в тепловую энергию. Нагревание может вызвать различные повреждения и разрушения глаза.

Ткани живого организма при малых и средних интенсивностях облучения почти непроницаемы для лазерного излучения. Поэтому поверхностные (кожные) покровы оказываются наиболее подверженными его воздействию. Степень этого воздействия определяется, с одной стороны, параметрами самого излучения: чем выше интенсивность излучения и чем длиннее его волна, тем сильнее воздействие; с другой стороны, на исход поражения кожи влияет степень ее пигментации. Пигмент кожи является как бы своеобразным экраном на пути излучения в расположенные под кожей ткани и органы.

При больших интенсивностях лазерного облучения возможны повреждения не только кожи, но и внутренних тканей и органов. Эти повреждения имеют характер отеков, кровоизлияний, омертвления тканей, а также свертывания или распада крови. В таких случаях повреждения кожи оказываются относительно менее выраженными, чем изменения во внутренних тканях, а в жировых тканях вообще не отмечено каких-либо патологических изменений.

Рассмотренные возможные вредные последствия от воздействия лазерного излучения относятся к случаям прямого облучения вследствие грубых нарушений правил безопасного обслуживания лазерных установок. Рассеянно или тем более концентрированно отраженное излучение малой интенсивности воздействует значительно чаще, результатом могут быть различные функциональные нарушения в организме – в первую очередь в нервной и сердечно-сосудистой системах. Эти нарушения проявляются в неустойчивости артериального давления крови, повышенной потливости, раздражительности и т. п. Лица, работающие в условиях воздействия лазерного отраженного излучения повышенной интенсивности, жалуются на головные боли, повышенную утомляемость, беспокойный сон, чувство усталости и боли в глазах. Как правило, эти неприятные ощущения проходят без специального лечения после упорядочения режима труда и отдыха и принятия соответствующих защитных профилактических мер.

Нормирование лазерного излучения осуществляется по предельно допустимым уровням облучения (ПДУ). Это уровни лазерного облучения, которые при ежедневной работе не вызывают у работающих заболеваний и отклонений в состоянии здоровья.

Согласно «Санитарным нормам и правилам устройства и эксплуатации лазеров» ПДУ лазерного излучения определяются энергетической экспозицией облучаемых тканей ($\text{Дж} \times \text{см}^{-2}$).

Лазеры по степени опасности генерируемого ими излучения подразделяются на четыре класса:

- 1 класс – выходное излучение не представляет опасности для глаз и кожи;
- 2 класс – выходное излучение представляет опасность при облучении глаз прямым или зеркально

отраженным излучением;

3 класс – выходное излучение представляет опасность при облучении глаз прямым, зеркально отраженным, а также диффузно отраженным излучением на расстоянии 10 см от диффузно отражающей поверхности и (или) при облучении кожи прямым и зеркально отраженным излучением;

4 класс – выходное излучение представляет опасность при облучении кожи диффузно отраженным излучением на расстоянии 10 см от диффузно отражающей поверхности,

Работа лазерных установок может сопровождаться также возникновением и других опасных и вредных производственных факторов: шум, вибрация, аэрозоли, газы, электромагнитное и ионизирующее излучения.

Сопутствующие опасные и вредные производственные факторы, которые могут возникнуть при эксплуатации лазеров разных классов, приведены в таблице 33.

Класс опасности лазерной установки определяется на основании длины волны излучения λ (мкм), расчетной величины энергии облучения E (Дж) и ПДУ для данных условий работы.

Определение уровней облучения персонала для лазеров 2-4 классов должно проводиться периодически не реже одного раза в год в порядке текущего санитарного надзора.

Т а б л и ц а 3 3

Опасные и вредные производственные факторы, которые могут возникнуть при эксплуатации лазеров

| Опасные и вредные производственные факторы | Классы лазеров | | | |
|---|----------------|---|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Электрическое напряжение | -(+) | + | + | + |
| Световое излучение импульсных или газового разрядов | - | - | -(+) | + |
| Шум, вибрация | - | - | -(+) | + |
| Аэрозоль, газы | - | - | - | + |
| Электромагнитное и ионизирующее излучения | - | - | - | -(+) |

Кроме того, осуществляется контроль за соблюдением;

- предельно допустимых концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны;
- предельно допустимых уровней виброскорости;
- предельно допустимых уровней электромагнитных излучений;
- предельно допустимых уровней ионизирующих излучений.

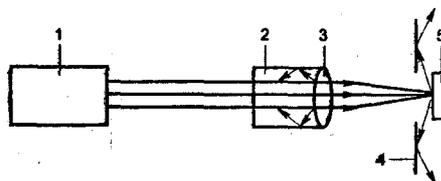
Лазеры 3-4 класса, генерирующие излучение в видимом диапазоне ($\lambda = 0,4-0,75$ мкм), и лазеры 2-4 класса с генерацией в ультрафиолетовом ($\lambda = 0,2-0,4$ мкм) и инфракрасном диапазонах длин волн ($\lambda = 0,75$ мкм и выше) должны снабжаться сигнальными устройствами, работающими с момента начала генерации до ее окончания. Конструкция лазеров 4 класса должна обеспечиваться возможностью дистанционного управления.

Для ограничения распространения прямого лазерного излучения за пределы области излучения лазеры 3-4 класса должны снабжаться экранами, изготовленными из огнестойкого, неплавящегося светопоглощающего материала, препятствующими распространению излучения.

Лазеры 4 класса должны размещаться в отдельных помещениях. Внутренняя отделка стен и потолка помещений должны иметь матовую поверхность. Для уменьшения диаметра зрачков необходимо обеспечить высокую освещенность на рабочих местах (более 150 лк).

С целью исключения опасности облучения персонала для лазеров 2-3 класса необходимо либо ограждение всей опасной зоны, либо экранирование пучка излучения (рис. 40). Экраны и ограждения должны изготавливаться из материалов с наименьшим коэффициентом отражения на длине волны генерации лазера, быть огнестойкими и не выделять токсических веществ при воздействии на них лазерного излучения.

Рис. 40
Схема экранирования отраженного излучения лазера
 1 — лазер; 2 — бленда;
 3 — линза; 4 — диафрагма;
 5 — мишень.



В том случае, когда коллективные средства защиты не позволяют обеспечить достаточной защиты, применяются средства индивидуальной защиты (СИЗ) – противолазерные очки и защитные маски.

Конструкция противолазерных очков должна обеспечивать снижение интенсивности облучения глаз лазерным излучением до ПДУ в соответствии с требованиями ГОСТ 12.4.013-75.

7.8. НЕИНТЕНСИВНЫЕ ИЗЛУЧЕНИЯ ОПТИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНА

Наиболее важной областью оптического спектра ЭМИ является видимый свет. Свет – это возбудитель зрительной сенсорной системы, обеспечивающей нас информацией об окружающей среде. Параметры видимого света влияют на способность получать ощущения и восприятия об окружающей среде.

Освещение выполняет полезную общефизиологическую функцию, способствующую появлению благоприятного психического состояния людей. С улучшением освещения повышается работоспособность, качество работы, снижается утомляемость, вероятность ошибочных действий, травматизма, аварийности. Недостаточное освещение ведет к перенапряжению глаз, к общему утомлению человека. В результате снижается внимание, ухудшается координация движений, что может привести при конкретной физической работе к несчастному случаю. Кроме того, работа при низкой освещенности способствует развитию близорукости и других заболеваний, а также расстройству нервной системы. Повышенная освещенность тоже неблагоприятно влияет на общее самочувствие и зрение, вызывая прежде всего слепящий эффект.

Освещение, удовлетворяющее гигиеническим и экономическим требованиям, называется *рациональным*. К этим требованиям относятся: достаточная освещенность, равномерность, отсутствие слепимости, благоприятный спектральный состав, экономичность.

ОСНОВНЫЕ СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЕ ЕДИНИЦЫ

Для гигиенической оценки условий освещения используются светотехнические единицы, принятые в физике.

Видимое излучение – участок спектра электромагнитных колебаний в диапазоне длины волн от 380 до 770 нанометров (нм), воспринимаемый человеческим глазом.

Световой поток F – мощность лучистой энергии, оцениваемой по световому ощущению, воспринимаемому человеческим глазом. За единицу светового потока принят люмен (лм). Световой поток, отнесенный к пространственной единице – телесному углу ω , называется силой света I :

$$I\alpha = dF/d\omega,$$

где $I\alpha$ – сила света под углом ω ; dF – световой поток, равномерно распределяющийся в пределах телесного угла $d\omega$.

За единицу силы света принята кандела (кд).

Освещенность E – плотность светового потока на освещаемой поверхности. За единицу освещенности принят люкс (лк)

$$E = dF/dS,$$

где dS – площадь поверхности, на которую падает световой поток dF .

Яркость поверхности L в данном направлении – отношение силы света, излучаемого поверхностью в этом направлении, к проекции светящейся поверхности на плоскость, перпендикулярную данному направлению. Единица яркости – кандела на квадратный метр (кд/м²)

$$L\alpha = dI\alpha/dS \cdot \cos\alpha,$$

где $dI\alpha$ – сила света, излучаемого поверхностью dS в направлении α .

Яркость освещенных поверхностей зависит от их световых свойств, от степени освещенности, а в большинстве случаев также от угла, под которым поверхность рассматривается.

Световые свойства поверхностей характеризуются коэффициентами отражения ρ , пропускания τ и поглощения β . Эти коэффициенты безразмерные и измеряются в долях единицы ($\rho + \tau + \beta = 1$) или в процентах:

$$\rho = F_{\rho}/F; \tau = F_{\tau}/F; \beta = F_{\beta}/F;$$

где F_{ρ} , F_{β} , F_{τ} – соответственно отраженный, поглощенный и прошедший через поверхность световой поток.

Требуемый уровень освещенности определяется степенью точности зрительных работ. Для рациональной организации освещения необходимо не только обеспечить достаточную освещенность рабочих поверхностей, но и создать соответствующие качественные показатели освещения. К качественным характеристикам освещения относятся равномерность распределения светового потока, блескость, фон, контраст объекта с фоном и т. д.

Различают прямую блескость, возникшую от ярких источников света и частей светильников, попадающих в поле зрения человека, и отраженную блескость от поверхностей с зеркальным отражением. Блескость в поле зрения вызывает чрезмерное раздражение и снижает чувствительность и работоспособность глаза. Такое изменение нормальных зрительных функций называется слепимостью.

Слепящее действие зависит не только от блескости поверхности, направленной к глазу, но и от контраста различения с фоном (K), который определяется отношением абсолютной разности между яркостью объекта и фона к яркости фона: чем он меньше, тем больше ослепленность.

Контраст объекта различения с фоном (K) считается: большим – при $K > 0,5$; средним – при $K = 0,2 - 0,5$; малым – при $K < 0,2$.

Чтобы избежать слепящего действия света, необходимо подвешивать лампы на определенной высоте, которую выбирают в зависимости от мощности лампы и защитного угла (угла падения света на рабочее место) с учетом отражающих поверхностей.

Для повышения видимости целесообразно увеличить контраст различаемых объектов, что более эффективно и экономично в сравнении с увеличением освещенности рабочей поверхности. При повышении контраста следует учитывать цветность и коэффициенты отражения объектов и фона.

Фоном считается поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения, на которой он рассматривается. Фон характеризуется способностью отражать световой поток и считается светлым при коэффициенте отражения поверхности $\rho > 0,4$, средним при $\rho = 0,2-0,4$ и темным при $\rho < 0,2$.

Для повышения равномерности распределения яркостей в поле зрения потолки и стены рекомендуются окрашивать в светлые тона: салатовый, светло-желтый, кремовый, светло-зеленый или бирюзовый.

Для измерения и контроля освещенности применяют люксметры Ю-116 и Ю-117, принцип действия которых основан на фотоэлектрическом эффекте. При освещении фотоэлемента в цепи соединенного с ним гальванометра возникает фототок, обуславливающий отклонение стрелки миллиамперметра, шкалу которого градуируют в люксах. Для использования в люксметрах наиболее пригоден селеновый фотоэлемент, так как его спектральная чувствительность близка к спектральной чувствительности глаза. Освещенность в диапазоне от 0 до 100 лк измеряется открытым фотоэлементом без насадок. Использование насадок различных типов, имеющих обозначение K , M , P , T , значительно расширяет диапазон измерений освещенности, который доходит до 100 000 лк.

Для измерения яркости используют фотометры, в которых яркость поля прибора сравнивается с яркостью исследуемой поверхности.

Для освещения производственных, служебных, бытовых помещений используют естественный свет и свет от источников искусственного освещения.

ЕСТЕСТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

Источник естественного (дневного) освещения – солнечная радиация, т. е. поток лучистой энергии солнца, доходящей до земной поверхности в виде прямого и рассеянного света. Естественное освещение является наиболее гигиеничным. Если по условиям зрительной работы оно оказывается недостаточным, то используют совмещенное освещение.

Естественная освещенность меняется в очень широких пределах: в безлунную ночь – 0,0005 лк, при

полнолунии – до 0,2 лк, при прямом свете солнца – до 100 000 лк.

Естественное освещение помещений подразделяется на боковое (через световые проемы в наружных стенках), верхнее (через фонари, световые проемы в покрытии, а также через проемы в стенах перепада высот здания), комбинированное – сочетание верхнего и бокового освещения.

Систему естественного освещения выбирают с учетом следующих факторов:

- назначения и принятого архитектурно-планировочного, объемно-пространственного и конструктивного решения зданий;
- требований к естественному освещению помещений, вытекающих из особенностей зрительной работы;
- климатических и светоклиматических особенностей места строительства зданий;
- экономичности естественного освещения.

В зависимости от географической широты, времени года, часа дня и состояния погоды уровень естественного освещения может резко изменяться за очень короткий промежуток времени и в довольно широких пределах. Поэтому основной величиной для расчета и нормирования естественного освещения внутри помещений принят коэффициент естественной освещенности (КЕО) – отношение (в процентах) освещенности в данной точке помещения $E_{вн}$ к наблюдаемой одновременно освещенности под открытым небом $E_{нар}$.

$$КЕО = \frac{E_{вн}}{E_{нар}} \cdot 100$$

Расчет естественного освещения заключается в определении площади световых проемов для помещения. Расчет ведут по следующим формулам:

при боковом освещении

$$100 \frac{S_o}{S_n} = \frac{e_n k_3 \eta_o}{\tau_o r_1} \cdot k_{зд},$$

при верхнем освещении

$$100 \frac{S_\phi}{S_n} = \frac{e_n k_3 \eta_\phi}{\tau_\phi r_2} \cdot k_{зд},$$

где S_o , S_ϕ – площадь окон и фонарей, m^2 ; S_n – площадь пола, m^2 ; e_n – нормированное значение КЕО; k_3 – коэффициент запаса ($k_3 = 1,2-2,0$); η_o , η_ϕ – световые характеристики окна, фонаря; τ_o – общий коэффициент светопропускания (учитывает оптические свойства стекла, потери света в переплетах, из-за загрязнения остекленной поверхности, в несущих конструкциях, солнцезащитных устройствах); r_1 , r_2 , – коэффициенты, учитывающие отражение света при боковом и верхнем освещении; $k_{зд}$ – 1-1,7 – коэффициент, учитывающий затемнение окон противостоящими зданиями; k_ϕ – коэффициент, учитывающий тип фонаря.

Значения коэффициентов для расчета естественного освещения принимают по таблицам СНиП. Иногда для определения площади световых проемов используют световой коэффициент, равный

$$K_{св} = \frac{F_c}{F_n} = \frac{1}{4} \dots \frac{1}{5},$$

где F_c – площадь световых проемов, F_n – площадь пола.

ИСКУССТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

Искусственное освещение предусматривается в помещениях, в которых недостаточно естественного света, или для освещения помещения в часы суток, когда естественная освещенность отсутствует. Искусственное освещение может быть общим и комбинированным (к общему освещению добавляется местное освещение). Использование только местного освещения недопустимо, так как резкий контраст между ярко освещенными и неосвещенными участками утомляет глаза, замедляет процесс работы и может послужить причиной несчастных случаев и аварий.

По функциональному назначению искусственное освещение подразделяется на рабочее, дежурное, аварийное.

Рабочее освещение обязательно во всех помещениях и на освещаемых территориях для обеспечения нормальной работы людей и движения транспорта. Дежурное освещение включается во вне рабочее время.

Аварийное освещение предусматривается для обеспечения минимальной освещенности в производственном помещении на случай внезапного отключения рабочего освещения.

В современных многопролетных одноэтажных зданиях без световых фонарей с одним боковым

остеклением в дневное время суток применяют одновременно естественное и искусственное освещение (совмещенное освещение). Важно, чтобы оба вида освещения гармонировали одно с другим. Для искусственного освещения в этом случае целесообразно использовать люминесцентные лампы.

В современных осветительных установках, предназначенных для освещения производственных помещений, в качестве источников света применяют лампы накаливания, галогенные и газоразрядные.

Лампы накаливания. Свечение в этих лампах возникает в результате нагрева вольфрамовой нити до высокой температуры. Промышленность выпускает различные типы ламп накаливания: вакуумные (В), газонаполненные (Г) (наполнитель – смесь аргона и азота), биспиральные (Б), с криптоновым наполнением (К). Лампы накаливания просты в изготовлении, удобны в эксплуатации, не требуют дополнительных устройств для включения в сеть. Недосток этих ламп – малая световая отдача от 7 до 20 лм/Вт при большой яркости нити накала, низкий КПД, равный 10-13%; срок службы 800-1000 ч. Лампы дают непрерывный спектр, отличающийся от спектра дневного света преобладанием желтых и красных лучей, что в какой-то степени искажает восприятие человеком цветов окружающих предметов.

Галогенные лампы накаливания наряду с вольфрамовой нитью содержат в колбе пары того или иного галогена (например, йода), который повышает температуру накала нити и практически исключает испарение. Они имеют более продолжительный срок службы (до 3000 ч) и более высокую световую отдачу (до 30 лм/Вт).

Газоразрядные лампы, излучают свет в результате электрических разрядов в парах газа. На внутреннюю поверхность колбы нанесен слой светящегося вещества – люминофора, трансформирующего электрические разряды в видимый свет. Различают газоразрядные лампы низкого (люминесцентные) и высокого давления.

Люминесцентные лампы создают в производственных и других помещениях искусственный свет, приближающийся к естественному, более экономичны в сравнении с другими лампами и создают освещение более благоприятное с гигиенической точки зрения.

К другим преимуществам люминесцентных ламп относятся больший срок службы (10000 ч) и высокая световая отдача, достигающая для ламп некоторых видов 75 лм/Вт, т. е. они в 2,5-3 раза экономичнее ламп накаливания. Свечение происходит со всей поверхности трубки, а следовательно, яркость и слепящее действие люминесцентных ламп значительно ниже ламп накаливания. Низкая температура поверхности колбы (около 5°С), делает лампу относительно пожаробезопасной.

Несмотря на ряд преимуществ, люминесцентное освещение имеет и некоторые недостатки: пульсация светового потока, вызывающая стробоскопический эффект (искажение зрительного восприятия объектов различия – вместо одного предмета видны изображения нескольких, а также направления и скорости движения); дорогостоящая и относительно сложная схема включения, требующая регулирующих пусковых устройств (дрессели, стартеры); значительная отраженная блескость; чувствительность к колебаниям температуры окружающей среды (оптимальная температура 20-25°С); понижение и повышение температуры вызывает уменьшение светового потока.

В зависимости от состава люминофора и особенностей конструкции различают несколько типов люминесцентных ламп: ЛБ – лампы белого света, ЛД – лампы дневного света, ЛТБ – лампы тепло-белого света, ЛХБ – лампы холодного света, ЛДЦ – лампы дневного света правильной цветопередачи. Наиболее универсальны лампы ЛБ. Лампы ЛХБ, ЛД и особенно ЛДЦ применяются в случаях, когда выполняемая работа предполагает цветоразличение.

Для освещения открытых пространств, высоких (более 6 м) производственных помещений в последнее время большое распространение получили дуговые люминесцентные ртутные лампы высокого давления (ДРЛ). Эти лампы, в отличие от обычных люминесцентных ламп, сосредотачивают в небольшом объеме значительную электрическую и световую мощность. Такие лампы выпускают мощностью от 80 до 1000 Вт. Лампы работают при любой температуре внешней среды. Кроме того, их можно устанавливать в обычных светильниках взамен ламп накаливания. К недостаткам ламп относится длительное, в течение 5–7 мин, разгорание при включении.

Ведутся разработки по созданию мощных ламп, дающих спектр, близкий к спектру естественного света. Такими источниками являются дуговая кварцевая лампа ДКСТ, выполненная из кварцевого стекла и наполненная ксеноном под большим давлением, галогенные (ДРИ) и натриевые лампы (ДНАТ). Это лампы с цветопередачей, их мощность составляет 1-2 кВт. Такие лампы можно применять для освещения производственных помещений высотой более 10 м.

Для освещения помещений, как правило, следует предусматривать газоразрядные лампы низкого и высокого давления. В случае необходимости допускается использование ламп накаливания. Источники

света выбирают с учетом рекомендаций СНиП. Для искусственного освещения нормируемый параметр – освещенность. СНиП устанавливают минимальные уровни освещенности рабочих поверхностей в зависимости от точности зрительной работы, контраста объекта и фона, яркости фона, системы освещения и типа используемых ламп.

Существует несколько методов расчета освещения, наиболее простой – метод удельной мощности, но он менее точен и им пользуются только для ориентировочных расчетов.

Значение удельной мощности указано в таблицах справочников по светотехнике в зависимости от типа светильника, высоты его подвеса, площади пола и требуемой освещенности. Удельную мощность вычисляют по формуле:

$$W = \frac{n \cdot P}{S},$$

где n – число светильников; P – мощность лампы, Вт; S – освещаемая площадь, м².

Основной метод расчета – по коэффициенту использования светового потока, которым определяется поток, необходимый для создания заданной освещенности горизонтальной поверхности: при общем равномерном освещении с учетом света, отраженного стенами и потолком. Расчет выполняют по следующим формулам:

для ламп накаливания и ламп типов ДРЛ, ДРИ и Днат

$$F = \frac{ESzk}{nu},$$

для люминесцентных ламп

$$n = \frac{ESzk}{Fum},$$

где F – световой поток одной лампы, лм; E – нормированная освещенность, лк; S – площадь помещения, м²; z – поправочный коэффициент светильника (для стандартных светильников 1,1-1,3); k – коэффициент запаса, учитывающий снижение освещенности при эксплуатации ($k = 1,1-1,3$), n – число светильников; u – коэффициент использования, зависящий от типа.

По окончании монтажа системы освещения обязательно проверяют освещенность. Если фактическая освещенность отличается от расчетной более чем на -10 и +20%, то изменяют схему расположения: светильников или мощность ламп. Источники искусственного света помещают в специальную осветительную арматуру (осветительный прибор), которая обеспечивает требуемое направление светового потока на рабочие поверхности, защищает глаза от слепящего действия ламп, предохраняет лампы от загрязнения и механических повреждений, а также изолирует их от неблагоприятной внешней среды. Осветительный прибор ближнего действия называется светильником, дальнего действия – прожектором.

Аварийное освещение предназначено для освещения производственных помещений при отключении рабочего освещения. Оно должно быть достаточным для безопасного выхода людей из помещения и продолжения работы в помещениях и на открытых пространствах в тех случаях, когда отключение рабочего освещения может вызвать пожар, взрыв, отравление газами (парами), длительное расстройство технологического процесса, нарушение работы важнейших объектов, таких, как водоснабжение электростанции, узлы радиопередачи и т. п. Наименьшая освещенность рабочих поверхностей при аварийном режиме должна составлять не менее 2 лк внутри зданий и не менее 1 лк на открытых площадках.

7.9. ИОНИЗИРУЮЩИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ

Ионизирующим излучением называется излучение, взаимодействие которого с веществом приводит к образованию в этом веществе ионов разного знака. Ионизирующее излучение состоит из заряженных и незаряженных частиц, к которым относятся также фотоны. Энергию частиц ионизирующего излучения измеряют во внесистемных единицах – электрон-вольтах, эВ. 1 эВ = 1,6 x 10⁻¹⁹ Дж.

Различают корпускулярное и фотонное ионизирующее излучение.

Корпускулярное ионизирующее излучение – поток элементарных частиц с массой покоя, отличной от

нуля, образующихся при радиоактивном распаде, ядерных превращениях, либо генерируемых на ускорителях. К нему относятся: α - и β -частицы, нейтроны (n), протоны (P) и др.

α -излучение – это поток частиц, являющихся ядрами атома гелия и обладающих двумя единицами заряда. Энергия α -частиц, испускаемых различными радионуклидами, лежит в пределах 2-8 МэВ. При этом все ядра данного радионуклида испускают α -частицы, обладающие одной и той же энергией.

β -излучение – это поток электронов или позитронов. При распаде ядер β -активного радионуклида, в отличие от α -распада, различные ядра данного радионуклида испускают β -частицы различной энергии, поэтому энергетический спектр β -частиц непрерывен. Средняя энергия β -спектра составляет примерно $0,3 E_{max}$. Максимальная энергия β -частиц у известных в настоящее время радионуклидов может достигать 3,0-3,5 МэВ.

Нейтроны (нейтронное излучение) – нейтральные элементарные частицы. Поскольку нейтроны не имеют электрического заряда, при прохождении через вещество они взаимодействуют только с ядрами атомов. В результате этих процессов образуются либо заряженные частицы (ядра отдачи, протоны, нейтроны), либо γ -излучение, вызывающие ионизацию. По характеру взаимодействия со средой, зависящему от уровня энергии нейтронов, они условно разделены на 4 группы:

- 1) тепловые нейтроны 0,0-0,5 кэВ;
- 2) промежуточные нейтроны 0,5-200 кэВ;
- 3) быстрые нейтроны 200 КэВ – 20 МэВ;
- 4) релятивистские нейтроны свыше 20 МэВ.

Фотонное излучение – поток электромагнитных колебаний, которые распространяются в вакууме с постоянной скоростью 300000 км/с. К нему относятся γ -излучение, характеристическое, тормозное и рентгеновское излучение.

Обладая одной и той же природой, эти виды электромагнитных излучений различаются условиями образования, а также свойствами: длиной волны и энергией.

Так, γ -излучение испускается при ядерных превращениях или при аннигиляции частиц.

Характеристическое излучение – фотонное излучение с дискретным спектром, испускаемое при изменении энергетического состояния атома, обусловленного перестройкой внутренних электронных оболочек.

Тормозное излучение – связано с изменением кинетической энергии заряженных частиц, имеет непрерывный спектр и возникает в среде, окружающей источник β -излучения, в рентгеновских трубках, в ускорителях электронов и т. п.

Рентгеновское излучение – совокупность тормозного и характеристического излучений, диапазон энергии фотонов которых составляет 1 кэВ - 1 МэВ.

Излучения характеризуются по их ионизирующей и проникающей способности.

Ионизирующая способность излучения определяется удельной ионизацией, т. е. числом пар ионов, создаваемых частицей в единице объема массы среды или на единице длины пути. Излучения различных видов обладают различной ионизирующей способностью.

Проникающая способность излучений определяется величиной пробега. Пробегом называется путь, пройденный частицей в веществе до ее полной остановки, обусловленной тем или иным видом взаимодействия.

α -частицы обладают наибольшей ионизирующей способностью и наименьшей проникающей способностью. Их удельная ионизация изменяется от 25 до 60 тыс. пар ионов на 1 см пути в воздухе. Длина пробега этих частиц в воздухе составляет несколько сантиметров, а в мягкой биологической ткани – несколько десятков микрон.

β -излучение имеет существенно меньшую ионизирующую способность и большую проникающую способность. Средняя величина удельной ионизации в воздухе составляет около 100 пар ионов на 1 см пути, а максимальный пробег достигает нескольких метров при больших энергиях.

Наименьшей ионизирующей способностью и наибольшей проникающей способностью обладают фотонные излучения. Во всех процессах взаимодействия электромагнитного излучения со средой часть энергии преобразуется в кинетическую энергию вторичных электронов, которые, проходя через вещество, производят ионизацию. Прохождение фотонного излучения через вещество вообще не может быть охарактеризовано понятием пробега. Ослабление потока электромагнитного излучения в веществе подчиняется экспоненциальному закону и характеризуется коэффициентом ослабления μ , который зависит от энергии излучения и свойств вещества. Особенность экспоненциальных кривых состоит в том, что они не пересекаются с осью абсцисс. Это значит, что какой бы ни была толщина слоя вещества,

нельзя полностью поглотить поток фотонного излучения, а можно только ослабить его интенсивность в любое число раз. В этом существенное отличие характера ослабления фотонного излучения от ослабления заряженных частиц, для которых существует минимальная толщина слоя вещества-поглотителя (пробег), где происходит полное поглощение потока заряженных частиц.



Рис. 41
Распад урана-238

Открытие ионизирующего излучения связано с именем французского ученого А. Беккереля. В 1896 г. он обнаружил следы каких-то излучений, оставленных минералом, содержащим уран, на фотографических пластинках. В 1898 г. Мария Кюри и ее муж Пьер Кюри установили, что после излучений уран самопроизвольно последовательно превращается в другие элементы (рис. 41). Этот процесс превращения одних элементов в другие, сопровождающийся ионизирующим излучением, Мария Кюри назвала радиоактивностью. Так была открыта естественная радиоактивность, которой обладают элементы с нестабильными ядрами. В 1934 г. И. и Ф. Жолио-Кюри показали, что, воздействуя нейтронами на ядра стабильных элементов, можно получить изотопы с искусственной радиоактивностью.

Таким образом, различают природные и технические источники ионизирующего излучения. К природным относятся космические, а также земные источники, создающие природное облучение (естественный фон). К техническим относятся источники, специально созданные для полезного применения излучения или являющиеся побочным продуктом деятельности.

ФИЗИКА РАДИОАКТИВНОСТИ

Природа излучений хорошо изучена. Чтобы понять, как возникают излучения, необходимо вспомнить некоторые сведения из атомной физики.

Согласно планетарной модели атома, предложенной в 1911 г. английским физиком Э. Резерфордом, ядро атома состоит из положительных протонов и нейтральных нейтронов. Вокруг ядра вращаются по своим орбитам отрицательно заряженные электроны. Заряд ядра равен суммарному заряду электронов, т. е. атом электрически нейтрален.

Ядра атомов одного и того же элемента всегда содержат одинаковое число протонов, но количество нейтронов в них может быть разным.

Атомы, имеющие ядра с одинаковым числом протонов, но различающиеся по числу нейтронов, относятся к разновидностям одного и того же химического элемента и называются изотопами. Чтобы отличать их друг от друга, к символу элемента приписывают число, равное сумме всех частиц в ядре данного изотопа. Так, уран-238 содержит 92 протона и $238 - 92 = 146$ нейтронов; в уране-235 тоже 92

протона, но $235 - 92 = 143$ нейтрона. Протоны и нейтроны имеют общее название «нуклоны».

Полное число нуклонов называется массовым числом A и является мерой стабильности ядра. Чем ближе расположен элемент к концу таблицы Менделеева, тем больше A , тем больше нейтронов в ядре и тем менее устойчивы эти ядра.

Ядра всех изотопов образуют группу «нуклидов». Некоторые нуклиды стабильны, т. е. при отсутствии внешнего воздействия не претерпевают никаких превращений. Большинство же нуклидов нестабильны, они все время превращаются в другие нуклиды.

Электроны располагаются на орбитах в строгой последовательности, на ближайшей к ядру орбите может находиться не более 2 электронов, на следующей не более 8, на третьей – 18, далее – 32.

Эти условия постулировал в 1913 г. датский физик Н. Бор. Затем они были подтверждены экспериментами.

Энергия атома дискретна. Переход из одного состояния в другое происходит скачкообразно с излучением или поглощением строго фиксированной порции энергии – кванта. Этот термин ввел основоположник квантовой теории М. Планк.

Электроны могут переходить с одной орбиты на другую и покидать атом. Сложные процессы, происходящие внутри атома, сопровождаются высвобождением энергии в виде излучения.

Можно сказать, что испускание ядром двух протонов и двух нейтронов – это альфа-излучение, испускание электрона – это бета-излучение.

Если нестабильный нуклид оказывается перевозбужденным, он выбрасывает порцию чистой энергии, называемую гамма-излучением (гамма-квантом). Как и в случае рентгеновских лучей (во многом подобных гамма-излучению), при этом не происходит испускания каких-либо частиц.

Процесс самопроизвольного распада нуклида называется радиоактивным распадом, а сам такой нуклид – радионуклидом.

Уровень нестабильности радионуклидов неодинаков: одни распадаются очень быстро, другие – очень медленно.

Время, в течение которого распадается половина всех радионуклидов данного типа, называется периодом полураспада. Например, период полураспада урана-238 равен 4,47 млрд. лет, а протактиния-234 – всего чуть больше одной минуты.

БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Под воздействием ионизирующего излучения на организм человека в тканях могут происходить сложные физические и биологические процессы. В результате ионизации живой ткани происходит разрыв молекулярных связей и изменение химической структуры различных соединений, что в свою очередь приводит к гибели клеток.

Еще более существенную роль в формировании биологических последствий играют продукты радиолиза воды, которая составляет 60-70% массы биологической ткани. Под действием ионизирующего излучения на воду образуются свободные радикалы $H\cdot$ и $OH\cdot$, а в присутствии кислорода также свободный радикал гидропероксида ($HO\cdot_2$) и пероксида водорода (H_2O_2), являющиеся сильными окислителями. Продукты радиолиза вступают в химические реакции с молекулами тканей, образуя соединения, не свойственные здоровому организму. Это приводит к нарушению отдельных функций или систем, а также жизнедеятельности организма в целом.

Интенсивность химических реакций, индуцированных свободными радикалами, повышается, и в них вовлекаются многие сотни и тысячи молекул, не затронутых облучением. В этом состоит специфика действия ионизирующего излучения на биологические объекты, то есть производимый излучением эффект обусловлен не столько количеством поглощенной энергии в облучаемом объекте, сколько той формой, в которой эта энергия передается. Никакой другой вид энергии (тепловой, электрической и др.), поглощенной биологическим объектом в том же количестве, не приводит к таким изменениям, какие вызывают ионизирующие излучения.

Нарушения биологических процессов могут быть либо обратимыми, когда нормальная работа клеток облученной ткани полностью восстанавливается, либо необратимыми, ведущими к поражению отдельных органов или всего организма и возникновению *лучевой болезни*.

Различают две формы лучевой болезни – острую и хроническую.

Острая форма возникает в результате облучения большими дозами в короткий промежуток времени. При дозах порядка тысяч рад поражение организма может быть мгновенным («смерть под лучом»). Острая лучевая болезнь может возникнуть и при попадании внутрь организма больших

количеств радионуклидов.

Хронические поражения развиваются в результате систематического облучения дозами, превышающими предельно допустимые (ПДД).

Изменения в состоянии здоровья называются *соматическими эффектами*, если они проявляются непосредственно у облученного лица, и *наследственными*, если они проявляются у его потомства.

Для решения вопросов радиационной безопасности в первую очередь представляют интерес эффекты, наблюдаемые при «малых дозах» – порядка нескольких сантитвертов в час и ниже, которые реально встречаются при практическом использовании атомной энергии.

В нормах радиационной безопасности в качестве единицы времени, как правило, используется год, и как следствие этого, понятие годовой дозы излучения.

Весьма важным здесь является то, что, согласно современным представлениям, выход неблагоприятных эффектов в диапазоне «малых доз», встречающихся в обычных условиях, мало зависит от мощности дозы. Это означает, что эффект определяется прежде всего суммарной накопленной дозой вне зависимости от того, получена она за 1 день, за 1 с или за 50 лет. Таким образом, оценивая эффекты хронического облучения, следует иметь в виду, что эти эффекты накапливаются в организме в течение длительного времени.

Еще в 1899 г. был установлен факт подавления раковых клеток ионизирующим излучением. В дальнейшем полезное применение радиоактивных веществ в различных сферах деятельности стремительно развивалось. В 1954 г. в Советском Союзе была пущена первая в мире АЭС. К сожалению, исследования атома привели к созданию и применению в 1945 г. атомной бомбы в Хиросиме и Нагасаки. 26 апреля 1986 г. на ЧАЭС произошла тяжелейшая авария, которая привела к гибели и заболеванию людей, заражению значительной территории.

Исследователи излучений первыми столкнулись с их опасными свойствами. А. Беккерель получил ожог кожи. М. Кюри предположительно умерла от рака крови. По крайней мере 336 человек, работавших с радиоактивными материалами, умерли от переоблучения. Отказаться от применения радиоактивных веществ в науке, медицине, технике, сельском хозяйстве невозможно по объективным причинам.

Остается один путь – обеспечить радиационную безопасность, то есть такое состояние среды обитания, при котором с определенной вероятностью исключается радиационное поражение человека.

ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ И ЕДИНИЦЫ ИХ ИЗМЕРЕНИЯ

Действия ионизирующего излучения на вещество проявляется в ионизации и возбуждении атомов и молекул, входящих в состав вещества. Количественный мерой этого воздействия служит поглощенная доза D_n – средняя энергия, переданная излучением единице массы вещества. Единица поглощенной дозы – грей (Гр), названа в честь физика Грея, $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$. На практике применяется также внесистемная единица – $1 \text{ рад} = 100 \text{ эрг/г} = 1 \times 10^{-2} \text{ Дж/кг} = 0,01 \text{ Гр}$.

Поглощенная доза излучения зависит от свойств излучения и поглощающей среды.

Для заряженных частиц (α , β , протонов) небольших энергий, быстрых нейтронов и некоторых других излучений, когда основными процессами их взаимодействия с веществом являются непосредственная ионизация и возбуждение, поглощенная доза служит однозначной характеристикой ионизирующего излучения по его воздействию на среду. Это связано с тем, что между параметрами, характеризующими данные виды излучения (поток, плотность потока и др.) и параметром, характеризующим ионизационную способность излучения в среде – поглощенной дозой, можно установить адекватные прямые зависимости.

Для рентгеновского и γ -излучений таких зависимостей не наблюдается, так как эти виды излучений косвенно ионизирующие. Следовательно, поглощенная доза не может служить характеристикой этих излучений по их воздействию на среду.

До последнего времени в качестве характеристики рентгеновского и γ -излучений по эффекту ионизации используют так называемую экспозиционную дозу. Экспозиционная доза выражает энергию фотонного излучения, преобразованную в кинетическую энергию вторичных электронов, производящих ионизацию в единице массы атмосферного воздуха.

За единицу экспозиционной дозы рентгеновского и γ -излучений принимают кулон на килограмм (Кл/кг). Это такая доза рентгеновского или γ -излучения, при воздействии которой на 1 кг сухого атмосферного воздуха при нормальных условиях образуются ионы, несущие 1 Кл электричества каждого знака.

На практике до сих пор широко используется внесистемная единица экспозиционной дозы – рентген. 1 рентген (Р) – экспозиционная доза рентгеновского и γ -излучений, при которой в 0,001293 г (1 см³ воздуха при нормальных условиях) образуются ионы, несущие заряд в одну электростатическую единицу количества электричества каждого знака или $1 \text{ Р} = 2,58 \times 10^{-4} \text{ Кл/кг}$.

Поскольку экспозиционную дозу продолжают использовать в практике радиационной безопасности, рассмотрим соотношение между рентгеном и поглощенной дозой.

Заряд электрона равен $4,8 \times 10^{-10}$ эл. ед. заряда. Следовательно, при экспозиционной дозе в 1 Р будет образовано $2,08 \times 10^9$ пар ионов в 0,001293 г атмосферного воздуха. На образование одной пары ионов в воздухе расходуется в среднем 34 эВ энергии. Таким образом, при экспозиционной дозе в 1 Р вторичными электронами расходуется 88 эрг в 1 г воздуха. Величины 88 эрг/г воздуха и 0,114 эрг/см³ воздуха называют энергетическими эквивалентами рентгена.

Поглощенная в каком-либо веществе доза рентгеновского и γ -излучения может быть рассчитана по экспозиционной дозе с помощью следующего соотношения:

$$D(\text{Гр}) = 8,8 \cdot 10^{-3} \cdot \mu / \mu_v \cdot D(\text{Р})$$

где μ и μ_v – массовые коэффициенты ослабления (см²/г) для исследуемого вещества и воздуха соответственно.

Исследования биологических эффектов, вызываемых различными ионизирующими излучениями, показали, что повреждение тканей связано не только с количеством поглощенной энергии, но и с ее пространственным распределением, характеризуемым линейной плотностью ионизации. Чем выше линейная плотность ионизации, или, иначе, линейная передача энергии частиц в среде на единицу длины пути (ЛПЭ), тем больше степень биологического повреждения. Чтобы учесть этот эффект, введено понятие эквивалентной дозы $D_{\text{экв}}$, которая определяется равенством:

$$D_{\text{экв}} = D_n Q,$$

где D_n – поглощенная доза; Q – безразмерный коэффициент качества, характеризующий зависимость биологических неблагоприятных последствий облучения человека в малых дозах от полной ЛПЭ облучения.

Эквивалентная доза представляет собой меру биологического действия на данного конкретного человека, то есть она является индивидуальным критерием опасности, обусловленным ионизирующим излучением. Ниже приведены значения Q взвешивающих коэффициентов для некоторых видов излучения.

Взвешивающие коэффициенты для отдельных видов излучения при расчете эквивалентной дозы:

| | |
|---|----|
| - Фотоны любых энергий | 1 |
| - Электроны и мюоны (менее 10 кэВ) | 1 |
| - Нейтроны с энергией менее 10 кэВ | 5 |
| от 10 кэВ до 100 кэВ | 10 |
| от 100 кэВ до 2 МэВ | 20 |
| от 2 МэВ до 20 МэВ | 10 |
| более 20 МэВ | 5 |
| - Протоны, кроме протонов отдачи, энергия более 2 МэВ | 5 |
| - Альфа-частицы, осколки деления, тяжелые ядра | 20 |

В качестве единицы измерения эквивалентной дозы принят зиверт (Зв), в честь шведского радиолога Рольфа Зиверта. $1 \text{ Зв} = 1 \text{ Гр}/Q = 1 \text{ Дж/кг}$. Зиверт равен эквивалентной дозе излучения, при которой поглощенная доза равна 1 Гр при коэффициенте качества, равном единице.

Применяется также специальная единица; эквивалентной дозы – бэр (биологический эквивалент рада); $1 \text{ бэр} = 0,01 \text{ Зв}$. Бэр называется такое количество энергии, поглощенное 1 г биологической ткани, при котором наблюдается тот же биологический эффект, что и при поглощенной дозе излучения 1 рад рентгеновского и γ -излучений, имеющих $Q = 1$.

Коэффициент качества, определенным образом связанный с ЛПЭ, используется для сравнения биологического действия различных видов излучений только при решении задач радиационной защиты

при эквивалентных дозах $D_{эке} < 0,25 \text{ Зв}$ (25 бэр).

Поглощенная, экспозиционная и эквивалентная дозы, отнесенные к единице времени, носят название мощности соответствующих доз.

Самопроизвольный (спонтанный) распад радиоактивных ядер следует закону:

$$N = N_0 \cdot \exp(-\lambda t),$$

где N_0 – число ядер в данном объеме вещества в момент времени $t = 0$; N – число ядер в том же объеме к моменту времени t ; λ – постоянная распада.

Постоянная λ имеет смысл вероятности распада ядра за 1 с; она равна доле ядер, распадающихся за 1 с. Постоянная распада не зависит от общего числа ядер и имеет вполне определенное значение для каждого радиоактивного нуклида.

Приведенное выше уравнение показывает, что с течением времени число ядер радиоактивного вещества уменьшается по экспоненциальному закону.

В связи с тем, что период полураспада значительного числа радиоактивных изотопов измеряется часами и сутками (так называемые короткоживущие изотопы), его необходимо знать для оценки радиационной опасности во времени в случае аварийного выброса в окружающую среду радиоактивного вещества, выбора метода дезактивации, а также при переработке радиоактивных отходов и последующем их захоронении. (Период полураспада нуклидов приведен в НРБ – 96).

Первая характеристика из использовавшихся в практической дозиметрии – это экспозиционная доза D_x . D_x – количественная характеристика поля ионизирующего излучения, основанная на величине ионизации сухого воздуха при атмосферном давлении.

Единицей измерения D_x является рентген (Р).

$$1 \text{ Р} = 2 \times 10^9 \text{ пар ионов} / \text{см}^3 \text{ воздуха} = 0,11 \text{ эрг} / \text{см}^3 \text{ воздуха}.$$

Следует учитывать, что чувствительность разных органов тела неодинакова. Например, при одинаковой эквивалентной дозе облучения возникновение рака легких более вероятно, чем в щитовидной железе. Поэтому дозы облучения органов и тканей следует учитывать с разными взвешивающими коэффициентами (рекомендованы Международной комиссией по радиационной защите, см. табл. 34).

Умножив эквивалентные дозы на соответствующие коэффициенты и просуммировав по всем органам и тканям, получим эффективную эквивалентную дозу, отражающую суммарный эффект облучения для организма. Эта доза также измеряется в зивертах.

Таблица 34

Взвешивающие коэффициенты для тканей и органов при расчете эффективной дозы

| | |
|--|------|
| Гонады | 0,20 |
| Костный мозг (красный) | 0,12 |
| Толстый кишечник (прямая, сигмовидная, нисходящая часть ободочной кишки) | 0,12 |
| Легкие | 0,12 |
| Желудок | 0,12 |
| Мочевой пузырь | 0,05 |
| Грудная железа | 0,05 |
| Печень | 0,05 |
| Пищевод | 0,05 |
| Щитовидная железа | 0,05 |
| Кожа | 0,01 |
| Клетки костных поверхностей | 0,01 |
| Остальное | 0,05 |

Таблица 35

Единицы измерения радиоактивного излучения

| Наименование величины | Определение величины | Единицы | | Соотношение между единицами | Пояснение |
|-----------------------|----------------------|--------------|--------------|-----------------------------|-----------|
| | | в системе СИ | Внесистемные | | |
| | | | | | |

| | | | | | |
|------------------------------|--|---------------------|-------------------------------------|---|--|
| Доза экспозиционная | Мера рентгеновского и γ -излучения, ионизирующее воздействие на сухой воздух | Кулон на кг (Кл/кг) | Рентген (Р) | $1\text{Р} = 2,58 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг | Энергетический эквивалент: $1\text{ р} = 87,7$ Дж/кг |
| Мощность экспозиционной дозы | Экспозиционная доза в единицу времени | Кл/кг · с | Р/ч | $1\text{ Р/ч} = 7,17 \cdot 10^{-8}$ Кл/кг · с | |
| Доза поглощения | Энергия нейтронного и γ -излучения, переданная массе веществ | Грей (Гр) | Рад (рад) | $1\text{ рад} = 0,01\text{ Гр}$ | Связь с экспозиционной дозой: 1 рад равен $1,14\text{ р}$ для воздуха и $1,05\text{ р}$ для биологической ткани |
| Мощность поглощенной дозы | Поглощенная доза в един. времени | Гр/с | Рад/с | $1\text{ рад/ч} = 2,77 \cdot 10^{-6}$ Гр/с | |
| Доза эквивалентная | Доза поглощенная, умноженная на коэффициент вида излучения: $D_{\text{экв}} = D_{\text{полг}} K_{\text{изл}}$ | Зиверт (Зв) | Бэр — биологический эквивалент рада | $1\text{ бэр} = 0,01\text{ Зв}$ | Коэффициент вида (качества) излучения отражает степень опасности облучения людей разными типами радиационных воздействий |
| Мощность эквивалентной дозы | Эквивалентная доза в единицу времени | Зв/с | бэр/с | $1\text{ бэр/ч} = 2,78 \cdot 10^{-6}$ Зв/с | |
| Плотность потока частиц | Отношение числа частиц, пересекающих в единицу времени малую сферу, не вносящую искажения в поле излучения, к площади поперечного сечения этой сферы | $1/\text{с м}^2$ | - | - | В зависимости от вида излучения может обозначаться: ρ -част./с м^2 , фотон/с м^2 и т. п. |

Описанные три дозы относятся к отдельному человеку, то есть являются индивидуальными.

Просуммировав индивидуальные эффективные эквивалентные дозы, полученные группой людей, мы придем к коллективной эффективной эквивалентной дозе, которая измеряется в человеко-зивертах (чел-Зв).

Следует ввести еще одно определение.

Многие радионуклиды распадаются очень медленно и останутся в отдаленном будущем.

Коллективную эффективную эквивалентную дозу, которую получают поколения людей от какого-либо радиоактивного источника за все время его существования, называют *ожидаемой (полной) коллективной эффективной эквивалентной дозой*.

Активность препарата – это мера количества радиоактивного вещества.

Определяется активность числом распадающихся атомов в единицу времени, то есть скоростью распада ядер радионуклида.

Единицей измерения активности является одно ядерное превращение в секунду. В системе единиц СИ она получила название *беккерель (Бк)*.

За внесистемную единицу активности принята кюри (Ки) – активность такого числа радионуклида, в котором происходит $3,7 \times 10^{10}$ актов распада в секунду. На практике широко пользуются производными Ки: милликюри – $1\text{ мКи} = 1 \times 10^{-3}$ Ки; микрокюри – $1\text{ мкКи} = 1 \times 10^{-6}$ Ки.

Т а б л и ц а 3 6

Единицы оценки ядерных реакций

| Наименование величины | Определение величины | Единицы | | Соотношение между единицами | Пояснение |
|--------------------------|--|----------------|--------------|--------------------------------------|--|
| | | СИ | Внесистемные | | |
| Активность (в источнике) | Мера количества радиоактивного вещества, выраженная числом радиоактивных превращений в секунду | Беккерель (Бк) | Кюри(Ки) | $1\text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10}$ Бк | Определяется числом ядерных распадов в секунду: $1\text{ Бк} = 1\text{ расп/с}$ |

| | | | | | |
|-----------------------|--|-------------------|--------------------|--|---|
| Удельная активность | Концентрация активности в массе радиоактивного вещества | Бк/кг | Ки/кг | $1 \text{ Ки/кг} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк/кг}$ | 1 Ки/кг соответствует такой активности, которую создает 1 г радия |
| Объемная активность | Концентрация активности в объеме радиоактивного вещества | Бк/м ³ | Ки/л | $1 \text{ Ки/кг} = 3,7 \cdot 10^{13} \text{ Бк/м}^3$ | Используется для оценки загрязнения воздуха и воды |
| Плотность загрязнения | Концентрация активности на поверхности территории | Бк/м ² | Ки/км ² | $1 \text{ Ки/км}^2 = 3,7 \cdot 10^{14} \text{ Бк/м}^2$ | Используется для оценки площадной загрязненности местности |

Под удельной активностью понимают активность, отнесенную к единице массы или объема, например, Ки/г, Ки/л и т. д.

Единицы измерения сведены в таблицах 35 и 36.

ИСТОЧНИКИ ИЗЛУЧЕНИЯ

Различают естественные и созданные человеком источники излучения. Основную часть облучения население Земли получает от естественных источников. Естественные (природные) источники космического и земного происхождения создают естественный радиационный фон (ЕРФ). На территории России естественный фон создает мощность экспозиционной дозы порядка 40-200 мбэр/год. Излучение, обусловленное рассеянными в биосфере искусственными радионуклидами, порождает искусственный радиационный фон (ИРФ), который в настоящее время в целом по земному шару добавляет к ЕРФ лишь 1-3%.

Сочетание ЕРФ и ИРФ образует радиационный фон (РФ), который воздействует на все население земного шара, имея относительно постоянный уровень.

Космические лучи представляют поток протонов и α -частиц, приходящих на Землю из мирового пространства. К естественным источникам земного происхождения относится излучение радиоактивных веществ, содержащихся в породах, почве, строительных материалах, воздухе, воде.

По отношению к человеку источники облучения могут находиться вне организма и облучать его снаружи. В этом случае говорят о внешнем облучении. Радиоактивные вещества могут оказаться в воздухе, которым дышит человек, в пище, в воде и попасть внутрь организма. Это будет внутреннее облучение.

Средняя эффективная эквивалентная доза, получаемая человеком от внешнего облучения за год от космических лучей, составляет 0,3 миллизиверта, от источников земного происхождения – 0,35 миллизиверта.

В среднем примерно 2/3 эффективной эквивалентной дозы облучения, которую человек получает от естественных источников радиации, поступает от радиоактивных веществ, попавших в организм с пищей, водой, воздухом.

Наиболее весомым из всех естественных источников радиации является невидимый, не имеющий вкуса и запаха тяжелый газ радон (в 7,5 раза тяжелее воздуха). Радон и продукты его распада ответственны примерно за 3/4 годовой индивидуальной эффективной эквивалентной дозы облучения, получаемой населением от земных источников, и примерно за половину этой дозы от всех источников радиации. В здания радон поступает с природным газом (3 кБк/сут), с водой (4), с наружным воздухом (10), из стройматериалов и грунта под зданием (60 кБк/сут).

За последние десятилетия человек создал более тысячи искусственных радионуклидов и научился применять их в различных целях. Значения индивидуальных доз, получаемых людьми от искусственных источников, сильно различаются.

ИЗМЕРЕНИЕ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Необходимо помнить, что не существует универсальных методов и приборов, применимых для любых условий. Каждый метод и прибор имеют свою область применения. Неучет этих замечаний может привести к грубым ошибкам.

В радиационной безопасности используют радиометры, дозиметры и спектрометры.

Радиометры – это приборы, предназначенные для определения количества радиоактивных веществ

(радионуклидов) или потока излучения. Например, газоразрядные счетчики (Гейгера–Мюллера).

Дозиметры – это приборы для измерения мощности экспозиционной или поглощенной дозы.

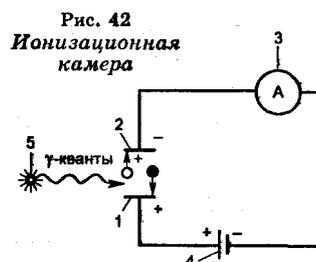
Спектрометры служат для регистрации и анализа энергетического спектра и идентификации на этой основе излучающих радионуклидов.

Принцип действия любого прибора, предназначенного для регистрации проникающих излучений, состоит в измерении эффектов, возникающих в процессе взаимодействия излучения с веществом.

Наиболее распространенным является *ионизационный метод* регистрации, основанный на измерении непосредственного эффекта взаимодействия излучения с веществом, т. е. степени ионизации среды, через которую прошло излучение.

Для измерений применяют ионизационные камеры или счетчики, служащие датчиком, и регистрирующие схемы, содержащие чувствительные элементы.

Ионизационная камера (рис. 42) представляет собой конденсатор, состоящий из двух электродов 1 и 2, между которыми находится газ.



Электрическое поле между электродами создается от внешнего источника 4. При отсутствии радиоактивного источника 5 ионизации в камере не происходит и измерительный прибор тока показывает на нуль. Под действием ионизирующего излучения в газе камеры возникают положительные и отрицательные ионы. Под действием электрического поля отрицательные ионы движутся к положительно заряженному электроду, положительные к отрицательно заряженному электроду. В цепи возникает ток, который регистрируется измерительным прибором 3. Ионизационные камеры обычно работают в режиме тока насыщения, при котором каждый акт ионизации дает составляющую тока. По току насыщения определяют интенсивность излучения и количество данного радиоактивного вещества.

Сцинтилляционный метод регистрации излучений основан на измерении интенсивности световых вспышек, возникающих в люминесцирующих веществах при прохождении через них ионизирующих излучений. Для регистрации световых вспышек используют фотоэлектронный умножитель (ФЭУ) с регистрирующей электронной схемой. Вещества, испускающие свет под воздействием ионизирующего излучения, называются сцинтилляторами (фосфорами, флуорами, люминофорами).

ФЭУ позволяет преобразовывать слабые вспышки от сцинтиллятора в достаточно большие электрические импульсы, которые можно зарегистрировать обычной несложной электронной аппаратурой.

Сцинтилляционные счетчики можно применить для измерения числа заряженных частиц, гамма-квантов, быстрых и медленных нейтронов; для измерения мощности дозы от бета-, гамма- и нейтронного излучений; для исследования спектров гамма- и нейтронного излучений.

Сцинтилляционный метод имеет ряд преимуществ перед другими методами, прежде всего это высокая эффективность измерения проникающих излучений, малое время высвечивания сцинтилляторов, что позволяет производить измерения с короткоживущими изотопами.

С помощью *фотографического метода* были получены первые сведения об ионизирующих излучениях радиоактивных веществ. При воздействии излучения на фотографическую пленку или пластинку в результате ионизации в фотоэмульсии происходят фотохимические процессы, вследствие которых после проявления выделяется металлическое серебро в тех местах, где произошло поглощение излучения. Способность фотоэмульсии регистрировать излучение, преобразованное различными фильтрами, позволяет получить подробные сведения о количестве измеряемого излучения.

Химически обработанная пленка имеет прозрачные и почерневшие места, которые соответствуют незасвеченным и засвеченным участкам фотоэмульсии. Используя этот эффект для дозиметрии, можно установить связь между степенью почернения пленки и поглощенной дозой. В настоящее время этот метод используется лишь для индивидуального контроля дозы рентгеновского, гамма-, бета- и нейтронного излучений.

Описанные выше методы регистрации излучений весьма чувствительны и непригодны для измерения больших доз. Наиболее удобными для этих целей оказались различные химические системы, в которых под воздействием излучения происходят те или иные изменения, например: окрашивание растворов и твердых тел, осаждение коллоидов, выделение газов из соединений. Для измерения больших доз применяют различные стекла, которые меняют свою окраску под воздействием излучения.

Для измерения достаточно больших мощностей дозы применяют *калориметрические методы*, в основе которых лежит измерение количества тепла, выделенного в поглощающем веществе.

Калориметрические методы применяют для градуировки более простых методов определения поглощенных доз, а также для определения совместного и раздельного гамма- и нейтронного излучений в ядерных реакторах, ускорителях, где мощность поглощенной дозы составляет несколько десятков рад в час.

Большое распространение получили вошедшие в практику в последнее десятилетие полупроводниковые, а также фото- и термолюминесцентные детекторы ионизирующих излучений.

НОРМИРОВАНИЕ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Вопросы радиационной безопасности регламентируется Федеральным законом «О радиационной безопасности населения», нормами радиационной безопасности (НРБ-96) и другими правилами и положениями. В законе «О радиационной безопасности населения» говорится: «Радиационная безопасность населения – состояние защищенности настоящего и будущего поколений людей от вредного для их здоровья воздействия ионизирующего излучения» (статья 1).

«Граждане Российской Федерации, иностранные граждане и лица без гражданства, проживающие на территории Российской Федерации, имеют право на радиационную безопасность. Это право обеспечивается за счет проведения комплекса мероприятий по предотвращению радиационного воздействия на организм человека ионизирующего излучения выше установленных норм, правил и нормативов, выполнения гражданами и организациями, осуществляющими деятельность с использованием источников ионизирующего излучения, требований к обеспечению радиационной безопасности» (статья 22).

Требования НРБ-96 являются обязательными для всех юридических лиц. Эти нормы являются основополагающим документом, регламентирующим требования закона РФ «О радиационной безопасности населения», и применяются во всех условиях воздействия на человека излучения искусственного или природного происхождения.

В НРБ-96 приводятся термины и определения. Так, в нормах сказано, что радиационный риск – это вероятность того, что облучение повлечет за собой какие-либо конкретные вредные последствия для человека.

Т а б л и ц а 3 7

Основные дозовые пределы

| Нормируемые величины | Дозовые пределы | |
|--|--|--|
| | лица из персонала (группа А) | лица из населения |
| 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 | 150 мЗв | 15 мЗв |
| Коже | 500 мЗв | 50 мЗв |
| Кистях и стопах | 500 мЗв | 50 мЗв |

Нормы устанавливают следующие категории облучаемых лиц: персонал и все население. Персонал – лица, работающие с техническими источниками (группа А) или находящиеся по условиям работы в сфере их воздействия (группа Б). Предел индивидуального риска для техногенного облучения лиц из персонала принимается равным 1×10^{-3} за год, для населения $5,0 \times 10^{-5}$ за год. Уровень пренебрежимого риска принимается равным 10^{-6} за год.

Для категорий облучаемых лиц устанавливаются три класса нормативов:

- основные дозовые пределы (табл. 37);
- допустимые уровни монофакторного (для одного радионуклида или одного вида внешнего излучения, пути поступления) воздействия, являющиеся производными от основных дозовых пределов: пределы годового поступления, допустимые среднегодовые объемные активности (ДОВА) и удельные активности (ДУА) и т. д.;
- контрольные уровни (дозы и уровни). Контрольные уровни устанавливаются администрацией учреждения по согласованию с органами Госсанэпиднадзора. Их численные значения должны учитывать достигнутый в учреждении уровень радиационной безопасности и обеспечивать условия, при которых радиационное воздействие будет ниже допустимого.

Основные дозовые пределы облучения лиц из персонала и населения не включают в себя дозы от природных, медицинских источников ионизирующего излучения и дозу вследствие радиационных аварий. На эти виды облучения устанавливаются специальные ограничения.

При подсчете вклада в общее (внешнее и внутреннее) облучение от поступления в организм радионуклидов берется сумма произведений поступлений каждого радионуклида за год на его дозовый коэффициент. Годовая эффективная доза облучения равна сумме эффективной дозы внешнего облучения, накопленной за календарный год, и ожидаемой эффективной дозы внутреннего облучения, обусловленной поступлением в организм радионуклидов за этот же период. Интервал времени для определения величины ожидаемой эффективной дозы устанавливается равным 50 лет для лиц из персонала и 70 лет – для лиц из населения.

Для каждой категории облучаемых лиц допустимое годовое поступление радионуклида рассчитывается путем деления годового предела дозы на соответствующий дозовый коэффициент.

ЗАЩИТА ОТ ИЗЛУЧЕНИЙ

Дозу излучения (P) на рабочем месте можно рассчитать по формуле:

$$D = (\alpha K_{\alpha} t) / (R^2),$$

где α – активность источника, мКи; K_{γ} – гамма-постоянная изотопа, которая берется из таблиц; t – время облучения, ч; R – расстояние, см.

Из этой формулы следует, что для защиты от γ -излучения существует три метода: защита временем, расстоянием и экранированием.

Защита временем состоит в том, чтобы ограничить время t пребывания в условиях облучения и не допустить превышения допустимой дозы.

Защита расстоянием основывается на следующих физических положениях. Излучение точечного или локализованного источника распространяется во все стороны равномерно, т. е. является изотропным. Отсюда следует, что интенсивность излучения уменьшается с увеличением расстояния R от источника по закону обратных квадратов.

Принцип экранирования или поглощения основан на использовании процессов взаимодействия фотонов с веществом. Если заданы продолжительность работы, активность источника и расстояние до него, а мощность дозы P_0 на рабочем месте оператора оказывается выше допустимой P_{Δ} , нет другого пути, как понизить значение P_0 в необходимое число раз: $n = P_0 / P_{\Delta}$, поместив между источником излучения и оператором защиту из поглощающего вещества.

Защитные свойства материалов оцениваются коэффициентом ослабления. Например, для половинного ослабления потоков фотонов с энергией 1 МэВ необходим слой свинца в 1,3 см или 13 см бетона. Это «эталонные» материалы.

Защитная способность других веществ больше или меньше во столько раз, во сколько раз отличаются их плотности от плотности свинца и бетона. Чем легче вещество, тем больше его требуется для защиты. Зная необходимую кратность ослабления n излучения, легко определить соответствующее ему число m слоев половинного ослабления, при котором мощность дозы P будет понижена до допустимой P_{Δ} :

$$n = 2^m; \lg n = 0,3 m; m = \lg n / 0,3.$$

Безопасность работы с радиоактивными веществами и источниками излучений предполагает научно обоснованную организацию труда. Администрация предприятия обязана разработать детальные

инструкции, в которых излагается порядок проведения работ, учета, хранения и выдачи источников излучения, сбора и удаления радиоактивных отходов, содержания помещений, меры личной профилактики, организация и порядок проведения радиационного (дозиметрического) контроля. Все работающие должны быть ознакомлены с этими инструкциями, обучены безопасным методам работы и обязаны сдать соответствующий техминимум. Все поступающие на работу должны проходить предварительный, а затем периодические медицинские осмотры.

Следует отметить, что организм не беззащитен в поле излучения. Существуют механизмы пострадиационного восстановления живых структур. Поэтому до определенных пределов облучение не вызывает вредных сдвигов в биологических тканях. Если допустимые пределы повышены, то необходима поддержка организма (усиленное питание, витамины, физическая культура, сауна и др.). При сдвигах в кроветворении применяют переливание крови. При дозах, угрожающих жизни (600-1000 бэр) используют пересадку костного мозга. При внутреннем переоблучении для поглощения или связывания радионуклидов в соединения, препятствующие их отложению в органах человека, вводят сорбенты или комплексообразующие вещества.

К числу технических средств защиты от ионизирующих излучений относятся экраны различных конструкций. В качестве СИЗ применяют халаты, комбинезоны, пленочную одежду, перчатки, пневмокостюмы, респираторы, противогазы. Для защиты глаз применяются очки. Весь персонал должен иметь индивидуальные дозиметры.

Хранение, учет, транспортирование и захоронение радиоактивных веществ должно осуществляться в строгом соответствии с правилами.

Для защиты от вредных воздействий веществ применяют радиопротекторы.

Протекторы – это лекарственные препараты, повышающие устойчивость организма к воздействию вредных веществ или физических факторов. Наибольшее распространение получили радиопротекторы, т. е. лекарственные средства, повышающие защищенность организма от ионизирующих излучений или снижающие тяжесть клинического течения лучевой болезни.

Радиопротекторы действуют эффективно, если они введены в организм перед облучением и присутствуют в нем в момент облучения. Например, известно, что йод накапливается в щитовидной железе. Поэтому, если есть опасность попадания в организм радиоактивного йода I^{131} , то заблаговременно вводят йодистый калий или стабильный йод. Накапливаясь в щитовидной железе, эти нерадиоактивные разновидности йода препятствуют отложению в ней опасного в радиоактивном отношении I^{131} . Защитный эффект, оцениваемый так называемым фактором защиты (ФЗ), зависит от времени приема стабильного йода относительно начала попадания радиоактивного вещества (РВ) в организм. При приеме йода за 6 ч до контакта с РВ фактор защиты $ФЗ = 100$ раз. Если время контакта с РВ и время приема йода совпадают, $ФЗ = 90$ раз. Если йод вводится через 2 ч после начала контакта, то $ФЗ = 10$ раз. Если йод вводится через 6 ч, $ФЗ = 2$.

Для защиты от стронция Cs^{137} , проникающего в костную ткань, рекомендуется употреблять продукты, содержащие кальций (фасоль, греча, капуста, молоко).

Радиопротекторы, снижающие эффект облучения, изготовлены в виде специальных препаратов.

Например, препарат РС-1 является радиопротектором быстрого действия. Защитный эффект наступает через 40-60 мин и сохраняется в течение 4-6 ч.

Препарат Б-190 – радиопротектор экстренного действия, радиозащитный эффект которого наступает через 5-15 мин и сохраняется в течение часа.

Препарат РДД-77 – радиопротектор длительного действия, защитный эффект которого наступает через 2 суток и сохраняется 10-12 суток.

Существует много других радиопротекторов, имеющих различный механизм действия.

Защита от ионизирующих излучений представляет очень серьезную проблему и требует объединения усилий ученых и специалистов не только в национальных рамках, но и в международном масштабе.

В конце 20-х гг. была создана Международная комиссия по радиационной защите (МКРЗ), которая разрабатывает правила работы с радиоактивными веществами. В России имеется соответствующая национальная комиссия. Мировая общественность стала проявлять повышенную тревогу по поводу воздействия ионизирующих излучений на человека и окружающую среду с начала 50-х гг. Это было связано с последствиями бомбардировок Хиросимы и Нагасаки, а также с испытаниями ядерного оружия, приведшими к распространению радиоактивного материала по всему земному шару.

Сведений о влиянии радиоактивных осадков на биологические объекты было еще недостаточно, и

Генеральная Ассамблея ООН в 1955 г. основала Научный Комитет по действию атомной радиации (НКДАР) для оценки в мировом масштабе доз облучения, их эффекта и связанного с ними риска.

Среди опасностей, угрожающих человеку, немногие приковывают к себе столь постоянное внимание общественности и вызывают так много споров, как проблема радиации. Особенно много дискуссий и акций протеста возникает по поводу атомной энергетики. Состояние тревоги резко обострилось после аварии на ЧАЭС 26 апреля 1986 г.

ООН в 1957 г. учредила специальную организацию – Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ), которая занимается проблемами международного сотрудничества в области мирового использования атомной энергии. Одно из основных направлений деятельности МАГАТЭ – проблема безопасности атомных станций. Эксперты МАГАТЭ проводят проверки и заключения об уровне безопасности конкретных АЭС. В частности, МАГАТЭ разработало международную шкалу оценки опасности ядерных аварий.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОПАСНОСТИ

8

*В песчаных степях аравийской земли
Три гордые пальмы высокорослы,
Родник между ними из почвы бесплодной,
Журча, пробивался волною холодной,
Хранимый, под сенью зеленых листов,
От знойных лучей и летучих песков.
И многие годы неслышно прошли...*

*...И ныне все дико и пусто кругом –
Не шепчутся листья с гремучим ключом:
Напрасно пророка о тени он просит –
Его лишь песок раскаленный заносит,
Да коришун хохлатый, степной нелюдим,
Добычу терзает и щиплет над ним.
М. Ю. Лермонтов*

В начале 60-х гг. нашего столетия человечество впервые стало осознавать серьезность встающих перед ним экологических проблем. Реальностью стали глобальное потепление климата, возникновение озоновых дыр над полюсами, распространение токсикантов и загрязнение воды, воздуха, почв, продуктов питания вредными химическими веществами, вымирание многих видов растений и животных, снижение биоразнообразия в результате деятельности растущего народонаселения планеты.

Сегодня скорость увеличения вредного воздействия средовых факторов и интенсивность их влияния уже выходит за пределы биологической приспособляемости экосистем к изменениям среды обитания и создает прямую угрозу жизни и здоровью населения. В современных условиях нестабильной социально-экономической обстановки эти негативные тенденции особо проявляются и в нашей стране.

Принципиальный недостаток развиваемых до последнего времени технологий заключается в том, что они приводят к нарушению круговорота веществ в биосфере, при которой природные ресурсы превращаются в загрязнение окружающей среды. Если очистительная способность окружающей природной среды недостаточна для нейтрализации загрязнений, то они неблагоприятно действуют на здоровье людей, технологические процессы в производстве и на возобновляемые природные ресурсы (рис. 43).

При этом невозобновляемые ресурсы растрачиваются нерационально и в конечном итоге истощаются.

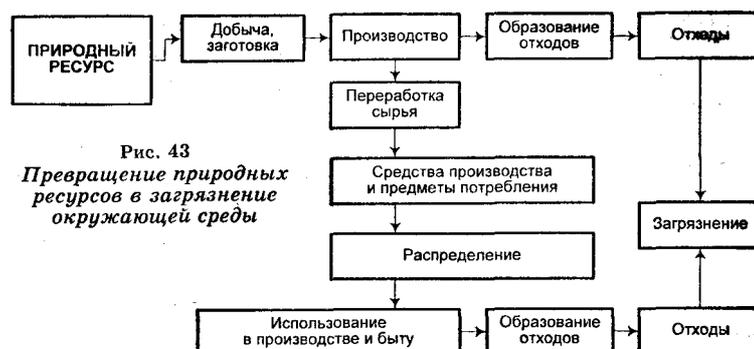
Используя показатели темпов самовосстановления природных систем (если самовосстановление возможно) и качественно-количественного состояния биомассы и биологической продуктивности экосистем, можно выделить следующие градации:

- 1) естественное состояние – наблюдается лишь фоновое антропогенное воздействие, биомасса максимальна, биологическая продуктивность минимальна;
- 2) равновесное состояние – скорость восстановительных процессов выше или равна темпу

нарушений, биологическая продуктивность больше естественной, биомасса начинает снижаться;

3) кризисное состояние – антропогенные нарушения превышают по скорости естественновосстановительные процессы, но сохраняется естественный характер экосистем, биомасса снижена, биологическая продуктивность резко повышена;

4) критическое состояние – обратимая замена прежде существовавших экологических систем под антропогенным воздействием на менее продуктивные (частичное опустынивание), биомасса мала и как правило снижается;



5) катастрофическое состояние – труднообратимый процесс закрепления малопродуктивных экосистем (сильное опустынивание), биомасса и биологическая продуктивность минимальны;

6) состояние коллапса – необратимая утеря биологической продуктивности, биомасса стремится к нулю.

Помимо природно-экологической классификации угасания природы рассмотрим медико-социальную шкалу, так как мы должны учитывать не только изменения в биосфере, но и как эти изменения могут влиять на здоровье человека. Существуют следующие четыре градации, учитывающие только что изложенную классификацию состояний природы.

- Благополучная ситуация – происходит устойчивый рост продолжительности жизни, заболеваемость снижается.
- Зона напряженной экологической ситуации (экологически проблемная зона): ареал, в пределах которого наблюдается переход состояния природы от кризисного к критическому, и территория, где отдельные показатели здоровья населения (заболеваемость детей, взрослых, чисто психологических отклонений и т. п.) достоверно выше нормы, существующей в аналогичных местах страны, не подвергающихся выраженному антропогенному воздействию данного типа, но это не приводит к заметным и статистически достоверным изменениям продолжительности жизни населения и более ранней инвалидности людей, профессионально не связанных с источником воздействия. Учитывать необходимо различные группы населения – коренного, мигрантов и т. п.
- Зона экологического бедствия: ареал, в пределах которого наблюдается переход от критического состояния природы к катастрофическому, и территория, в пределах которой в результате антропогенного (реже природного) воздействия невозможно социально-экономически оправданное (традиционное или научно рекомендованное) хозяйство; показатели здоровья населения (детская смертность, заболеваемость детей и взрослых, психические отклонения и т. п.), частота и скорость наступления инвалидности достоверно выше, а продолжительность жизни людей заметно и статистически достоверно ниже, чем на аналогичных территориях, не подвергшихся подобным воздействиям или бывших в том же ареале до констатации рассматриваемых воздействий. Сопряженные изменения в показателях здоровья и смертности населения должны быть выше, чем естественно наблюдаемые колебания в пределах существующей в данном или аналогичном регионе нормы (сейчас или в прошлом).
- Зона экологической катастрофы: переход состояния природы от катастрофической фазы к коллапсу, что делает территорию непригодной для жизни человека (например, некоторые районы Приаралья и Сахеля); возникший в результате природных или антропогенных явлений ареал, смертельно опасный для постоянной жизни людей (они могут там находиться лишь короткое время), например зона Чернобыльской катастрофы; ареал разрушительной природной катастрофы, например, мощного землетрясения, цунами и т. п. Еще раз необходимо напомнить о возможности и предпочтительности расчетных показателей. Целесообразно выделение зон

потенциально напряженной экологической ситуации, экологического бедствия и такой же катастрофы.

На основании приведенных критериев оценивается экологическое положение различных территорий и его воздействие в глобальном масштабе.

8.1. ИСТОЧНИКИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ОПАСНОСТЕЙ

Люди, стремясь к максимальному удовлетворению своих потребностей, создают новые вещества, производят огромное количество материалов, технических устройств, предметов бытового назначения. Как правило, эти искусственные предметы, химические вещества, различные отходы обладают особыми свойствами, несовместимыми с экологическими системами и характеристиками самого человека. Они имеют конечный срок полезного использования, не разлагаются или разлагаются очень медленно, загрязняют атмосферу, гидросферу, почву, непосредственно или косвенно оказывают отрицательное влияние на людей.

В настоящее время науке известны более 10 млн. органических соединений. Около 100 000 из них используются довольно широко, и более тысячи добавляется к их списку каждый год. На долю 1500 из них приходится 95% мирового производства. Некоторые из них известны как опасные токсиканты, мутагены, онкогены и тератогены. При наложении действие их, как правило, не суммируется, а усиливается. Загрязнение распространяется на многие биологические виды и места обитания, так что становится невозможно проследить многочисленные экологические последствия их использования. Чтобы оценить даже простейшие экологические эффекты, острую токсичность и биоаккумуляцию каждого из этих веществ, требуется более 10 тыс. долларов, а стоимость всестороннего исследования увеличивается в десятки и сотни раз.

Вещества и предметы искусственного происхождения, которые вредят естественной среде обитания и человеку, называют *ксенобиотиками*, т. е. чуждыми жизни (от греч. «xenos» – чужой и «bios» – жизнь).

Долговременная экологическая опасность ксенобиотиков заключается в том, что они из рассеянного состояния концентрируются в биомассе, включая ту, которая служит пищей человеку. Различаются два механизма концентрирования. Первый основан на том, что организмы избирательно поглощают вещества из окружающей их среды, например растения из воздуха и почвенного раствора. Второй механизм основан на концентрировании веществ по пищевым цепям.

Наибольшей опасности подвергаются те популяции, которые «замыкают» пищевую цепь (находятся на вершине экологической пирамиды), так как во многих случаях концентрация ксенобиотика (в расчете на биомассу) увеличивается на порядок с продвижением на одно звено.

Концентрирование ксенобиотиков приводит к вымиранию некоторых популяций, упрощению биоценозов с потерей их устойчивости, а в некоторых случаях представляет прямую опасность для человека. Приходится увеличивать коэффициент безопасности в 10^4 по отношению к нормам, установленным на основе представления о пассивном разбавлении ксенобиотиков.

В данном разделе в качестве примера рассматриваются лишь некоторые экологически опасные факторы, большинство из которых имеют приоритетное значение по степени опасности для окружающей среды и здоровья человека.

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ

Среди химических веществ, загрязняющих внешнюю среду (воздух, воду, почву), тяжелые металлы и их соединения образуют значительную группу веществ, оказывающих существенное неблагоприятное воздействие на человека. Высокая токсичность и опасность для здоровья человека тяжелых металлов, возможность их рассеивания в окружающей среде диктуют необходимость контроля и разработки мер защиты от них.

Опасность тяжелых металлов обусловлена их устойчивостью во внешней среде, растворимостью в воде, сорбцией почвой, растениями, что в совокупности приводит к накоплению тяжелых металлов в среде обитания человека.

Тяжелые металлы являются факторами риска сердечно-сосудистых заболеваний наряду с общепризнанными, традиционными факторами (избыточной массой тела, гиподинамией, нервно-эмоциональными нагрузками, курением, злоупотреблением алкоголем и др.).

Плотность металлов

| Элемент | Символ | Плотность, г/см ³ | Элемент | Символ | Плотность, г/см ³ |
|-----------|--------|---------------------------------|----------|--------|---------------------------------|
| Германий | Ge | 5,36 | Никель | Ni | 8,90 |
| Иттрий | Y | 5,51 | Медь | Si | 8,92 |
| Мышьяк | As | 5,73 | Висмут | Bi | 9,80 |
| Ванадий | V | 5,87 | Молибден | Mo | 10,20 |
| Галлий | Ga | 5,91 | Свинец | Pb | 10,30 |
| Лантан | La | 6,15 | Серебро | Ag | 10,50 |
| Теллур | Te | 6,24 | Торий | Th | 11,20 |
| Цирконий | Zr | 6,40 | Таллий | Tl | 11,85 |
| Празеодим | Pr | 6,50 | Палладий | Pd | 11,97 |
| Сурьма | Sb | 6,68 | Рутений | Ru | 12,20 |
| Церий | Ce | 6,90 | Родий | Rh | 12,50 |
| Неодим | Nd | 6,90 | Гафний | Hf | 13,31 |
| Хром | Cr | 6,92 | Ртуть | Hg | 13,6 |
| Цинк | Zn | 7,14 | Тантал | Ta | 16,60 |
| Марганец | Mn | 7,20 | Уран | U | 18,70 |
| Олово | Sn | 7,28 | Вольфрам | W | 19,30 |
| Индий | In | 7,30 | Золото | Au | 19,30 |
| Самарий | Sm | 7,70 | Рений | Re | 20,53 |
| Железо | Fe | 7,86 | Платина | Rt | 21,45 |
| Ниобий | Nb | 8,40 | Иридий | Ir | 22,42 |
| Кадмий | Cd | 8,64 | Осмий | Os | 22,48 |
| Кобальт | Co | 8,90 | | | |

Согласно прогнозам, тяжелые металлы могут стать более опасными загрязнителями, чем отходы АЭС.

К тяжелым металлам относят более 40 химических элементов периодической системы Д. И. Менделеева с атомными массами свыше 50 а.е.м. Иногда тяжелыми металлами называют элементы, которые имеют плотность более 7-8 г/см³ (кроме благородных и редких), а иногда и металлы с плотностью 5 г/см³ (таблица 38). Оба определения условны, и перечни тяжелых металлов по этим формальным признакам не совпадают. Число наиболее опасных тяжелых металлов, если учитывать их токсичность, стойкость и способность накапливаться во внешней среде, а также масштабы распространения, значительно меньше. Это – ртуть, свинец, кадмий, кобальт, никель, цинк, олово, сурьма, медь, молибден, ванадий, мышьяк.

Поступление тяжелых металлов в биосферу вследствие техногенного рассеяния осуществляется разнообразными путями. Важнейшим из них является выброс при высокотемпературных процессах (черная и цветная металлургия, обжиг цементного сырья, сжигание минерального топлива). Кроме того, источником загрязнения биоценозов могут служить орошение водами с повышенным содержанием тяжелых металлов, внесение осадков бытовых сточных вод в почвы в качестве удобрения, вторичное загрязнение вследствие выноса тяжелых металлов из отвалов рудников или металлургических предприятий водными или воздушными потоками, поступление больших количеств тяжелых металлов при постоянном внесении высоких доз органических, минеральных удобрений и пестицидов, содержащих тяжелые металлы.

Рассеивание металлов может происходить на сотни и тысячи километров, приобретая межконтинентальные масштабы. В глобальных масштабах происходит процесс, называемый сегодня «металлическим прессом на биосферу». Ведущая роль в переносе металлов-загрязнителей принадлежит циркуляционным процессам, которые, в свою очередь, определяют особенности их пространственного распределения.

Техногенные загрязнения включают в кругооборот значительно большие количества тяжелых

металлов по сравнению с их природными величинами, усугубляют опасность воздействия на человека уже не биотических, а токсических концентраций указанных элементов через почву, воду, воздух, растительные и животные организмы.

ПЕСТИЦИДЫ

Человек создал много химических препаратов, преследуя свои хозяйственные и иные цели. Многочисленную группу ядохимикатов представляют пестициды.

Пестициды (от лат. *pestis* – зараза и *caedere* – убивать), *ядохимикаты*, химические препараты для защиты сельскохозяйственных растений от вредителей, болезней и сорняков, а также для уничтожения паразитов сельскохозяйственных животных, вредных грызунов и др. К пестицидам относятся также средства, привлекающие или отпугивающие насекомых, регулирующие рост и развитие растений, применяемые для удаления листьев, цветов, завязей и др.

Дефолианты, (от лат. *de* – движение вниз и *folium* – лист), химические вещества (бутифос, бутилкаптакс, тидрел, пуривел, хлорад магния, диоксин и др.), предназначенные для провоцирования искусственного опадания листвы растений (например, для облегчения механизированной уборки хлопка). Без строжайшего соблюдения доз, мер предосторожности дефолианты представляют серьезную опасность для человека и животных.

Зооциды (от греч. *zoon* – животное и ...цид(ы)), химические вещества, предназначенные для уничтожения вредных, преимущественно позвоночных, животных-грызунов (родентициды), в частности мышей и крыс (ратициды), а также птиц (авициды), сорной рыбы (ихтиоциды) и др.

Арборициды (от лат. *arbor* – дерево и ...цид(ы)), химические вещества, предназначенные для уничтожения нежелательной древесной или кустарной растительности.

Акарициды (от греч. *akari* – клещ и ...цид(ы)), химические вещества, предназначенные для уничтожения вредных клещей. Различают 2 группы акарицидов: 1) специфического действия, уничтожают только клещей и безвредны для других членистоногих (неорон, кельтан, тедион, эфирсульф); 2) неспецифические – уничтожают не только клещей, но и насекомых (инсектоакарициды).

Инсектициды (от лат. *insecta* – насекомые и ...цид(ы)), пестициды, предназначенные для борьбы с нежелательными (с точки зрения человека) в хозяйствах и природных сообществах насекомыми.

Фунгициды (от лат. *fungus* – гриб и ...цид(ы)), химические вещества, предназначенные для борьбы с грибами – возбудителями болезней, разрушающих древесные конструкции и повреждающих хранящиеся материальные ценности.

Детергенты (от лат. *detergeo* – стираю), химические соединения, понижающие поверхностное натяжение воды и используемые в качестве моющего средства или эмульгатора. Детергенты – широко распространенные и опасные для человека, животных и растений химические загрязнители воды, водоемов, почв.

Пестициды применяются в различных формах: растворы, суспензии, аэрозоли, пены, газы, пары, пыль, порошки, пасты, гранулы, капсулы.

Попадание пестицидов в атмосферу осуществляется непосредственно при их использовании в виде газов, паров, аэрозолей или при распылении любых форм пестицидов с самолета. С воздушными массами они могут переноситься на большие расстояния и вызывать загрязнение окружающей среды там, где пестициды вообще не применялись или использовались в меньших количествах.

Все пестициды являются ядовитыми веществами не только для определенной формы жизни, но и для полезных насекомых и микроорганизмов, животных, птиц и человека. В идеальном случае пестицид, оказав требуемое воздействие на вредителя, должен был сразу разрушиться, образовав безвредные продукты разложения. Однако большинство пестицидов представляют собой устойчивые труднорастворимые соединения, у которых непосредственно используется 4–5% внесенного количества, а остальная масса рассеивается в агроэкосистеме, попадая в почвы, растения и другие компоненты окружающей среды, что создает сложные экологические проблемы.

При внесении в почву пестициды подвергаются многочисленным влияниям биотического и небитического характера, которые определяют их дальнейшее поведение, трансформацию и в конечном счете минерализацию. Под устойчивостью пестицида понимают его способность определенное время сохраняться в почвах, измеряемую периодом полураспада, то есть временем, необходимым для разрушения 50% внесенного в почву пестицида. Характер и скорость процессов разложения зависят от химической природы препарата, а также от водно-физических характеристик и химического состояния почвы.

ДИОКСИНЫ

В большую группу диоксинов и диоксиноподобных соединений входят как сами полихлорированные дибензо- р-диоксины (ПХДД) и дибензофураны (ПХДФ), которые по своей химической структуре являются три-циклическими ароматическими соединениями, так и полихлорированные бифенилы (ПХБ), поливинилхлорид (ПВХ) и ряд других веществ, содержащих в своей молекуле атомы хлора. Это чужеродные живым организмам соединения, попадающие в окружающую среду с продукцией или отходами многих технологий. Диоксины найдены везде – в воздухе, почве, донных отложениях, рыбе, молоке (в том числе и грудном), овощах и т. д.

Отличительная черта представителей этой группы соединений – чрезвычайно высокая устойчивость к химическому и биологическому разложению, они способны сохраняться в окружающей среде в течение десятков лет и переносятся по пищевым цепям. Эти вещества – супертоксиканты, они являются универсальными клеточными ядами, поражающими все живое.

Диоксины не производятся промышленно, но они возникают при производстве других химических веществ в виде примесей, например: при синтезе гексахлорфенола, хлорированных фенолов, гербицидов на основе гекеахлорбензола и хлордифениловых эфиров. Известна трагедия вблизи г. Севезо (Италия), где на заводе произошел выброс трихлорфенола, содержащего примерно 2-3 кг ТХДД. Более 2/3 этого количества отложилось на площади в 15 га на расстоянии около 500 м от завода. Период полураспада ТХДД в почве составляет примерно 10-12 лет. Источником поступления диоксинов в окружающую среду является и нарушение правил захоронения промышленных отходов, в результате чего также происходит сильное загрязнение почв.

К другим источникам диоксинов относятся: термическое разложение технических продуктов, сжигание осадков сточных вод, муниципальных, медицинских и опасных отходов (например, ПХБ и изделий из ПВХ); металлургическая и металлообрабатывающая промышленность, выхлопные газы автомобилей, целлюлозно-бумажная промышленность, лесные пожары (леса, обработанные хлорфенольными пестицидами), хлорирование питьевой воды и др. Известное еще с начала XX в. заболевание, называемое хлоракне, было квалифицировано в 30-е гг. как профессиональная болезнь рабочих хлорных производств. Хлоракне – тяжелая форма угрей, уродующих кожу лица. Заболевание может длиться годами и практически не поддается лечению. Пик выброса диоксинов пришелся на 60–70-е гг. XX в., в результате расширения производства отбеленной бумаги, а также веществ, в технологии синтеза которых использовался хлор.

У человека (как в результате профессиональной деятельности, так и влияния окружающей среды) в целом описано довольно много признаков и симптомов различных заболеваний, которые можно свести к следующим:

- кожные проявления – хлоракне, гиперпигментация и др.;
- нарушение работы различных физиологических систем – расстройство пищеварения (рвота, тошнота, непереносимость алкоголя и жирной пищи), нарушения в сердечно-сосудистой системе, мочевыводящих путях, поджелудочной железе и др.;
- неврологические эффекты – головные боли, невропатия, потеря слуха, обоняния, вкусовых ощущений, нарушение зрения;
- психические эффекты – нарушение сна, депрессия, немотивированные приступы гнева.

Общее состояние проблемы загрязнения среды диоксинами отражено в Государственном докладе «О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации»: «Среди химических веществ, загрязняющих природные среды, особое место занимают вещества I класса опасности, или чрезвычайно опасные, для которых установлены минимальные значения предельно допустимых концентраций... Выборочные обследования локальных источников диоксинов и родственных им веществ, проведенные Роскомгидрометом в 1993 г., показали их присутствие в поверхностных водах, питьевой воде, городских почвах и атмосферном воздухе (таблица 39).

Т а б л и ц а 3 9

Содержание диоксинов в поверхностных и питьевых водах

| Объект исследования | Содержание в долях ПДК |
|------------------------------|------------------------|
| Вода р. Шани | 1,7-21,6 |
| Вода Учинского водохранилища | 1,5 |

| П и т ь е в а я в о д а г . М о с к в а | |
|--|---------|
| Новозападная водопроводная станция | 0,5 |
| Восточная водопроводная станция | 1,1-4,0 |
| Питьевая вода г. Кондрово | 1,7-3,5 |
| Питьевая вода г. Чапаевск | <0,7 |

Несмотря на то, что диоксины в питьевой воде обследованных городов присутствуют в количествах, не превышающих ПДК, сам факт наличия токсичных веществ, обладающих способностью накапливаться в живом организме, требует особого внимания.

СОЕДИНЕНИЯ СЕРЫ, ФОСФОРА И АЗОТА

При оценке загрязнения биосферы соединениями фосфора важны техногенные пути их поступления. Значительные количества фосфорных соединений входят в состав моющих средств и с их остатками попадают в сточные воды. Стиральные порошки содержат 10-12% пирофосфата калия или от 4-5 до 40-50% триполифосфата натрия и некоторые другие фосфорсодержащие компоненты. Фосфор также входит в состав инсектицидов, например, хлорофоса. Вместе с промышленными и бытовыми сточными водами соединения фосфора могут поступать в почвы и почвенно-грунтовые воды.

В биосфере азот присутствует в газообразной форме, в виде соединений азотной и азотистой кислот, солей аммония, а также входит в состав разнообразных органических соединений.

Техногенные выбросы азота в воздушную среду в основном включают оксид азота и его диоксид. Оксиды азота активно участвуют в фотохимических реакциях, продуцируя озон и азотную кислоту.

В настоящее время большую проблему представляет нарушение толщины озонового слоя, на уменьшение которого могут оказывать влияние неполные оксиды азота, вступающие в реакцию окисления от N_2O до NO_2 и использующие кислород озонового слоя. Разрушение озонового экрана связывают с оксидом азота, который служит источником образования других оксидов, катализирующих фотохимическую реакцию разложения молекул озона.

О значительном загрязнении соединениями азота свидетельствует повышение уровня концентрации нитратов в природных водах в 2-4 раза и более, а также повышение концентраций аммонийного и нитратного азота до токсичных уровней, что может привести к специфическим заболеваниям типа метгемоглобинемии людей и животных.

Как правило, максимальное содержание нитратов обнаруживают в продукции, выращенной на приусадебных участках и арендуемых полях и огородах, где внесение удобрений не контролируется. При взаимодействии нитритов и аминов в живых организмах образуются нитрозамины, являющиеся канцерогенами и способные вызывать нарушения хромосомного аппарата и наследственные уродства.

Фосфор и азот влияют на водные экосистемы. Эвтрофирование, или ненормальное повышение биологической продуктивности водных объектов и почвы, происходит в результате накопления избытка биогенных элементов (веществ).

В большинстве водных экосистем лимитирующим биогенным элементом является фосфор, в меньшей степени азот; в такой экосистеме наблюдается низкая продуктивность и как следствие – чистая прозрачная вода, обогащенная кислородом. На дне появляется осадок, растительность начинает вторгаться в экосистему с берегов, экосистема «стареет» и «умирает»: водоем мелеет и зарастает.

Признаком «болезни» является развитие сине-зеленых водорослей или других фотосинтезирующих водорослей, вызывающих «цветение» воды. Вода в пресноводных водоемах становится непригодной не только для питья, но и для промышленных нужд, возникает ряд опасностей и неразрешимых пока проблем.

Вследствие эвтрофирования некоторые наземные экосистемы также перерождаются: из них исчезают виды растений, характерные для условий местопроизрастания.

Диоксид серы составляет 95% всех техногенных выбросов серосодержащих веществ в атмосферу.

Сернистый газ, окисляясь и взаимодействуя с водой, выпадает в виде кислотных дождей. Осадки подкисляют почвы. Из почвенного поглощающего комплекса водород вытесняет обменные основания (Ca^{2+} , Mg^{2+}). Увеличивается фитотоксичность почв за счет увеличения подвижного алюминия. Сера закрепляется в почве в форме алуниита $KAl_3(OH)_6(SO_4)_2$. Часть серы сорбируется фульвокислотами. Значительно повышается растворимость всех гумусовых веществ, происходит их вымывание из минеральных горизонтов.

Резко изменяется состав и функции микробиоты: уменьшается масса бактерий, увеличивается масса грибов, среди них появляются фитопатогенные виды; снижается скорость денитрификации и азотфиксации, снижается численность и активность почвенной фауны. Блокируется цикл азота на стадии аммиака. Подавляется разложение органических остатков. Модергумусные почвы трансформируются в грубогумусные, усиливается процесс подзолообразования.

В итоге этих изменений плодородие почвы сначала несколько повышается за счет покрытия дефицита серы и азота, а затем значительно и устойчиво снижается. В сельском хозяйстве почвенное плодородие можно восстановить известкованием почвы и соответствующей агротехникой с внесением удобрений. В лесном хозяйстве воздушное загрязнение в сочетании с ухудшением почвенных условий приводит не только к падению прироста древесины, но и к усыханию древостоев и дигрессии лесных биогеоценозов.

ФРЕОНЫ

Фреоны (хладоны) – это группа фторсодержащих (могут также содержать хлор и бром) углеводородов жирного ряда; газы или летучие жидкости. Благодаря своим термодинамическим свойствам фреоны нашли широкое применение в практике как хладоносители в холодильных машинах.

При контакте с открытым пламенем фреоны разлагаются с образованием токсичных дифтор- и фторхлорфосгена, устойчивы к действию серной кислоты и концентрированных щелочей, не взаимодействуют с большинством металлов. Фреоны нетоксичны для организма, однако их воздействие на окружающую среду может иметь и негативные последствия – образование озоновой «дыры».

Хладоны обладают привлекательными физико-химическими свойствами, малотоксичны, просты в использовании, не обладают коррозирующим действием, не образуют взрывоопасных смесей с воздухом, имеют исключительно высокую пламеподавляющую способность.

Хладоны применяют в качестве хладагентов, пропеллентов в аэрозольных упаковках косметических средств, как компоненты огнетушащих составов, растворители и т. д. В промышленных масштабах хладоны стали применять с начала 30-х гг. XX в.

В 1974 г. учеными было высказано предположение о том, что хладоны разрушают озоновый слой, защищающий земные организмы от губительного действия ультрафиолетового излучения Солнца. Обоснованность гипотезы (Rowland F. S., Molina M. J.) была подтверждена прямыми измерениями.

Озоноразрушающее действие хладонов приводит к образованию так называемых озоновых дыр, т. е. к снижению концентрации озона, что расценивается как серьезная экологическая опасность. В 1987 г. достигнуто международное соглашение – Монреальский протокол, обязывающий все страны-участницы соглашения с 1994 г. ограничить, а к 2000 г. полностью прекратить производство и применение всех озоноразрушающих материалов.

8.2. ВОЗДУХ КАК ФАКТОР СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

Воздушная среда, в которой осуществляется деятельность человека, характеризуется физическими параметрами, химическим составом, ионным составом и другими показателями.

Физические параметры воздуха: температура, относительная влажность, скорость, барометрическое давление. Первые три параметра определяют процесс терморегуляции организма, т. е. поддержание температуры тела в пределах 36-37°C. Она обеспечивает равновесие между количеством тепла, непрерывно образующимся в организме в процессе обмена веществ, и излишками тепла, непрерывно отдаваемыми в окружающую среду, т. е. поддерживает тепловой баланс организма человека.

Терморегуляция – физиологический процесс, контролируемый центральной нервной системой. Различают химическую и физическую терморегуляцию.

Основное значение имеет физическая терморегуляция, посредством которой осуществляется отдача тепла организмом в окружающую среду. Этот процесс может идти тремя путями:

1. В виде инфракрасных лучей, излучаемых поверхностью тела в направлении окружающих предметов с более низкой температурой (радиация); таким путем теряется $\approx 45\%$ всей тепловой энергии, вырабатываемой организмом;

2. Нагревом воздуха, омывающего поверхность тела (конвекция), при этом теряется $\approx 30\%$ тепла;

3. Испарением пота, теряется $\approx 13\%$ тепла через органы дыхания и около 5% тепла расходуется на нагревание принимаемой пищи, воды и вдыхаемого воздуха.

Теплоотдача радиацией и конвекцией происходит в том случае, если температура окружающего

воздуха ниже температуры тела. В противном случае теплоотдача возможна только испарением пота. Причем скорость испарения зависит от относительной влажности воздуха. Если влажность воздуха превышает 80%, теплоотдача испарением пота затруднена и может наступить перегрев организма, именуемый тепловой гипертермией и судорожной болезнью, которые в дальнейшем могут привести к тепловому удару, протекающему с потерей сознания, повышением температуры тела человека до 40-41°C и другими признаками тяжелого заболевания. Интенсивное потоотделение чревато угрозой дегидратации (обезвоживания) организма. Потери воды за счет испарения; при температуре окружающей среды 37,8°C в состоянии покоя человека достигали 300 г.ч.⁻¹ При движении они более значительны.

Если температура воздуха и окружающих стен больше 60°C, организм человека не способен сохранять тепловой баланс даже за счет потоотделения, вследствие чего начинается процесс накопления тепла в организме. Допускаемая продолжительность воздействия высоких температур при нормальном атмосферном давлении (≈ 101 кПа) приведена на рис. 44, а при пониженном барометрическом давлении – на рис. 45.

Неблагоприятное воздействие на организм человека оказывает не только высокая, но и низкая температура воздуха. Переохлаждения (гипотермия) вызывают заболевания периферической нервной системы. Наибольший процент обморожений и смертельных случаев в результате переохлаждения наблюдается при сочетании низкой температуры, высокой влажности и большой подвижности воздуха.

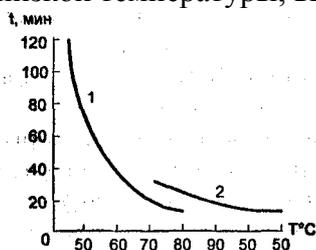


Рис. 44
Допустимое время пребывания человека в условиях высоких температур при нормальном атмосферном давлении в состоянии покоя, в легкой одежде
1 — по советским источникам; 2 — по американским источникам.

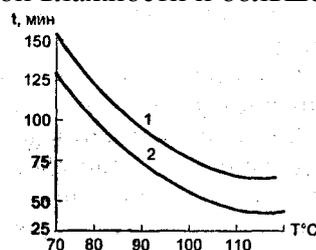
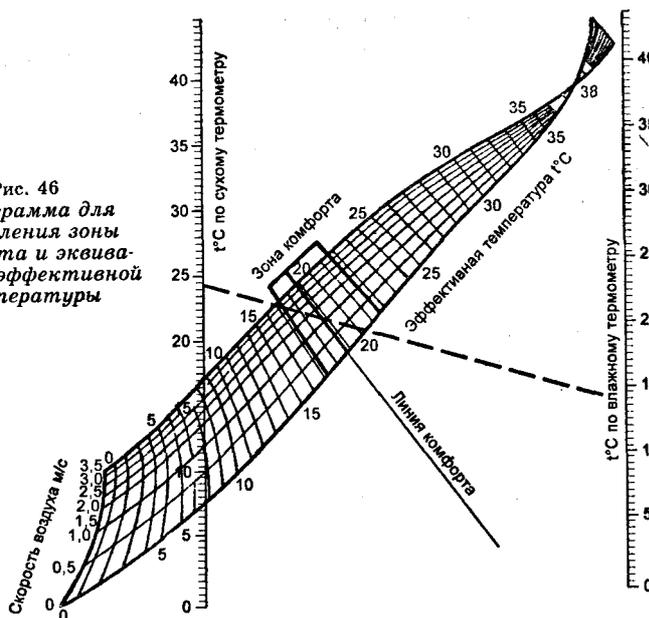


Рис. 45
Время переносимости высоких температур в состоянии относительного покоя при давлении 34,3 кПа (в различной одежде)
1 — теплая (многослойная) одежда; 2 — легкая одежда.

Рис. 46
Номограмма для определения зоны комфорта и эквивалентно-эффективной температуры



Совместное действие температуры, влажности и подвижности воздуха определяют через эквивалентно-эффективную температуру по специальной диаграмме (рис. 46).

Физические параметры воздуха необходимо учитывать при организации всех видов деятельности. Особое значение имеют параметры микроклимата помещений, т. е. температура, относительная влажность и подвижность воздуха. Кроме того, следует иметь в виду, что скорость воздуха при определенной величине представляет серьезную опасность для сооружений, технических устройств,

конструкций, так как может создавать большие ветровые нагрузки, способные производить разрушительные действия.

Что касается барометрического давления, то его величина по понятным соображениям не нормируется, хотя его колебания оказывают существенное влияние на здоровье людей.

Нормальное кислородное обеспечение организма возможно при снижении давления до 25-26 кПа. На высоте 3000 м человек подвергается опасности заболеть «горной болезнью». От повышенного барометрического давления патологические симптомы появляются у человека при давлении более 392...843 кПа. Интервал давлений порядка 73-126 кПа особых беспокойств здоровым людям не доставляет. Для безопасности человека важно не само давление, укладываемое в указанные пределы, а скорость его изменения.

Химический состав. Чистый воздух имеет следующий химический состав в % по объему: азот $\approx 78,08$; кислород $\approx 20,94$; аргон, неон и другие инертные газы $\approx 0,94$; углекислый газ $\approx 0,03$; прочие газы $\approx 0,01$. В воздухе могут находиться вредные вещества различного происхождения в виде газов, паров, аэрозолей, в том числе радиоактивные.

Вредное вещество – вещество, которое при контакте с организмом человека в случае нарушения требований безопасности может вызывать заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами как в процессе контакта с ним, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений. Из данного определения следует, что все химические соединения потенциально являются вредными веществами. Вредные вещества можно классифицировать по разным признакам:

По характеру воздействия на организм: общетоксические; раздражающие; сенсибилизирующие; канцерогенные; мутагенные; влияющее на репродуктивную функцию.

По классам химических соединений: органические; неорганические; элементоорганические.

По степени токсичности: чрезвычайно токсичные; высокотоксичные; умеренно токсичные; малотоксичные.

По степени воздействия на организм: чрезвычайно опасные; высокоопасные; умеренно опасные; малоопасные.

Для предотвращения негативных последствий воздействия загрязняющих веществ на отдельные компоненты природной среды необходимо знать их предельные уровни, при которых возможна нормальная жизнедеятельность и функционирование организма. Основной величиной экологического нормирования содержания вредных химических соединений в компонентах природной среды является **предельно допустимая концентрация (ПДК)**. ПДК – это такое содержание вредного вещества в окружающей среде, которое при постоянном контакте или при воздействии за определенный промежуток времени практически не влияет на здоровье человека и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства. При определении ПДК учитывается не только влияние загрязняющего вещества на здоровье человека, но и его воздействие на животных, растения, микроорганизмы, а также на природные сообщества в целом.

Для санитарной оценки воздушной среды используется несколько видов предельно допустимых концентраций вредных веществ, которые установлены на основе рефлекторных реакций организма человека на присутствие в воздухе вредных веществ.

$ПДК_{рз}$ – предельно-допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны, $мг/м^3$. Эта концентрация не должна вызывать у работающих при ежедневном вдыхании в течение 8 ч за все время рабочего стажа каких-либо заболеваний или отклонений от нормы в состоянии здоровья, которые могли бы быть обнаружены современными методами исследования непосредственно во время работы или в отдаленные сроки. При этом рабочей зоной считается пространство высотой 2 м над уровнем пола или площадки, на которой расположены места постоянного или временного пребывания работающих.

$ПДК_{мр}$ – максимальная разовая концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест, $мг/м^3$, которая не должна вызывать рефлекторных реакций в организме человека.

$ПДК_{сс}$ – среднесуточная предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест, $мг/м^3$. Эта концентрация вредного вещества не должна оказывать прямого или косвенного вредного воздействия на организм человека в условиях неопределенно долгого круглосуточного вдыхания.

В настоящее время действуют «ПДК вредных газов, паров и аэрозолей в воздухе рабочей зоны», установленные для 445 загрязняющих веществ, и «ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест», включающие 109 загрязняющих веществ.

В качестве примера дадим характеристику некоторым загрязняющим веществам.

Пыли. В зависимости от происхождения принято различать органические и неорганические пыли. К органическим относятся растительная и животная пыль, а также пыль некоторых синтетических веществ. К неорганическим относятся металлическая и минеральная (кварц, асбест, цемент и др.) пыли.

При оценке токсического действия пыли необходимо учитывать такие факторы, как дисперсность, форма частиц, растворимость, химический состав. Наибольшую опасность представляют пыли с частицами размером до 5 мкм, частицы этого размера задерживаются в легких, проникая в альвеолы, и частично или полностью растворяются в лимфе. Частицы большого размера задерживаются в верхних дыхательных путях и выводятся наружу при выдохе или откашливаний. В зависимости от химического состава пыль может оказывать отравляющее или механическое действие. К пылям вредных химических веществ относятся аэрозоли ДДТ, хромового ангидрида, свинца, ртути и др. Аэрозоли этих соединений могут не только оказывать местное воздействие на верхние дыхательные пути, но и проникать в легкие и желудочно-кишечный тракт и вызывать общее отравление организма.

Неядовитые пыли при значительных концентрациях также оказывают вредное воздействие на организм человека. Они засоряют или раздражают слизистые оболочки глаз, кожу, верхние дыхательные пути и вызывают различные легочные заболевания – пневмокониозы. В зависимости от природы пыли пневмокониозы могут быть различных видов: силикоз – при действии пыли свободного диоксида кремния; антракоз – при вдыхании угольной пыли; асбестоз – при вдыхании асбестовой пыли.

Аммиак (NH₃) – бесцветный газ с резким запахом. Хорошо растворим в воде, перевозится и хранится в сжиженном состоянии. Аммиак является горючим газом, горит при наличии постоянного источника огня. Пары аммиака образуют с воздухом взрывоопасные смеси. Емкости с аммиаком могут взрываться при нагревании. Общетоксические эффекты в основном обусловлены действием аммиака на нервную систему. Последствиями тяжелой интоксикации является снижение интеллектуального уровня с выпадением памяти, неврологические симптомы: тремор, нарушение равновесия, тики, понижение болевой и тактильной чувствительности, головокружение, нистагм, гиперрефлексия. Последствиями острого отравления могут быть помутнение хрусталика, роговицы, даже ее прободение и потеря зрения, охриплость или полная потеря голоса и различные хронические заболевания (бронхит, эмфизема легких и др.). В случае малых концентраций наблюдается незначительное раздражение глаз и верхних дыхательных путей. При средних концентрациях наблюдается сильное раздражение в глазах и в носу, частое чихание, слюнотечение, небольшая тошнота и головная боль, покраснение лица и потоотделение. При воздействии очень высоких концентраций уже через несколько минут наступают мышечная слабость с повышенной рефлекторной возбудимостью, резко снижается слух.

$$\text{ПДК}_{\text{мр}} - 0,2 \text{ мг / м}^3, \text{ ПДК}_{\text{сс}} - 0,2 \text{ мг / м}^3.$$

Оксид углерода (CO) – бесцветный газ без запаха и вкуса, плохо растворяется в воде; в сжиженном состоянии – бесцветная прозрачная жидкость. CO – негорюч. Пределы воспламеняемости окиси углерода в смеси с воздухом 12,5-74,2%, смесь двух объемов с одним объемом кислорода взрывается при наличии открытого пламени. Оксид углерода – вещество преимущественно общедовитого действия – яд гемоглобина. CO вытесняет кислород из оксигемоглобина, содержание кислорода может снижаться до 8% (аноксемия). Оксид углерода способна оказывать непосредственное токсическое действие на клетки, нарушая тканевое дыхание. CO влияет на углеводный и фосфорный обмен. При действии окиси углерода наблюдается тяжесть и ощущение сдавливания головы, сильная боль во лбу и висках, головокружение, шум в ушах, покраснение и жжение кожи лица, дрожь, чувство слабости и страха, жажда, учащение пульса, пульсация височных артерий, тошнота, рвота. В дальнейшем появляется оцепенелость, слабость и безучастность, нарастает сонливость. Температура тела может повышаться до 38-40°C.

$$\text{ПДК}_{\text{мр}} - 3 \text{ мг / м}^3, \text{ ПДК}_{\text{сс}} - 1 \text{ мг / м}^3$$

Хлор (Cl₂) – зеленовато-желтый газ с характерным резким удушливым запахом, малорастворим в воде, растворим в четыреххлористом титане и четыреххлористом кремнии. Является сильным окислителем. Хлор тяжелее воздуха, скапливается в подвалах, низинах местности, хранится и перевозится в сжиженном состоянии. Хлор взрывоопасен в смеси с водородом, негорюч, но пожароопасен. Емкости с хлором могут взрываться при нагревании, хлор поддерживает горение многих

органических веществ. Хлор – вещество преимущественно удушающего действия, раздражает дыхательные пути, может вызвать отек легких. При действии хлора в крови нарушается содержание свободных аминокислот. При незначительных концентрациях хлора наблюдается покраснение конъюнктивы, мягкого неба и глотки, бронхит, легкая одышка, охриплость, чувство давления в груди. При воздействии малых и средних концентраций хлора наблюдаются за грудинные боли, жжение и резь в глазах, слезотечение, мучительный сухой кашель, увеличивается одышка, пульс учащается, начинается отделение мокроты со слизью и отхаркивание пенистой желтой или красноватой жидкости. Иногда отравление, перенесенное на ногах, через несколько дней заканчивается смертью.

$$\text{ПДК}_{\text{мр}} = 0,1 \text{ мг / м}^3, \text{ ПДК}_{\text{ср}} = 0,03 \text{ мг / м}^3$$

Для обеспечения охраны воздушной среды установлена еще одна нормативная величина, характеризующая объем вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу отдельными источниками загрязнения, – предельно допустимый выброс (ПДВ). ПДВ – это объем (количество) загрязняющего вещества, выбрасываемого отдельным источником за единицу времени, превышение которого ведет к превышению ПДК в среде, окружающей источник загрязнения, и, как следствие, к неблагоприятным последствиям в окружающей среде и к риску для здоровья людей.

Воздух характеризуется **ионным составом**.

Ионизация воздуха – процесс превращения нейтральных атомов и молекул воздушной среды в электрически заряженные частицы (ионы). Ионы в воздухе могут образовываться вследствие естественной, технологической и искусственной ионизации.

Естественная ионизация происходит в результате воздействия на воздушную среду космических излучений и частиц, выбрасываемых радиоактивными веществами при их распаде. Естественное ценообразование происходит повсеместно и постоянно во времени.

Технологическая ионизация происходит при воздействии на воздушную среду радиоактивного, рентгеновского и ультрафиолетового излучения, термоэмиссии, фотоэффекта и других ионизирующих факторов, обусловленных технологическими процессами. Образовавшиеся при этом ионы распространяются в основном в непосредственной близости от технологической установки.

Искусственная ионизация осуществляется специальными устройствами – ионизаторами. Ионизаторы обеспечивают в ограниченном объеме воздушной среды заданную концентрацию ионов определенной полярности.

Характеристиками ионов являются подвижность и заряд. Подвижность ионов выражается коэффициентом пропорциональности «К» (см/сек) • (см/В) между скоростью ионов и напряженностью электрического поля, действующего на ион. Подвижность ионов зависит от их массы: чем больше масса, тем меньше скорость перемещения иона в электрическом поле. По подвижности весь спектр ионов условно делят на пять диапазонов:

- легкие $K > 1,0$,
- средние $1,0 > K > 0,01$,
- тяжелые $0,01 > K > 0,001$,
- ионы Ланжевена $0,001 > K > 0,0002$,
- сверхтяжелые ионы $0,0002 > K$.

Каждый ион имеет положительный или отрицательный электрический заряд (полярность).

Наряду с возникновением происходит непрерывное исчезновение ионов. Факторами, определяющими исчезновение легких ионов, являются: рекомбинация двух легких ионов разных полярностей; адсорбция легких ионов на незаряженных ядрах конденсации; рекомбинация легкого и тяжелого ионов зарядами противоположных знаков и др.

В зависимости от соотношения процессов ионизации и деионизации устанавливается определенная степень ионизированности воздуха. Степень ионизированности воздушной среды определяется количеством ионов каждой полярности в одном кубическом сантиметре воздуха. Определение количества ионов и их полярности осуществляется счетчиками ионов. По результатам измерения рассчитывается показатель полярности. Показателем полярности Π является отношение разности числа ионов положительной n_+ и отрицательной n_- полярности к их сумме, т. е.

$$\Pi = \frac{n_+ - n_-}{n_+ + n_-}$$

Показатель полярности может изменяться от +1 до -1. При равенстве количества ионов положительного и отрицательного знака $P = 0$.

Санитарно-гигиенические нормы регламентируют количество только легких ионов. В таблице 40 приведены регламентируемые показатели ионизации воздуха. Минимально необходимый и максимально допустимый уровни определяют интервал концентраций ионов во вдыхаемом воздухе названных помещений, отклонение от которого создает угрозу здоровью человека.

Таблица 40

Нормативные величины ионизации воздушной среды производственных и общественных помещений

| Уровни | Число ионов в 1 см ³ воздуха | | Показатель полярности, P |
|------------------------|---|----------------|--------------------------|
| | n ₊ | n ₋ | |
| Минимально необходимый | 400 | 600 | -0,2 |
| Оптимальный | 1500-3000 | 3000-5000 | от -0,5 до 0 |
| Максимально допустимый | 50000 | 50000 | от -0,05 до +0,05 |

Вопросы нормализации воздушной среды регламентируются различными нормативными документами.

В связи с тем что микроклимат может существенно влиять на самочувствие и работоспособность человека, необходим постоянный контроль его параметров. Для измерения температуры воздуха чаще всего применяют ртутные термометры; относительную влажность измеряют психрометрами (аспирационными, волосяными), гигрометрами; скорость воздуха – анемометрами (крыльчатными и чашечными) и кататермометрами; интенсивность тепловых излучений – актинометрами. Непрерывный контроль и запись параметров микроклимата во времени осуществляют при помощи термографов, барографов, гигрографов или электронных психрометров.

Для санитарно-химического анализа воздуха на содержание вредных примесей применяют лабораторные, экспрессные и автоматические методы контроля. Они основаны на химических, физических, физико-химических и биохимических процессах улавливания и анализа загрязнений воздуха.

Лабораторные методы (фотометрические, хроматографические, спектроскопические и другие) обеспечивают высокую точность, но не всегда достаточно оперативны.

Экспрессные методы просты и оперативны. Например, метод, при применении которого используется газоанализатор с индикаторными трубками УГ-2.

Автоматические методы (механические, акустические, магнитные, тепловые, оптические) позволяют быстро и точно получить информацию, а приборы, настроенные на определенный уровень загазованности воздуха (газосигнализаторы), при превышении этого уровня, через систему автоматики подают сигнал на пульт управления.

Методы контроля запыленности воздуха разделяют на две группы:

а) с выделением дисперсной фазы из аэрозоля – весовой (гравиметрический), счетный (кониметрический), радиоизотопный, фотометрический;

б) без выделения дисперсной фазы из аэрозоля – фотоэлектрические, оптические, акустические, электрические.

Основными профилактическими мероприятиями, обеспечивающими метеорологические условия и чистоту воздуха, являются правильно организованные вентиляционные системы.

В зависимости от движущей силы различают естественную вентиляцию, когда движение воздуха обеспечивается за счет теплового или ветрового напора, и механическую (искусственную) вентиляцию, когда перемещение воздуха обеспечивается вентилятором.

Для защиты органов дыхания в необходимых случаях применяются средства индивидуальной защиты органов дыхания – СИЗОД: противогазы, респираторы, пневмокостюмы, пневмомаски.

8.3. ВОДА КАК ФАКТОР СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

Когда ученые, исследуя другие планеты, ставят вопрос, есть ли еще где-либо в Солнечной системе жизнь, первое, на что они обращают внимание, – это вода. Без воды жизнь существовать не может.

На Земле воды очень много, около 70% поверхности планеты покрыто морями и океанами, но эта вода – соленая. Все основные наземные экосистемы, включая и человеческую, зависят от наличия пресной воды, содержащей менее 0,01% солей. Ее гораздо меньше – менее 1% всего мирового запаса воды, причем растущее человечество растрчивает и загрязняет это бесценное богатство.

Наша задача – проанализировать пресноводные ресурсы, чтобы понять, как мы их истощаем, и что можно сделать для сохранения и рационального использования воды.

Оценка запасов пресной воды в настоящее время далека от совершенства и по данным различных авторов она расходится иногда до десяти раз. Общий объем пресной воды на планете равен 35,029 млн. км³. Однако из этого количества пресных вод, потенциально пригодных к использованию, почти 69% заключено в ледниковых покровах и в горных ледниках, а более 30% – в водоносных слоях глубоко под землей.

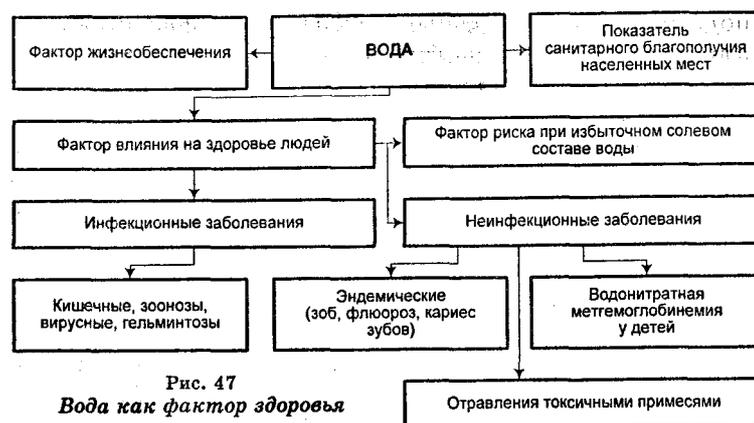


Рис. 47
Вода как фактор здоровья

На долю пресных вод, содержащихся в руслах рек мира и представляющих для нас наибольший интерес, приходится всего 0,006% от общих запасов пресной воды на Земле.

Вода является важнейшим фактором окружающей среды, который оказывает многообразное воздействие на все процессы жизнедеятельности организма, работоспособность и заболеваемость человека (рис. 47).

ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ И ГИГИЕНИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ВОДЫ

Вода принимает активное участие в физиологических процессах организма. Она является универсальным растворителем газообразных, жидких и твердых веществ, а также участвует в процессах окисления, промежуточного обмена, пищеварения. Растворенные в воде минеральные соли оказывают влияние на поддержание важнейших биологических констант организма – осмотического давления, кислотно-щелочного равновесия. Она является участником процессов гидролиза жиров, углеводов, гидролитического и окислительного дезаминирования аминокислот и других реакций промежуточного обмена. Вода обеспечивает тургор кожи и тканей организма.

Суточный баланс воды у человека в организме составляет около 2,5 л. Количество потребляемой воды подвержено значительным колебаниям в зависимости от климатических условий, микроклимата и интенсивности выполняемой работы.

Потеря воды в количестве 10% от массы тела приводит к нарушению обмена веществ, потеря 15-20% смертельна при температуре воздуха 30°C, а потеря 25% абсолютно смертельна.

Гигиеническое значение воды велико. Она используется для поддержания в надлежащем санитарном состоянии тела человека, предметов обихода, жилища и пр., оказывает благоприятное влияние на климатические условия, условия отдыха населения, на уровень культуры и быта.

В начале двадцатого столетия расход воды в городах составлял от 55 до 135 л на человека в сутки. Для питья, приготовления пищи, умывания и мытья посуды использовалось 20-30 л воды, для сантехнических нужд – 7-10 л, на каждую ванну – 350 л, на каждый душ – 20-30 л, для поливки садов, улиц и дворов – 1,5 л на каждый квадратный метр, для ручной пожарной трубы – 300-400 л за минуту действия. Нормой потребления воды в начале века считалось 100 л воды на человека в сутки, но если

расход воды не контролировался водомерами, он мог возрасти и до 200 л.

Интересно, что самым низким – несколько меньше нормы – было потребление воды в английских городах, самым высоким – втрое выше нормы – в американских. Сегодня в России потребление воды достигает 350 л на одного человека в сутки. Это в 2-3 раза больше, чем в европейских странах (таблица 41).

Таблица, 41

Показатели удельного водопользования

| Удельное водопользование, л/сут. чел | Годы | | |
|---|------|-----|-----|
| | 85 | 90 | 92 |
| Общее | 438 | 463 | 458 |
| Хозяйственно-питьевые нужды населения | 196 | 230 | 253 |
| Коммунально-бытовые нужды | 96 | 105 | 101 |
| Нужды промышленности, транспорта, строительства | 146 | 123 | 104 |

ЗАБОЛЕВАНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С ИЗМЕНЕНИЕМ СОЛЕВОГО И МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ВОДЫ

Наиболее изучено влияние на организм человека общей минерализации воды. У населения, постоянно пользующегося минерализованной водой (1,5–3 г/л сухого остатка), отмечена повышенная гидрофильность тканей, задержка организмом выпитой воды, снижение диуреза на 30-60%.

Вода с повышенной минерализацией отрицательно влияет на секреторную деятельность желудка, нарушает водно-солевое равновесие в организме, хуже утоляет жажду. Могут наблюдаться массовые кишечные расстройства у людей, употребляющих воду из нового источника в период летнего отдыха. Это связано преимущественно с содержанием в питьевой воде сернокислых соединений натрия и магния (иногда даже при невысокой общей минерализации воды).

Длительное потребление маломинерализованной воды (0,8 г/л сухого остатка) нарушает водно-солевое равновесие организма, в основе которого лежит повышение выхода натрия в кровь и перераспределение воды между внеклеточной и внутриклеточной жидкостями. Нижним пределом минерализации, при котором поддерживается гомеостаз организма, является сухой остаток 100 г/л, оптимальный уровень минерализации соответствует 200–400 г/л.

До 50-х гг. XX в. содержание нитратов в воде расценивалось лишь как показатель загрязнения водоема хозяйственно-бытовыми сточными водами; в настоящее время учитывается и их токсикологическая опасность. При поступлении нитратов в организм в повышенных количествах развивается нитратная метгемоглобинемия, то есть гемическая гипоксия с соответствующими проявлениями. От количества образовавшегося метгемоглобина зависит тяжесть заболевания.

Химический состав природных вод необычайно разнообразен и зависит от характера и состава почв в данной местности. В результате создается неравномерное распределение химических веществ в почве и воде определенных географических районов. В. И. Вернадский, а позднее А. П. Виноградов разработали теорию «биогеохимических провинций». Биогеохимические провинции – это географические районы, где причинным фактором заболеваний является характерный минеральный состав воды, растительных и животных организмов вследствие недостатка или избытка микроэлементов в почве, а заболевания, возникающие в этих районах, получили название **геохимических эндемий** или **эндемических заболеваний**.

На земном шаре отмечены зоны, где мочекаменная болезнь носит характер эндемии – районы Средиземноморья, Индии, Китая, Средней Азии, Закавказья, Закарпатья. Причиной этого является повышенная жесткость воды, обусловленная высоким суммарным содержанием кальция и магния.

Причиной другой эндемической патологии – флюороза – является длительное употребление воды, содержащей фтор в концентрации свыше 1,5 мг/л. Флюороз характеризуется своеобразной крапчатостью и буровой окраской зубной эмали. При длительном (в течение 10-20 лет) потреблении воды с концентрацией фтора 10 мг/л и выше могут наблюдаться изменения со стороны костно-суставного аппарата: остеосклероз, костные отложения на ребрах, деформация скелета. При длительном употреблении воды, бедной солями фтора (0,5 мг/л и меньше), поражение населения кариесом зубов достигает 50% и более. Наименьшее количество фтора выявлены в воде водоисточников Беларуси, Латвии, Грузии.

ВОДА КАК ПУТЬ ПЕРЕДАЧИ ИНФЕКЦИОННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Давно замечена связь между заболеваемостью населения и водным фактором.

Исключительно большое значение имеет водный фактор в распространении острых кишечных инфекций и инвазий. В воде водоисточников могут присутствовать сальмонеллы, шигеллы, лептоспиры, кишечная палочка, пастреллы, вибрионы, микобактерии, энтеровирусы и аденовирусы, а также цисты лямблий, яйца аскариды и власоглава, личинки анкилостомы, возбудители шистосомоза и др.

Таблица 42

Сроки выживания (в днях) микроорганизмов в воде

| <i>Микроорганизмы</i> | <i>Вода</i> | | | |
|---------------------------|------------------------|----------------------|-------------------|---------------|
| | <i>стерилизованная</i> | <i>водопроводная</i> | <i>колодезная</i> | <i>речная</i> |
| Кишечная палочка | 8-365 | 2-262 | – | 21-183 |
| Возбудитель брюшного тифа | 6-365 | 2-93 | 1,5-107 | 4-183 |
| Возбудитель паратифа Б | 39-167 | 27-97 | – | – |
| Возбудитель дизентерии | 2-72 | 15-27 | – | 12-92 |
| Холерный вибрион | 3-392 | 4-28 | 1-92 | 0,5-92 |
| Лептоспиры | 16 | – | 7-75 | до 150 |
| Возбудитель туляремии | 3-15 | до 92 | 12-60 | 7-91 |

Природные водные объекты не являются естественной средой обитания патогенных микроорганизмов. Патогенная микрофлора, как правило, отмирает в течение определенного времени. Однако некоторые патогенные микроорганизмы могут длительно сохраняться и даже размножаться в природной воде.

Длительность выживания в воде патогенных микроорганизмов зависит от состава воды, наличия и концентрации биологического субстрата, от свойств микробных клеток (способность к спорообразованию, высокое содержание в бактериальной клетке липидов и др.), а также температуры воды, интенсивности инсоляции и др. (таблица 42).

Данные различных исследований о сроках выживания патогенных бактерий в водной среде довольно противоречивы. Из приведенных в таблице данных видно, что в экспериментальных условиях возбудители перечисленных инфекций могут сохраняться в воде несколько месяцев, что объясняется возможностью бесконкурентного существования.

Основным резервуаром патогенных микроорганизмов, кишечных вирусов и яиц гельминтов в окружающей среде являются фекалии и хозяйственно-бытовые сточные воды, где содержание вирусов может достигать 700 на 100 см³ сточных вод.

Источником заражения поверхностных водоемов могут явиться неочищенные канализационные сточные воды. Подземные источники инфицируются атмосферными и ливневыми водами, содержащим неправильно оборудованных выгребов, а также при стирке белья у колодцев и др. Эпидемическая опасность воды, используемой для питья, зависит от наличия и количества возбудителя, длительности его выживания и сохранения им вирулентности. Сочетание этих условий определяет возможность распространения кишечных инфекций водным путем в виде эпидемических вспышек и поддержания высокого уровня инфекционной заболеваемости.

Для водных эпидемий считается характерным внезапный подъем заболеваемости, сохранение его высокого уровня в течение некоторого времени, ограничение эпидемической вспышки кругом лиц, пользующихся общим источником водоснабжения, и отсутствие заболеваний среди жителей того населенного места, но пользующихся другим источником водоснабжения.

По данным ВОЗ, 80% всех инфекционных болезней в мире связано с неудовлетворительным

качеством воды либо нарушением санитарно-гигиенических норм вследствие ее недостатка. Инфекционные заболевания водной этиологии регистрируются преимущественно в развивающихся странах с низким санитарным уровнем жизни. В настоящее время треть населения земного шара – около 2 млрд. человек – лишена возможности потреблять в достаточном количестве чистую пресную воду. 61% сельских жителей развивающихся стран не могут пользоваться безопасной в эпидемиологическом отношении водой и лишь 13% из них обеспечены канализацией.

ВЛИЯНИЕ ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВОЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА НА СВОЙСТВА ПРИРОДНЫХ ВОД

В использовании человеком водных ресурсов Земли различают два направления: *водопользование* и *водопотребление*.

При водопользовании вода, как правило, не изымается из водных объектов, но качество ее может меняться. К водопользованию относится использование водных ресурсов для гидроэнергетики, судоходства, рыболовства и разведения рыбы, отдыха, туризма и спорта.

При водопотреблении вода изымается из водных объектов и либо включается в состав вырабатываемой продукции (и вместе с потерями на испарение в процессе производства входит в состав безвозвратного водопотребления), либо частично возвращается в водоем, но обычно уже значительно худшего качества.

Принципиальная разница между использованием и потреблением водных ресурсов заключается еще в том, что в первом случае можно обойтись и без них, например получать энергию за счет других видов природных ресурсов (атомная, солнечная), воду же, расходуемую для питьевых, хозяйственно-бытовых нужд, никаким другим минеральным ресурсом заменить нельзя.

В результате водопотребления образуются сточные воды (рис. 48).

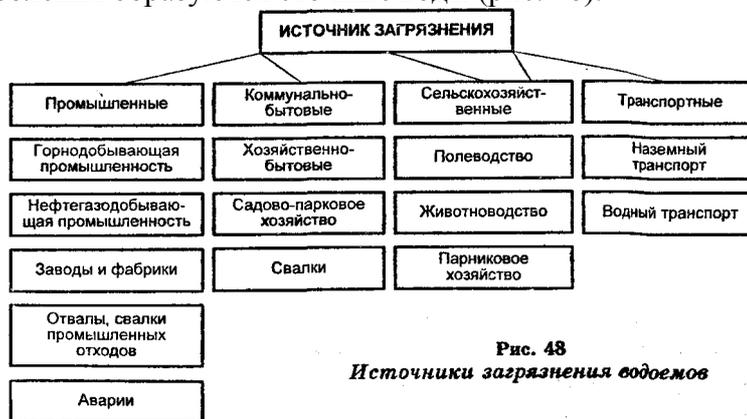


Рис. 48
Источники загрязнения водоемов

Сточная вода – это вода, где загрязнение изменяет первоначальный химический состав воды или ее физические свойства. К сточным относят также загрязненные воды атмосферных осадков и воду от поливки улиц. Сточные воды делятся на бытовые, производственные и ливневые. Они отличаются друг от друга своим происхождением, составом и биологической активностью.

Бытовые сточные воды образуются в результате практической деятельности и жизнедеятельности людей. Концентрацию загрязняющих веществ бытовых сточных вод определяют исходя из удельного водоотведения на одного жителя:

$$S = 1000 a/q,$$

где S – концентрация загрязняющего вещества, мг/л; a – количество загрязнений, приходящееся на одного жителя, г/сут; q – норма водоотведения на одного жителя, л/сут.

Состав *производственных сточных вод* зависит от характера производственного процесса и отличается большим разнообразием.

В зависимости от состава примесей и специфичности их действия на водные объекты сточные воды могут быть разделены на следующие группы:

1) Воды, содержащие неорганические примеси со специфическими токсичными свойствами. Сюда входят стоки металлургии, гальванических цехов и др. Они могут вызвать изменение рН воды водоемов. Соли тяжелых металлов являются токсичными по отношению к водным организмам.

2) Воды, в которых неорганические примеси не обладают токсичным действием. К этой группе относятся сточные воды рудообогатительных фабрик, цементных заводов и др. Примеси такого типа находятся во взвешенном состоянии. Для водоема особой опасности эти воды не представляют.

3) Воды, содержащие нетоксичные органические вещества. Сюда входят сточные воды предприятий пищевой промышленности. При попадании их в водоем возрастает окисляемость, БПК, снижается концентрация растворенного кислорода.

4) Воды, содержащие органические вещества со специфическими токсичными свойствами. К этой группе относятся сточные воды предприятий органического синтеза, нефтеперерабатывающих предприятий и др.

Таблица 43

Приоритетные загрязнители по отраслям промышленности

| <i>Отрасль</i> | <i>Преобладающий вид загрязнений</i> |
|--|--|
| Целлюлозно-бумажная, деревообрабатывающая, лесная промышленность | Серная кислота, лигнин, смолистые и жирные вещества, другие органические вещества |
| Нефтеперерабатывающая, нефтепереработка | Нефтепродукты, СПАВ, фенол, аммонийные соли, серная кислота |
| Машиностроительная, металлообработка | Соединения металлов, взвешенные вещества, фтор, роданиды, цианиды, аммонийные соли, флотореагенты |
| Химическая, нефтехимическая | Фенол, нефтепродукты, СПАВ, полициклические, ароматические соединения, углеводы, неорганические соединения |
| Горнодобывающая, угольная | Флотореагенты, неорганические соединения, фенол, взвешенные вещества |
| Легкая, текстильная, пищевая | СПАВ, нефтепродукты, органические красители, другие органические вещества |

Набор веществ (таблица 43), попадающих в поверхностные воды со сточными водами различных регионов, весьма разнообразен и зависит от многих факторов: типа промышленности, ее производительности, качества и количества очистных сооружений, климатических условий.

Степень загрязнения *дождевых вод* зависит от многих факторов, в том числе от общей санитарной обстановки населенного пункта. Принятая технология сухой обработки улиц не обеспечивает полного удаления загрязнений. Мусор с проезжей части дорог содержит значительное количество органики, биогенов, нефтепродуктов, солей тяжелых металлов.

Качество и состав поверхностного стока городской территории зависят от целого ряда трудно учитываемых и трудно прогнозируемых факторов. Большое разнообразие местных условий делает практически невозможным получение усредненных показателей качества поверхностного стока в целом (таблица 44). Как видно из таблицы, в системе дождевой канализации должна быть обеспечена очистка наиболее загрязненной части поверхностного стока, образующегося в период выпадения дождей, таяния снега и мойки дорожных покрытий. Очистке подлежит не менее 70% годового стока для селитебных территорий и площадок предприятий.

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ВОДЫ

Природные и сточные воды представляют собой сложные системы, основу которых составляет химическое соединение, имеющее простую формулу H₂O.

Примеси в природных и сточных водах могут быть во взвешенном, коллоидном или растворенном состояниях, причем количество отдельных примесей в воде определяет свойства. Примеси во взвешенном состоянии представляют собой нерастворимые в воде суспензии и эмульсии.

Таблица 44

Степень загрязнения поверхностных вод с некоторых характерных территорий

| | |
|-------------------------------|--|
| <i>Характерные территории</i> | <i>Концентрация загрязняющих веществ в водах, мг/л</i> |
|-------------------------------|--|

| | Взвешенные вещества | | | Эфирорастворимые вещества | | |
|--|---------------------|-------|---------|---------------------------|-------|---------|
| | дождевых | талых | моечных | дождевых | талых | моечных |
| Жилые кварталы и микрорайоны | 250 | 3500 | 200 | 35 | 40 | 75 |
| Территории промышленных предприятий и сооружений с повышенной загрязненностью, расположенные в населенном пункте | 2500 | 4500 | 2000 | 250 | 70 | 150 |
| Площади и улицы, с которых уборка осуществляется машинами с пневматическим забором мусора в кузов | 200 | 2500 | 20 | 30 | 45 | 75 |
| Автомагистрали с интенсивным движением грузового транспорта | 1300 | 2700 | 1300 | 60 | 65 | 100 |

Примеси в коллоидном состоянии представляют собой гидрофобные и гидрофильные органические и минеральные коллоидные частицы. Коллоидные частицы могут быть природного и антропогенного происхождения, как, например, нерастворимые формы гумусовых веществ, вирусы и др., которые по своим размерам близки к коллоидным примесям.

Концентрация отдельных примесей в воде определяет ее состав и свойства, то есть качество воды. Различают физические, химические, биологические и бактериологические показатели качества воды.

Физические показатели характеризуются как общесанитарные и могут быть следующие.

Взвешенные вещества содержатся в природных и сточных водах, они могут быть минерального и органического происхождения. Эти вещества характеризуют наличие в воде частиц песка, глины, ила, планктона и др. В зависимости от размеров отдельных частиц и их плотности взвешенные вещества могут выпадать в виде осадка, всплывать на поверхность воды или оставаться во взвешенном состоянии. Количество примесей определяют гравиметрическим методом.

Цветность воды (окраска) обусловлена присутствием в воде гумусовых и дубильных веществ, жиров, органических кислот и других органических соединений. Определение цветности производится колориметрическим методом. Цветность воды определяется по платиново-кобальтовой шкале и выражается в градусах.

Запах и вкус воды обусловлены растворенными солями, газами, органическими соединениями, образующимися в процессе жизнедеятельности водных организмов. В соответствии с происхождением запахов их делят на естественные и искусственные. Определение запаха и вкуса производится органолептически.

Химические показатели условно делят на пять групп: Главные ионы, растворенные газы, биогенные вещества, микроэлементы, органические вещества. Для определения данных показателей используются химические методы анализа.

Главные ионы. Наиболее распространенные в природных водах анионы: HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , CO_3^{2-} , HSiO_3^- и катионы Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Fe^{2+} . Содержание главных ионов в пресных водах составляет 90...95% от общего солесодержания. В производственных сточных водах их проявления могут быть очень разнообразны: это ионы висмута, кобальта, никеля, мышьяка и других тяжелых металлов.

Растворенные газы. Среди них определенное значение имеют кислород, диоксид углерода, сероводород и др. Содержание кислорода в воде поверхностных водоемов определяется поступлением его из воздуха и в результате фотосинтеза. В зимний период концентрация кислорода в воде водоемов резко уменьшается из-за отсутствия реаэрации и в связи с поступлением только подземных вод, почти не содержащих кислорода. Растворимость кислорода в воде зависит от температуры воды.

Диоксид углерода находится в воде как в растворенном виде, так и в форме угольной кислоты. Основным источником диоксида углерода в поверхностных водах являются биохимические процессы распада органических веществ, а также он попадает в водоемы с подземными водами. Концентрация

диоксида углерода в воде зависит от содержания, pH, температуры и др.

Сероводород в природных водах встречается органического (продукт распада органических соединений) и неорганического (растворение минеральных солей) происхождений. Наличие сероводорода в воде придает ей неприятный запах, способствует коррозии металла и может вызвать зарастание трубопроводов.

Биогенные вещества. К этой группе относят соединения, необходимые для жизнедеятельности водных организмов и образующиеся ими в процессе обмена вещества. Это, в первую очередь, минеральные и органические соединения азота, а также фосфора.

Органические формы азота представлены белками и продуктами их распада и поступают они в водные объекты с очищенными сточными водами. Неорганические соединения азота NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- могут образовываться при разложении азотсодержащих органических соединений или же поступают в водоемы с атмосферными осадками, при вымывании удобрений из почвы. Промежуточной формой окисления аммонийного азота в нитраты NO_3^- являются нитриты NO_2^- .

Важным биогенным элементом является фосфор. В природных водах соединения фосфора присутствуют в небольших концентрациях и оказывают существенное влияние на водную растительность.

Микроэлементы. Это такие элементы, содержание которых в воде составляет менее 1 мг/л. Микроэлементы в природных водах могут находиться в виде ионов, молекул, коллоидных частиц, взвесей, входят в состав минеральных и органических комплексов. В питьевой воде важное гигиеническое значение имеют соединения йода и фтора.

Органические вещества. В природных водах они бывают в виде гумусовых соединений, которые образуются при разложении растительных остатков. Органические примеси сточных вод вследствие их многообразия, сложности и трудности анализа непосредственно не определяются.

Для характеристики степени загрязненности воды органическими соединениями применяют такие косвенные методы, как окисляемость воды и биохимическое потребление кислорода.

Окисляемость воды – количество кислорода, необходимое для окисления примесей в данном объеме мг O_2 /л. В зависимости от применяемого окислителя различают перманганатную и бихромантную окисляемость. Для оценки содержания органических веществ в сточной воде, особенно если она представляет собой смесь бытовых и производственных вод, определяют химическое потребление кислорода (ХПК).

Степень загрязнения воды органическими соединениями выражается количеством кислорода, необходимым для их окисления микроорганизмами в аэробных условиях, и носит название биохимической потребности в кислороде (БПК). Полным БПК считается количество кислорода, требуемое для окисления органических веществ до начала процессов нитрификации (БПКполн.). В лабораторных исследованиях наряду с полным БПК определяется биохимическая потребность в кислороде в течение 5 суток – БПК₅. Для бытовых сточных вод (без существенной примеси производственных) иногда считается, что за полную биохимическую потребность в кислороде можно принять БПК₂₀. Количество кислорода, расходуемое для окисления аммонийного азота до нитритов и нитратов, при определении БПК не учитывается. Разность между ХПК и БПК характеризуется наличием примесей, не окисляющихся биохимическим путем, и количеством органических веществ, идущих на построение клеток микроорганизмов.

Активная реакция воды является показателем щелочности или кислотности, количественно она характеризуется концентрацией водородных ионов. Для нейтральной воды pH = 7, для кислой – меньше 7 и для щелочной – больше 7. Активная реакция природных вод обычно варьируется в пределах 6,5-8,5, pH сточных вод колеблется в больших пределах в зависимости от происхождения. Активная реакция воды определяется с помощью pH-метра.

Биологические показатели качества воды главным образом относятся к природным водам. Основные из них гидробионты и гидрофлора. Гидробионты подразделяются на планктон – обитателей, пребывающих в толще воды от дна до поверхности. Гидрофлора водных объектов определяется макро- и микрофитами. К первым относится высшая водная растительность, а ко вторым – водоросли.

При отмирании и разложении макрофитов вода обогащается органическими веществами, ухудшая органолептические показатели качества воды. Микрофиты не только поглощают углекислоту, но и продуцируют кислород.

Бактериологические показатели качества воды характеризуют безвредность воды относительно присутствия болезнетворных микроорганизмов.

Важным бактериологическим показателем является содержание бактерий группы кишечной палочки в 1 л воды, которое определяет величину коли-индекса. Наименьший объем воды (в мл), приходящийся на одну кишечную палочку, называется коли-титром.

Определение санитарно-бактериологических показателей осуществляется микробиологическими методами.

НОРМИРОВАНИЕ И НОРМАТИВНЫЕ АКТЫ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ВОДНОЙ СРЕДЫ

Законодательство в области охраны, водной среды

Законодательство, которое мы называем экологическим, началось с законов об охране воды. Первые законы, касающиеся использования рек, были приняты в Англии в 1388 г. Англия первая в мире провела у себя индустриализацию и ощутила на себе масштабное загрязнение природных вод из-за деятельности промышленности.

В России первые законы об охране рек были изданы при Петре I. Все нормы, которые были выработаны в XVIII в., были обобщены в национальном законодательстве в начале XIX в. Так, в Уставе строительном, утвержденном 2 августа 1803 г. статья 408 устанавливала: «Запрещается строить в городах и выше городов по течению рек и протоков мануфактуры, фабрики и заводы, вредные чистоте воздуха и воды».

В Уложении о наказаниях в 1845 г. появилась специальная глава «О нарушении правил охраны чистоты воздуха и безвредности воды», в котором говорилось: «Если кто-либо построит признанные по закону вредными для чистоты воздуха или воды фабрику, мануфактуру или завод в городе, или хотя вне города, но выше одного по течению реки или протока, то сии заведения уничтожаются за счет виновного, и он подвергается аресту на время от 7 дней до 3 месяцев или денежному взысканию свыше 300 руб. (в редакции 1881 г.)».

Основными законодательными актами по охране водных ресурсов являются закон «Об охране окружающей природной среды». Основы водного законодательства РФ и система государственных стандартов по охране природы.

Максимально допустимые концентрации в питьевой воде, воде технического назначения и стоках регулируются национальными стандартами. Учитывая особую важность для здоровья населения качества питьевой воды, специалисты ВОЗ разрабатывают базовые нормы качества воды, на основе которых разрабатываются национальные стандарты стран.

Нормирование водопользования

Для решения проблемы обеспечения населения и отраслей экономики водой требуемого качества необходимо решить вопросы оптимального нормирования водопользования. При этом понимается, что нормирование включает: лимиты на изъятие воды из источника, лимиты на сброс сточных вод и предельных масс загрязнений по каждому ингредиенту (ПДС), режим их поступления в водный объект и т. д. Нормирование служит административным рычагом воздействия на водопользователей и вместе с тем плановой мерой потребления свежей и отвода сточной воды с учетом их качества.

Характерная особенность нормирования водопотребления – его отраслевая направленность. Отраслевые нормативы – это предельно допустимые для данной отрасли показатели, рассчитываемые в настоящее время на средние условия производства, а в перспективе – на прогрессивные технологии передовых предприятий.

Нормирование качества воды водного объекта состоит в определении совокупности допустимых значений показателей состава и свойств воды, в пределах которых надежно обеспечиваются охрана здоровья населения, благоприятные условия водопользования и экологическое благополучие самого водного объекта. Нормы качества поверхностных вод устанавливаются для хозяйственно-питьевого, коммунально-бытового и рыбохозяйственного водопользования.

К хозяйственно-питьевому водопользованию относится использование водных объектов или их участков как источников хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также как источников водоснабжения предприятий пищевой промышленности.

Коммунально-бытовое водопользование включает использование водных объектов для купания, спорта и отдыха населения, а также иное использование водных объектов, находящихся в черте населенных мест.

Гигиенические требования к качеству питьевой воды

| <i>Показатель</i> | <i>Норматив</i> |
|---|-----------------|
| Запах при 20°С и при нагревании до 60°, баллы, не более | 2 |
| Вкус и привкус при 20°, баллы, не более | 2 |
| Цветность, градусы, не более | 20 |
| Мутность по стандартной шкале, мг/л, не более | 1,5 |
| Водородный, рН | 6,0-9,0 |
| Железо, мг/л, не более | 0,3 |
| Жесткость общая, мг-экв/л, не более | 7,0 |
| Сульфаты, мг/л, не более | 500 |
| Хлориды, мг/л, не более | 350 |
| Сухой остаток, мг/л, не более | 1000 |
| Число микроорганизмов в 1 мл воды, не более | 100 |
| Число бактерий группы кишечных палочек в 1 л воды, не более | 3 |
| Алюминий остаточный, мг/л, не более | 0,5 |
| Полиакриламид остаточный, мг/л, не более | 2,0 |
| Мышьяк, не более | 0,05 |
| Свинец, мг/л, не более | 0,03 |
| Стронций, мг/л, не более | 7,0 |
| Фтор, мг/л, не более для климатических районов | |
| I и II | 1,5 |
| III | 1,2 |
| IV | 0,7 |

Рыбохозяйственные водотоки, водоемы и их отдельные участки используются для воспроизводства, промысла и миграции рыб, беспозвоночных и водных млекопитающих.

Под качеством понимается характеристика состава и свойств воды, определяющих ее пригодность для конкретных видов водопользования. Формирование качества происходит при загрязнении поверхностных вод либо сосредоточенными сбросами сточных вод различного вида, образующимися в результате деятельности человека, либо рассредоточенным потоком с водосборных пространств: селитебных территорий, сельскохозяйственных угодий, просто хозяйственно освоенных площадей водосбора.

Гигиенические требования к качеству воды культурно-бытового назначения

| <i>Показатель</i> | <i>Требования и нормативы</i> |
|------------------------------|--|
| Плавающие примеси | На поверхности водоема не должны обнаруживаться плавающие пленки, пятна минеральных масел и скопление других примесей |
| Запах | Не более 1 балла |
| Окраска | Не должна обнаруживаться в столбике 10 см |
| рН | 6,5...8,5 |
| Растворенный кислород | Не более 4 мг/л |
| ХПК | Не более 30 мг/л |
| Кишечные палочки для купания | Не более 1000 бакт/л |
| для спорта | Не более 10000 бакт/л |
| Взвешенные вещества | При спуске сточных вод содержание не должно увеличиваться более чем на 0,75 мг/л |
| Температура | Летняя температура воды в результате спуска сточных вод не должна повышаться более чем на 3°С по сравнению со среднемесячной температурой самого жаркого месяца года за последние 10 лет |

| | |
|-------------------------|---|
| БПК _{полн} | Полная потребность воды в кислороде при 20°C не должна превышать 6,0 мг/л |
| Возбудители заболеваний | Вода не должна содержать возбудителей заболеваний. Сточные воды, содержащие возбудителей заболеваний, должны подвергаться обеззараживанию после предварительной очистки. Отсутствие содержания в воде возбудителей заболеваний достигается обеззараживанием биологически очищенных бытовых вод до коли-индекса не менее 100 в 1 л |

Критерием оценки допустимой степени снижения качества поверхностных вод служат требования к составу и свойствам воды и предельно допустимые концентрации (ПДК) веществ в воде водных объектов в соответствии с видом водопользования (таблицы 45, 46, 47). Водные объекты следует считать загрязненными, если в расчетном пункте (створе) не соблюдаются установленные для данного вида водопользования требования к составу и свойствам и нормативы ПДК, приведенные в «Санитарных правилах и нормах охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами».

Таблица 47

Требования к качеству воды водоемов, используемых для рыбохозяйственной цели

| Показатель | Внутренние водоемы | | Море | |
|--------------------------|--|----------|---|---------|
| | Вид рыбохозяйственного использования водоема | | | |
| | I | II | I | II |
| Взвешенные вещества | При спуске сточных вод содержание взвешенных веществ не должно увеличиваться более чем на 0,25 мг/л 0,75 мг/л 0,25 мг/л 0,75 мг/л Для водоемов, содержащих в межень более 30 мг/л природных минеральных веществ, допускается увеличение содержания взвешенных веществ в воде в пределах 5% | | | |
| Плавающие вещества | На поверхности воды водоема не должны обнаруживаться плавающие пленки, пятна масел и скопления других примесей | | | |
| Запах, привкус и окраска | Вода не должна приобретать постоянных запахов, привкусов и окраски и сообщать их мясу рыб | | | |
| Температура | В результате спуска сточных вод температура воды не должна повышаться более чем на 5°C по сравнению с естественной температурой воды | | | |
| Реакция pH | Не должна выходить за пределы 6,5...8,5 | | | |
| Растворенный кислород | В зимний период не должен быть ниже | | | |
| | 6,0 мг/л | 4,0 мг/л | 6,0 мг/л | 4,0 г/л |
| | В летний период должен быть не ниже 6 мг/л в пробе, отобранной до 12 ч дня | | | |
| БПК | Полная потребность в не в кислороде (при 20°C) не должна превышать 3 мг/л. | | Пятисуточная потребность кислороде (при 20°C) должна превышать 2 мг/л | |
| | Если в зимний период содержание растворенного кислорода снижается до вышеуказанных нормативов, то можно допустить сброс в них только сточных вод, которые не изменяют БПК воды | | | |
| Ядовитые вещества | Не должны содержаться в концентрациях, могущих оказать прямо или косвенно вредное воздействие на рыб и водные организмы, служащие кормовой базой для рыб | | | |

При несоответствии воды гигиеническим требованиям возникает необходимость улучшения ее качества. Способы и методы обработки воды на водопроводной станции, так же, как и состав сооружений по водоочистке, зависят от свойств воды водоисточника. Под улучшением качества воды понимают комплекс мероприятий, направленных на осветление (устранение мутности воды), обесцвечивание (устранение цветности воды) и обеззараживание (освобождение воды от патогенных микроорганизмов). В отдельных случаях прибегают к использованию специальных методов обработки воды: опреснению, умягчению, обезжелезиванию, фторированию и т. д.

Осветление достигается методами отстаивания, коагулирования и фильтрования.

Обеззараживание воды является заключительным, наиболее важным процессом улучшения качества воды и может осуществляться химическими и физическими безреагентными методами. К физическим методам относятся: кипячение, облучение УФ-лучами, воздействие ультразвуковыми волнами, токами высокой частоты или гамма-лучами. Химические методы обеззараживания воды основаны на

применении различных химических соединений, обладающих бактерицидным действием. В качестве обеззараживающих агентов наиболее часто применяются газообразный хлор или различные соединения его, содержащие так называемый активный хлор, а также озон, соединения серебра и др. В настоящее время наибольшее распространение получили хлорирование, озонирование и облучение воды УФ-лучами.

ЗАЩИТА ВОДЫ

Общие сведения об очистке

Понятие очистки неразрывно связано с качеством. На рис. 49 показано изменение качества водной среды под влиянием хозяйственной деятельности. При рациональном использовании среда загрязняется слабо и происходящие в ней природные процессы саморегуляции и самоочищения восстанавливают ее качество почти до первоначального состояния. При нерациональном использовании загрязнение достигает такой степени, что сама среда не в состоянии с ним справиться, следовательно, будет деградировать. Предотвратить это возможно путем искусственного восстановления качества среды.

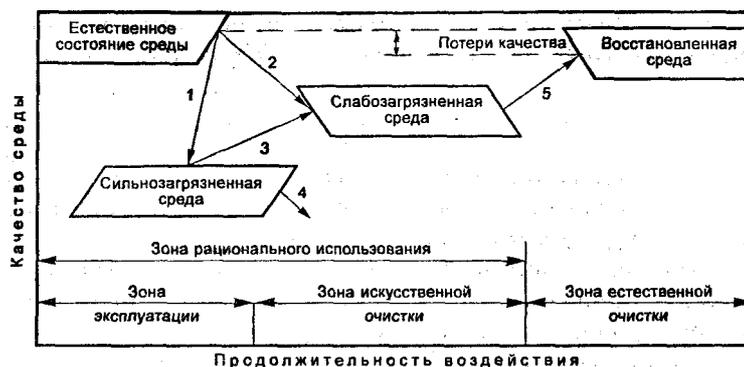


Рис. 49

Изменение качества водной среды в ходе антропогенного воздействия

1 – нерациональное использование среды; 2 – рациональное использование среды; 3 – искусственное восстановление качества среды (искусственная очистка); 4 – деградация среды; 5 – естественное восстановление качества среды (самоочищение, саморегуляция и др.).

Очистка в широком экологическом понимании – это удаление из какой-либо среды появившихся в ней новых, обычно нехарактерных для нее физических, химических или биологических агентов либо снижение их концентрации или интенсивности до естественного среднесуточного уровня. Другими словами, очистка – это процесс, направленный на восстановление качества среды, сохранение естественного равновесия происходящих в ней процессов, ее биологической ценности.

Существует и другое, практическое понимание очистки: удаление из среды тех или иных физических, химических или биологических агентов до уровня, позволяющего использовать ее для нужд хозяйственной деятельности. Очистка в практическом понимании не всегда направлена на сохранение естественного равновесия в развитии среды, так как в процессе очистки могут извлекаться и характерные для среды компоненты.

Для характеристики среды можно использовать индекс качества I_k , определяемый по следующей формуле:

$$I_k = \sum_{i=1}^n \frac{P_i - P_{oi}}{P_{oi}}$$

где, P_i – показатель качества исследуемой среды; P_{oi} – показатель качества среды в естественном состоянии или предельно допустимое значение показателя.

Отношения показателей улучшения среды входят в формулу со знаком плюс, а отношения показателей загрязнения среды – со знаком минус.

Возможны три качественных состояния среды:

1) $I_k > 0$, то есть происходит самоочищение среды; искусственная очистка, если она применяется, происходит с высокой эффективностью;

2) $I_k < 0$, среда не справляется с происходящим загрязнением; искусственная очистка неэффективна или малоэффективна; качество среды ниже естественного уровня;

3) $I_k = 0$, в среде не происходит заметных качественных изменений; естественные процессы самоочищения предотвращают загрязнение; искусственная очистка обеспечивает восстановление

качества среды.

Методы очистки сточных вод

Классификация примесей сточных вод по фазово-дисперсной характеристике, предложенная Л. А. Кульским, позволяет произвести систематизацию примесей для последующего выбора эффективной схемы очистки.

Сущность этой классификации состоит в том, что все примеси по их отношению к дисперсионной среде разделены на четыре группы:

I – взвеси, с размером частиц более 10^{-1} мкм, суспензии и эмульсии, обуславливающие мутность воды: микроорганизмы и планктон;

II – коллоидно-растворенные вещества, с размером частиц 10^{-1} - 10^{-2} мкм, коллоиды и высокомолекулярные соединения, обуславливающие окисляемость и цветность воды, вирусы;

III – молекулярно-растворенные вещества, с размером частиц 10^{-2} - 10^{-3} мкм, газы, растворимые в воде, органические вещества» придающие ей запахи и привкусы;

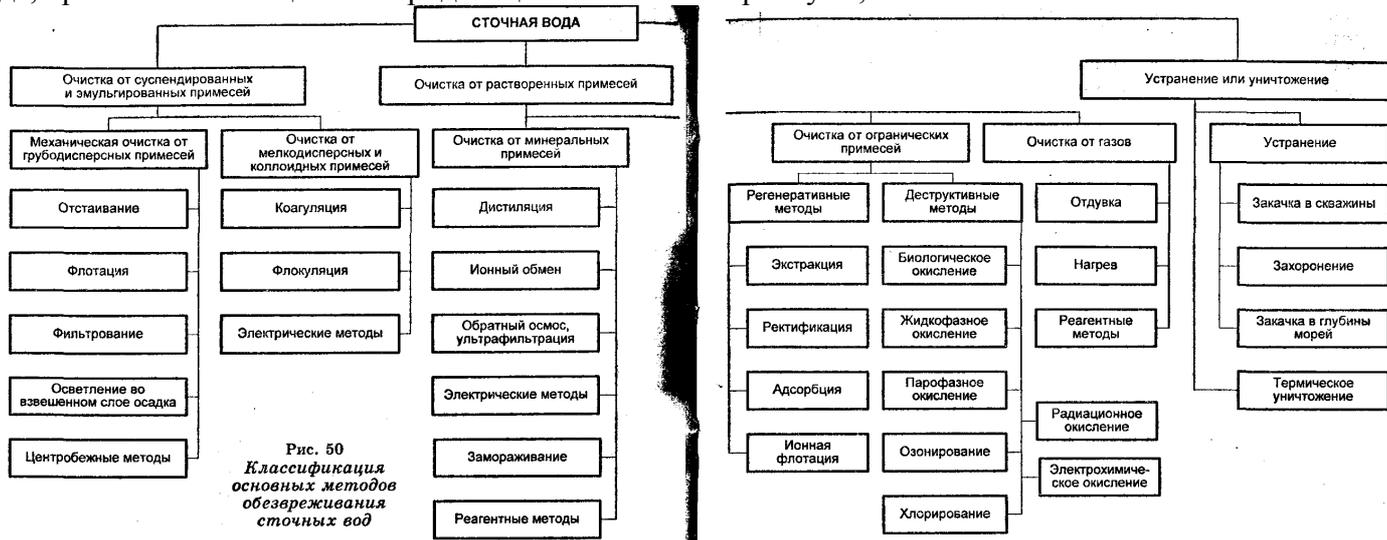


Рис. 50
Классификация
основных методов
обезвреживания
сточных вод

IV – вещества, диссоциирующие на ионы (электролиты), с размером частиц менее 10^{-3} мкм, соли, кислоты, основания, придающие воде жесткость, щелочность и минерализованность.

На рис. 50 приведена классификация основных методов очистки сточных вод, разработанная с учетом фазово-дисперсной характеристики.

Методы механической очистки (отстаивание, флотация, фильтрование, осаждение в центробежном поле и др.) позволяют обычно выделить частицы крупнее 10–50 мкм.

Для очистки сточных вод от мелкодисперсных и коллоидных частиц используют физико-химические методы (коагуляция, флокуляция, электрокоагуляция).

Биологическая очистка дает возможность удалить из сточных вод разнообразные органические соединения, в том числе токсичные.

Кроме того, используют термические методы, приводящие к ликвидации сточных вод, а также методы закачки сточных вод в подземные горизонты и их захоронение.

Имея данные по расходам сточных вод, их подробную характеристику, а также требования к очищенной воде, выбирают оптимальный метод очистки с учетом технико-экономических показателей. В настоящее время наращиваются объемы оборотно-повторного водопользования в промышленности и коммунальном хозяйстве.

8.4. ПОЧВА КАК ФАКТОР СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

Почва – это природное образование, состоящее из связанных между собой горизонтов, формирующихся в результате преобразования поверхностных слоев литосферы под действием воды, воздуха и живых организмов. Почва состоит из *твердой, жидкой (почвенный раствор), газообразной и живой (почвенная флора и фауна) частей.*

Каждая почва включает минеральные, органические и органоминеральные комплексы соединений, а также почвенные растворы, почвенный воздух и почвенные микроорганизмы.

Как один из факторов окружающей среды почва и подстилающие ее горные породы (грунт) оказывают большое влияние на здоровье людей и санитарные условия жизни населения. Почве принадлежит ведущая роль в круговороте веществ в природе, обеззараживании твердых и жидких отходов. Она оказывает существенное влияние на климат, химический состав растительных, продуктов и опосредованно на продукты животного происхождения.

Одной из постоянных частей является *почвенная влага*. Гигиеническое значение почвенной влаги состоит в том, что все химические вещества, а также биологические загрязнители почвы (яйца гельминтов, простейшие, бактерии, вирусы) могут мигрировать в почве только с почвенной влагой. Кроме того, все химические и биохимические процессы, протекающие в почве, в том числе процессы самоочищения почвы от органических соединений, осуществляются в водных растворах.

Другой постоянной частью почвы является *воздух*. Гигиеническое значение почвенного воздуха состоит в том, что отклонение от его естественного состава может явиться показателем загрязнения почвы. Кроме того, с почвенным воздухом могут передвигаться на большие расстояния летучие загрязнители почвы. Кислород почвенного воздуха обеспечивает процессы самоочищения почвы от органических загрязнителей.

В результате хозяйственной (бытовой и производственной) деятельности человека в почву поступает различное количество экзогенных химических веществ: пестицидов, минеральных удобрений, стимуляторов роста растений, поверхностно-активных веществ (ПАВ), полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), промышленных и бытовых сточных вод, выбросов промышленных предприятий и транспорта и т. п.

Почва, являясь элементом биосферы Земли, формирует химический состав потребляемых человеком продуктов питания, питьевой воды и отчасти атмосферного воздуха; этот состав зависит от естественной химической природы почв, а также качества и количества вносимых в почву экзогенных химических веществ. Описаны случаи отравления людей и животных, употребляющих фитомассу, выращенную на земельных участках эндемических районов и содержащую повышенные концентрации некоторых химических веществ. Так, растения, произрастающие на щелочных почвах (США, Канада, Ирландия) с высоким содержанием селена, могут накапливать его в количествах до 5000 мг/кг. Высокая концентрация селена в растительных продуктах является причиной возникновения «щелочной болезни» скота (селеновый токсикоз), отравлений людей и массовой гибели сельскохозяйственных животных.

Т а б л и ц а 4 8

Классы опасности химических веществ, попадающих в почву из выбросов, сбросов, отходов

| <i>Класс опасности</i> | <i>Характер опасности</i> | <i>Химическое вещество</i> | <i>Индекс опасности</i> |
|------------------------|---------------------------|--|-------------------------|
| I | Высокоопасны | Мышьяк, кадмий, ртуть, свинец, селен, цинк, фтор, бенз(а)пирен | 4,1 и более |
| II | Опасны | Бор, кобальт, никель, молибден, медь, сурьма, хром | от 2,6 до 4 |
| III | Малоопасны | Барий, ванадий, вольфрам, марганец, стронций, ацетофенон | От 0,1 до 2,5 |
| IV | Неопасны | - | Менее 0,1 |

В настоящее время, кроме естественных эндемических почвенных регионов, появились искусственные биогеохимические районы и провинции. Их появление связано с использованием разнообразных пестицидов, минеральных удобрений, стимуляторов роста растений и других химических веществ, а также с поступлением в почву промышленных выбросов, сточных вод и отходов, содержащих химические вещества, относящиеся к разным классам опасности (таблица 48).

В искусственных геохимических провинциях отмечается повышение уровня заболеваемости, иногда врожденные уродства и аномалии развития, нарушения физического и психофизического развития детей.

Помимо отдаленных последствий, в искусственных геохимических провинциях наблюдаются случаи не только хронических, но и острых отравлений при проведении работ на сельскохозяйственных полях, огородах, садах, обработанных пестицидами, а также на земельных угодьях, загрязненных экзогенными

химическими веществами, содержащимися в атмосферных выбросах промышленных предприятий. Так, например, загрязнение почвы фтором за счет промышленных выбросов приводит к накоплению его в растениях, а затем к развитию флюороза у людей, потребляющих культурные растения, выращенные на этой почве. При этом отмечается неблагоприятное влияние фтора на функцию кроветворения, фосфорно-кальциевый обмен, наблюдается возникновение болезней печени, почек и других нарушений. Кроме того, повышенное содержание фтора в почве приводит к нарушению процессов ее самоочищения.

Поступление в почву ртути даже в незначительных количествах оказывает большое влияние на ее биологические свойства; так, установлено, что ртуть снижает аммонифицирующую и нитрифицирующую активность почвы. Повышенное содержание ртути в почве населенных мест оказывает неблагоприятное воздействие на организм человека: наблюдается увеличение частоты заболеваний нервной и эндокринной систем, мочеполовых органов. Свинец при попадании в почву угнетает деятельность не только нитрифицирующих бактерий, но и микроорганизмов-антагонистов кишечной и дизентерийной палочек Флекснера и Зонне, удлиняет сроки самоочищения почвы; при повышенном содержании его в почве у населения наблюдаются патологические изменения со стороны кроветворной и репродуктивной систем, органов внутренней секреции, а также отмечается учащение случаев злокачественных новообразований. К микроэлементам, повышенное содержание которых в почве вызывает неблагоприятные последствия, относятся бор, ванадий, таллий, вольфрам и др.

В искусственно образовавшихся эндемических провинциях наблюдаются острые и хронические отравления, аллергические заболевания. Отмечается также повышение blastomogenic опасности почвы, что связано с повышенным содержанием в ней бензапирена вблизи аэродромов, а также вдоль коридоров движения самолетов. Искусственные геохимические провинции с повышенным содержанием канцерогенных веществ в почве наблюдаются также вблизи ТЭЦ с малоэффективными золоуловителями, в районах лесных пожаров, вблизи автомагистралей и т. д. Поэтому общая санитарная оценка по содержанию экзогенных химических веществ имеет большое значение. Из почвы через питьевую воду, пищевые продукты и атмосферный воздух экзогенные химические вещества поступают в организм человека по биологическим пищевым цепочкам.

Находящиеся в почве химические соединения смываются с ее поверхности в открытые водоемы или поступают в грунтовый поток воды, тем самым определяя качественный состав хозяйственно-питьевых вод, а также пищевых продуктов растительного происхождения. Качественный состав и количество химических веществ в этих продуктах во многом определяется типом почвы и ее химическим составом.

РОЛЬ ПОЧВЫ В ПЕРЕДАЧЕ ИНФЕКЦИОННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Особое гигиеническое значение почвы связано с опасностью передачи человеку возбудителей различных инфекционных заболеваний. Несмотря на антагонизм почвенной микрофлоры, в ней длительное время способны сохраняться жизнеспособными и вирулентными возбудители многих инфекционных заболеваний. В течение этого времени они могут загрязнять подземные водоисточники и заражать человека. Выживаемость отдельных микроорганизмов в почве приведена в таблице 49.

Длительно сохраняются в почве не только патогенные бактерии, но и вирусы. В почве длительно (20–25 лет) сохраняются споры патогенных микроорганизмов: столбнячной палочки, возбудители газовой гангрены, ботулизма и сибирской язвы. Через загрязненную почву передаются возбудители острых инфекционных желудочно-кишечных заболеваний, лептоспирозы, бруцеллез, туляремия, сибирская язва, туберкулез, гельминтозы, инфекционный гепатит, энтеровирусные, а также некоторые аденовирусные заболевания.

Таблица 49

Выживаемость в почве некоторых патогенных микроорганизмов

| <i>Возбудитель инфекции</i> | <i>Выживаемость, дни</i> |
|-----------------------------|--------------------------|
| Холерный вибрион | 7-15 |
| Палочка брюшного тифа | 30-150 |
| Дифтерийная палочка | 40-57 |

Таблица 50

Степень загрязнения и опасности почвы и показатели ее санитарного состояния

| Степень опасности почвы | Степень загрязненности почвы | Показатели санитарного состояния почвы | | | | | | | | | | |
|-------------------------|------------------------------|--|-----------------------------|-----------------------------|---|---|---|----------------|-----------------|----------------|---|------------------------------|
| | | Копи-титр ¹ | Титр анаэробов ² | Число яиц гельминтов в 1 кг | Число личинок и куколок мух в 0,25 м ³ | Санитарное число Хлебников ³ | Содержание газов в воздухе почвы на глубине 1 м (об. % при 0°С и давлении 760 мм рт. ст.) | | | | Кратность превышения ПДК экзогенных химических веществ ⁴ | Титр термофилов ⁵ |
| | | | | | | | СО ₂ | О ₂ | СН ₄ | Н ₂ | | |
| Безопасная | Чистая | 1,0 | 1,0 | 0 | 0 | 0,98-1,0 | 0,38-0,80 | 19,80-20,30 | – | – | 1 | 0,01-0,001 |
| Относительно безопасная | Слабо загрязненная | 1,0-0,01 | 0,1-0,001 | 10 | 10 | 0,75-0,97 | 1,20-2,80 | 17,70-19,90 | – | – | 1-10 | 0,001-0,00002 |
| Опасная | Загрязненная | 0,01-0,001 | 0,001-0,0001 | 10-100 | 10-100 | 0,50-0,74 | 4,10-6,50 | 14,20-16,50 | – | – | 10-100 | 0,00002-0,000001 |
| Чрезвычайно опасная | Сильно загрязненная | 0,001 | 0,0001 | 100 | 100 | 0,50 | 14,50-18,0 | 1,70-5,50 | 0,8-2,70 | 0,3-3,4 | 100 | 0,00001 |

¹ Наименьшая масса почвы, в которой содержится 1 кишечная палочка, г.; ² Наименьшая масса почвы, в которой содержится 1 анаэробный микроорганизм, г.; ³ Отношение почвенного белкового азота (азота гумуса) ко всему количеству органического азота в почве, мг/кг; ⁴ Отношение содержания экзогенных химических веществ в почве к ПДК этого соединения в почве, мг/кг; ⁵ Наименьшая масса почвы, в которой содержится 1 термофильный микроорганизм, г.

Наиболее простой путь заражения – через руки, загрязненные инфицированной почвой. Описан случай эпидемии брюшного тифа, охватившей за 36 дней 60% детей в детском саду, инфицированных через загрязненный песок. Однако чаще встречаются более сложные пути передачи инфекционного начала через почву. Имеются данные о вспышках тифа, возникших в результате проникновения возбудителей из загрязненной почвы в грунтовые воды, колодезных эпидемиях брюшного тифа и дизентерии, связанных с загрязнением почвы. С почвенной пылью могут распространяться возбудители ряда других инфекционных болезней (микробактерии туберкулеза, вирусы полиомиелита, Коксаки и др.) Почва играет эпидемическую роль в распространении гельминтов. В естественных условиях в почву постоянно поступают органические вещества, в первую очередь вещества растительного происхождения. Уровень загрязнения почвы органическими веществами является косвенным показателем эпидемической опасности почвы. Перечень показателей степени загрязнения почвы, ее санитарной и эпидемической опасности приведен в таблице 50.

В последнее время оценка эпидемической опасности почв населенных пунктов проводится по количеству в 1 г почвы бактериальных клеток (кишечные палочки, энтерококки, патогенные энтеробактерии, энтеровирусы) и яиц гельминтов с учетом характера землепользования.

ПРОЦЕССЫ САМООЧИЩЕНИЯ ПОЧВЫ

Попавшие в почву со сточными водами или твердыми отходами органические вещества, содержащие белки, жиры, углеводы и продукты их обмена, подвергаются распаду вплоть до образования неорганических веществ – процесс минерализации. Параллельно в почве происходит процесс синтеза из органических веществ нового сложного органического вещества почвы, получившего название гумуса. Процесс синтеза почвенного вещества называется гумификацией, а оба биохимических процесса (минерализации и гумификации), направленные на восстановление первоначального состояния почвы, получили название процесса самоочищения почвы.

Механизм самоочищения почвы весьма сложен, схематически этот механизм можно представить следующим образом. Органические вещества, попавшие в почву со сточными водами, продолжают свое передвижение в горизонтальном и вертикальном направлениях. Достигнув грунтовых вод, фильтруемая жидкость с загрязнениями вливается в грунтовые воды и в дальнейшем подчиняется направлению и скорости их движения. По мере передвижения загрязнений с почвенной влагой в фильтрующем слое грунта количество загрязнений (взвешенных, коллоидных, растворенных веществ, бактерий, вирусов, яиц гельминтов) постепенно уменьшается благодаря механической, физической, физико-химической,

химической и биологической поглотительной способности почвы. Интенсивность поглощения указанных загрязнений тем больше, чем меньше размер частичек грунта, она увеличивается по мере заиливания промежутков между частицами и понижения коэффициента фильтрации. С гигиенической точки зрения особенно важен вопрос о поглощении почвой бактерий. Поглощение бактерий происходит под действием механического фактора, поверхностной энергии электрохимических взаимоотношений и зависит от вида бактерий, их подвижности, размеров почвенных частиц, pH среды и пр.

Обезвреживание чужеродного для почвы органического вещества, поступившего со сточными водами или твердыми отбросами (отходами), осуществляется главным образом микроорганизмами, входящими в состав биоорганического комплекса почвы.

Углеводы, попавшие в почву с отбросами или сточными водами, в аэробных условиях, благодаря деятельности микроорганизмов, подвергаются превращениям, в результате которых происходит синтез гликогена микробной клетки, образуются вода и CO_2 , выделяется энергия. В анаэробных условиях биохимический процесс разложения углеводов гораздо сложнее. Разложение углеводов заключается в образовании жирных кислот с их последующим распадом до водорода, CO_2 , метана и других газов. Анаэробное дыхание происходит без участия свободного кислорода. Микроорганизмы получают необходимую энергию путем расщепления сложной молекулы органического вещества на более простые. При этом выделяется гораздо меньше энергии, чем при кислородном дыхании.

Расщепление жиров в почве происходит очень медленно, так как жиры мало подвержены процессам биохимического разрушения. В аэробных условиях этот процесс протекает с образованием липидов микробной клетки и выделением воды, CO_2 , энергии. В анаэробных условиях разложения жиров осуществляются примерно по той же схеме, что и углеводов.

Расщепление белков происходит с участием микроорганизмов, так как азот является одним из органогенов, необходимых для развития любого микроорганизма. Источником азота служат белоксодержащие вещества. Сложные молекулы белка (пептиды) под влиянием ферментов, выделяемых микроорганизмами, расщепляются до альбуминов и пептонов, а затем до аминокислот. Часть аминокислот используется как пластический и энергетический материал размножающимися микроорганизмами биопленки, а часть подвергается дезаминированию с образованием аммиака, воды и CO_2 . В аэробных условиях образовавшийся аммиак растворяется в воде, получается гидроксид аммония.

Большая часть аминокислот, образовавшихся из белков отходов при их расщеплении, используется как пластический материал для биосинтеза микроорганизмов. В дальнейшем при отмирании этих микроорганизмов образуется гумус почвы, а при самоокислении в конечном счете карбонат аммония.

Азотосодержащие органические вещества попадают в почву не только в виде белка, но и в виде аминокислот и продуктов белкового обмена, в частности мочевины. Мочевина под влиянием уробактерий и их фермента уреазы гидролизуеться и также образует аммоний. Образующийся аммоний в дальнейшем подвергается биохимическому окислению при помощи аэробных бактерий. Этот процесс, получивший название нитрификации, осуществляется в две фазы: в первой фазе аммонийные соли превращаются в азотистые соединения (нитриты) при участии бактерий из рода *V. Nitrosomonas*, а второй – в азотные соединения (нитраты) под влиянием бактерий из рода *V. Nitrobacter*.

Таким образом, азотная кислота в виде минеральных соединений (нитратов) является конечным продуктом окисления белковых веществ и продуктов обмена в животном и растительном организмах.

Одновременно с окислительными процессами в почве происходят и восстановительные процессы, т.е. *денитрификация*.

Степень восстановительного действия бактерий, помимо их биохимических особенностей, зависит от состава среды, ее реакций и других условий. В щелочной среде и при широком доступе воздуха восстановительный процесс не идет дальше образования солей азотистой кислоты; в кислой среде и при затрудненном притоке кислорода восстановление идет до аммиака. Денитрификацией в узком смысле слова называют разложение нитратов и нитритов с выделением свободного азота. Не имея свободного кислорода или располагая им в ограниченном количестве, денитрифицирующие бактерии берут его у солей азотной и азотистой кислот, одновременно окисляют безазотистые органические соединения, черпая в этом окислительном процессе нужную им энергию. Этот сложный процесс является одновременно окислительным и восстановительным.

Процесс денитрификации характеризуется обильным выделением газов, состоящих обычно из смеси азота и CO_2 , иногда с примесью оксида азота.

Гигиеническое значение денитрификации весьма важно в связи с тем, что этот процесс при работе

сооружений по почвенной очистке может быть преобладающим, например в начальный период эксплуатации полей орошения. Положительным моментом в этом процессе является то, что при дефиците кислорода воздуха используется кислород нитратов, чем предотвращается загрязнение ими подземных вод. Судьба нитратов, образовавшихся при биохимическом окислении органических веществ, сводится к тому, что часть из них усваивается корнями растений, часть подвергается денитрификации и, наконец, используется для синтетических процессов микроорганизмами.

Если в почве обезвреживание органического вещества в основном осуществляется путем биохимических процессов минерализации, нитрификации, денитрификации и лишь незначительно за счет твердых отходов, осадка сточных вод и активного ила в искусственных сооружениях осуществляется главным образом за счет процессов гумификации при участии термофильных микроорганизмов. Схематично процесс гумификации может быть представлен следующим образом.

Таблица 51

Процесс гумификации

| | | | | |
|--|--------|---|--------|------------------------|
| Органическое вещество (белки, жиры, углеводы и продукты обмена) | + → | Микроорганизмы (бактерии, грибы, актиномицеты, водоросли) | + → | O ₂ воздуха |
| Гумус (вновь синтезированные микроорганизмами органические вещества) | + → | Карбонаты, сульфаты, фосфаты, нитраты | + → | Энергия |

Все названные выше почвенные процессы имеют большое санитарно-гигиеническое значение. Они лежат в основе широко используемых методов почвенного обезвреживания нечистот и отходов, в частности биотермического.

Биотермическое обезвреживание органических загрязнений обеспечивает разрушение сложного органического вещества отходов и продуктов обмена (мочевина, мочевая кислота и др.) до более простых соединений, которые затем термофильными микроорганизмами в присутствии кислорода превращаются в новое, устойчивое, безопасное в санитарном отношении вещество – гумус. Одновременно происходит уничтожение вегетативных форм патогенных бактерий, вирусов, простейших, яиц гельминтов, яиц и личинок мух, семян сорняков.

САНИТАРНАЯ ОХРАНА ПОЧВЫ

Санитарная охрана почвы относится к числу важнейших гигиенических задач санитарно-эпидемиологической службы. К числу основных мероприятий по санитарной охране почвы можно отнести следующие.

- 1) Законодательные, организационные и административные мероприятия.
- 2) Технологические мероприятия, направленные на создание безотходных и малоотходных технологических схем производства, уменьшающих и снижающих до минимума образование отходов.
- 3) Санитарно-технические мероприятия по сбору, удалению, обезвреживанию и утилизации отходов, загрязняющих почву (санитарная очистка населенных мест).
- 4) Планировочные мероприятия, касающиеся научного обоснования и соблюдения величин санитарно-защитных зон между очистными сооружениями и жилыми зданиями, местами водозабора, выбора схем движения автотранспорта, выбора земельных участков под очистные сооружения.
- 5) Разработка гигиенических нормативов для оценки санитарного состояния почвы при поступлении в нее органических, биологических (патогенные и условно-патогенные вирусы, бактерии, простейшие, яйца гельминтов) и химических (пестициды, тяжелые металлы, бензапирен и др.) загрязнителей. В настоящее время утверждено около 50 ПДК вредных веществ в почве.

8.5. ПРОДУКТЫ ПИТАНИЯ

Пища, наряду с такими важными компонентами, как белки, углеводы, аминокислоты, витамины, жиры и другие вещества, содержит большое количество различных по химической структуре соединений, представляющих потенциальную опасность для здоровья. В связи с повсеместным загрязнением окружающей среды, наличие токсикантов в пищевых продуктах – весьма актуальная проблема.

Контаминанты пищевых продуктов (естественные и антропогенные) представляют наибольшую опасность для здоровья человека. К подобным загрязнителям химического происхождения относятся: металлы (ртуть, свинец, хром, мышьяк, кадмий и т. д.), пестициды и продукты их деградации и метаболизма (в частности, хлорорганические и фосфорорганические), радиоизотопы (цезий-137, стронций-90, йод-131), такие вещества, как нитриты и нитраты, асбест, соединения фтора, селен, полихлорированные соединения, стимуляторы роста растений и сельскохозяйственных животных и т. д. Среди контаминантов биологического происхождения выделяют бактериальные токсины (клостридии ботулизма, стафилококки), целый спектр микотоксинов (афлатоксины, охратоксины, трихотецены, патулин, стеригматоцистин, цитринин и т. п.), токсины одноклеточных и многоклеточных водорослей. Об экологическом значении некоторых из перечисленных загрязнителей и их реальной и потенциальной опасности речь шла в различных разделах настоящего пособия. Остановимся лишь на двух важных аспектах проблемы – загрязнении пищевых продуктов в результате химизации животноводства и использовании пищевых добавок.

В марте 1996 г. в Санкт-Петербурге проходил международный экологический кинофестиваль. Диплом за новый взгляд на проблему был присужден фильму из Великобритании «Свинская медицина», где на примере свиноводческой фермы рассказано о малоизвестной негативной роли сельского хозяйства в нашей жизни, а именно о загрязнении продуктов животноводства лечебно-профилактическими средствами и ростстимулирующими препаратами, остаточные количества которых, обнаруживаемые в продуктах, могут оказывать вредное влияние на организм людей.

В кормах для животных белковый и аминокислотный дефицит восполняется добавлением отходов пищевой промышленности (рыбная мука, гидролизаты субпродуктов), кормовыми дрожжами, подсолнечными шротами и т. п., а также премиксов, содержащих биологически активные вещества (витамины, гормоны, ферменты), ростоускорители, антибиотики, сульфаниламиды. Наряду с этим в состав кормовых рационов могут попадать такие антропогенные загрязнители, как пестициды, ПАУ, диоксины, полихлорированные бифенилы и трифенилы, нитриты, нитраты, микотоксины и другие опасные для здоровья вещества.

Для стимуляции репродуктивной функции и роста животных часто применяют гормональные препараты – тиреостатики, половые гормоны, их синтетические аналоги и анаболические стероиды, фитогормоны. Часть из них быстро метаболизируется в организме и потому не представляет собой очевидной опасности для человека, но остаточные количества в мясе и молоке других (например, диэтилстильбестрола) могут оказывать негативные эффекты на потребителей этих животных продуктов. Продуктивность животноводства увеличивают азотсодержащие кормовые добавки – белково-витаминный концентрат (БВК), дрожжевые, бактериальные и водорослевые белки, мочевины, синтетические аминокислоты. Поскольку БВК производится на парафинах нефти, то в организм могут попадать не утилизируемые углеводороды, в частности бензо(а)пирен, а также липиды, не свойственные традиционным продуктам питания, и микотоксины. В продуктах животного происхождения весьма нередко обнаруживаются и пестициды, которые попадают в мясо, молоко, яйца как с кормами, так и в результате обработки сельскохозяйственных животных и птицы. Хлорорганические пестициды накапливаются в тканях и органах и могут сохраняться в них продолжительное время, а фосфорорганические пестициды, являясь ферментными ядами, могут длительно циркулировать в организме. Для профилактики ряда заболеваний сельскохозяйственных животных применяют различные лекарственные препараты. Скандальную известность в Германии получила история нелегального использования сердечных средств – бета-блокаторов. Известно, что домашние свиньи из-за близкородственного скрещивания склонны к стрессам и развитию инфарктов. Поэтому им вводили бета-блокаторы при транспортировке с фермы на бойню для предупреждения гибели от инфаркта. Эти лекарственные средства, обладающие рядом отрицательных побочных эффектов, через свинину попадают в организм человека. Также негативное влияние на людей могут оказывать остаточные количества антибиотиков как в результате прямого токсического действия, так и

путем вызывания аллергических реакций или развитием устойчивых к антибиотикам штаммов микроорганизмов. В последнем случае попытки лечения человека такими антибиотиками окажутся безуспешными. Это проблема относительно новая, пока последствия внедрения химизации в животноводство, особенно отдаленные эффекты, изучены недостаточно.

Пищевые добавки люди стали применять с незапамятных времен, в частности поваренную соль, винный уксус, пряности, сахароподобные вещества. В основном пищевые добавки представляют собой химические вещества природного или синтетического происхождения, которые вносят в продукты питания с целью улучшения качества, придания приятного вкуса, запаха или цвета, увеличения сроков хранения и т. д. (таблица 52).

В нашей стране в отношении пищевых добавок действует экологически оправданный принцип – «запрещено все, что не разрешено». Так, среди синтетических красителей применяются лишь два – индигокармин и тартразин, в то время как в мире используется довольно большое их количество. Часть из них обладает аллергенными, мутагенными или канцерогенными свойствами. То же относится и к консервантам, эмульгаторам, стабилизаторам, осветлителям, подсластителям. В связи с тем, что сегодня отечественный рынок наполняется продуктами иностранного производства, содержащими самые разнообразные пищевые добавки, и не всегда удовлетворительного качества, очень важно знать негативные свойства этих добавок. Последние, согласно требованиям ФАО/ВОЗ, отражены в маркировке продуктов. Французскими специалистами из Исследовательского центра Hospital-Villejuif составлен перечень вредных для здоровья веществ, применяемых для окрашивания и консервирования пищевых продуктов. Согласно этому списку, агенты, обозначенные на этикетках продуктов как E102, E110, E120, E124, E127 классифицированы как «опасные» (E123 «очень опасный»), к «запрещенным» отнесены E103, E105, E111, E 121, E125, E126, E130, E152; канцерогенными считаются E130, E142, E210, E211, E212, E213, E214, E215, E216, E217, E240, E330, вызывающими расстройство кишечника E221, E222, E223, E224, E226; вызывающими расстройство желудка E338, E339, E340, E341, E407, E450, E461, E462, E463, E465, E466; нарушения кровяного давления вызывают препараты E250, E251; кожные заболевания возникают при применении E230, E231, E232, E233, а «подозрительными» считаются E104, E122, E141, E150. E171, E173, E180, E241, E467.

Т а б л и ц а 5 2

Примеры наиболее часто применяемых пищевых добавок

| <i>Целевое назначение</i> | <i>Пищевая добавка</i> | <i>Пищевые продукты</i> | <i>ПДКмг/кг и мг/л</i> |
|------------------------------|---------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| <i>Красители</i> | β-каротин | Сливочное масло | 6,0 |
| | Карамель | Кондитерские изделия | |
| | Куркума | То же | |
| | Шафран | Хлебобулочные изделия | до 50,0 |
| | | Кондитерские изделия | |
| | Индигокармин | То же | до 50,0 |
| | Тартразин | Клеймение сыров, мяса | |
| Метилвиолет | | | |
| <i>Отбеливающие средства</i> | Нитрит натрия | Консервы мясные, колбасы и т. п. | 30,0-50,0 |
| | Сернистый ангидрид | Картофель, соки | 6,0-20,0 |
| <i>Загустители</i> | Желатин | Консервы мясные, рыбные и т. п. | 5000,0 |
| | Крахмалы модифицированные | Хлеб пшеничный | |
| | Пектин | | Кондитерские изделия, мороженое |
| <i>Эмульгаторы</i> | Лецитин | Кондитерские изделия | 5000,0 |

| | | | |
|--|-----------------------------------|----------------------------------|---------------|
| <i>Стабилизаторы</i> | Моно- и диглицериды жирных кислот | Маргарин | 2000,0 |
| | Сорбитан жирных кислот | Хлеб | 5000,0 |
| <i>Ароматизаторы</i> | Ароматические пищевые эссенции | Кондитерские изделия | 0,3-0,8 мл/кг |
| | Ванилин | Тоже | до 5000,0 |
| | Глутамат | Пищевые концентраты | 5000,0 |
| | Коптильная жидкость | Колбасные, рыбные изделия | до 7,0 мл/кг |
| <i>Сладкие вещества, искусственные</i> | Сахарин, ксилит, сорбит | Диетические кондитерские изделия | |
| <i>Консерванты</i> | Нитрат натрия | Сыры | 300,0 |
| | | Консервы мясные, колбасы и т. п. | до 50,0 |
| | Бензойная кислота | Кондитерские изделия | до 1000,0 |
| | | Икра рыбная | до 2000,0 |
| | Уротропин | Икра лососевая | до 1000,0 |
| | Сербиновая кислота | Соки, напитки, вина | до 1000,0 |
| <i>Антиоксиданты</i> | Ионол | Жиры животные | 200,0 |
| <i>Синергисты антиоксидантов</i> | Аскорбиновая кислота | Жиры животные | |
| | Лимонная кислота | -«- | |
| <i>Ферментные препараты</i> | Амилоризин | Хлеб, пиво | 0,001-0,003% |
| | β-галактозидаза | Хлеб, напитки | 0,01-0,04% |
| | Каталаза | Сахарный сироп, кровь | 0,001% |
| | Проторизин | Мясо, сельдь | 0,075-0,1% |

8.6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Краткие сведения, изложенные в настоящем разделе, показывают, что в окружающей среде содержится множество экологически опасных факторов самого различного происхождения, которые прямо или косвенно оказывают влияние на существование всего живого на Земле. Воздух, которым мы дышим, вода, которую мы пьем, почва, плодами которой мы пользуемся, пища, которую мы едим, составляют среду обитания, определяющую качество жизни самого человека.

Необходимо помнить, что оценка экологических опасностей должна быть комплексной и, независимо от их природы, учитывать движение по трофическим цепям, кумуляцию, биотрансформацию, метаболизм, перенос и переход из одних сред в другие, возможности изменений и превращений во вторичные загрязнители, качественное и количественное влияние на различные организмы, входящие в экосистемы и влияние на сами экосистемы, начиная от простейшего уровня до биосферы в целом.

Большинство экологических опасностей – продукт антропогенной деятельности, результат научно необоснованной экологической политики общества. Экологизация жизни стала действительно необходимой. Необходима разработка всеобъемлющей сверхдолговременной стратегии природопользования, направленной на оздоровление человека и условий его жизни – локальных, национальных, региональных и глобальных – с учетом физико-географических и социоэкономикогеографических особенностей в этих пространственных границах. Наметим лишь некоторые стратегические направления экоразвития:

Промышленные технологии. Создать условно замкнутые и каскадные технологии с использованием ослабляющегося потока энергии от одного предприятия к другому с тем, чтобы получить минимум вещественных отходов и с наибольшей полнотой использовать вовлекаемую в хозяйство энергию. Подвергать строгой экспертизе любые технику и технологию, потенциально опасные для природы,

жизни и здоровья людей.

Энергетика. Необходимо осознать, что порог энергетического насыщения на планете зависит не от возможностей получения энергии, а от допустимых лимитов и использования потока тепла, который может выдержать тропосфера Земли.

Сельское хозяйство. Перейти к экологическому (биологическому, биономическому, органическому) земледелию.

РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ И ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

Если хочешь знать, что случится, обрати внимание на то, что уже случилось.

Н. Макиавелли

ВИДЫ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ И ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

9

*И когда
чернобыльского пожарника
радиация,
в косточки вьешься,
пошатывала,
не начальство,
а совесть
его в направлении главном держала –
внутри пожара.*

*Есть в пожарах
проклятый закон перекидывания,
и чернобыльский смертник
прикрыл всю Украину
с ее ковылями,
ракитами,
и не знает никто,
сколько стран он прикрыл,
сколько крыш.
Е. Евтушенко*

9.1. ПОНЯТИЕ О ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ (ЧС) И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

Экстремальная ситуация – это обстановка, возникающая в природе или в процессе деятельности человека, при которой психофизиологические параметры могут превысить пределы компенсации организма, что приводит к нарушению безопасности жизнедеятельности человека. Например, высокие и низкие температуры, физическая нагрузка, поражающие токсичные дозы сильнодействующих ядовитых веществ (СДЯВ), высокие дозы облучения и др.

Понятие «чрезвычайный» трактуется как «исключительный, очень большой, превосходящий все» (Ожегов С. И. Словарь русского языка). Словосочетание «чрезвычайная ситуация» относится к совокупности опасных событий или явлений, приводящих к нарушению безопасности жизнедеятельности.

Чрезвычайная ситуация – это неожиданная, внезапно возникшая обстановка на определенной территории или объекте экономики в результате аварии, катастрофы, опасного природного явления или стихийного бедствия, которые могут привести к человеческим жертвам, ущербу здоровью людей или окружающей среде, материальным потерям и нарушению условий жизнедеятельности людей. ЧС классифицируются:

- по причине возникновения: преднамеренные и непреднамеренные;
- по природе возникновения: техногенные, природные, экологические, биологические, антропогенные, социальные и комбинированные;
- по скорости развития: взрывные, внезапные, скоротечные, плавные;

- по масштабам распространения последствий: локальные, местные, территориальные, региональные, федеральные, трансграничные;
- по возможности предотвращения ЧС: неизбежные (например, природные) и предотвращаемые (например, техногенные, социальные).

К *техногенным* относятся ЧС, происхождение которых связано с техническими объектами: взрывы, пожары, аварии на химически опасных объектах, выбросы радиоактивных веществ на радиационно опасных объектах, аварии с выбросом экологически опасных веществ, обрушение зданий, аварии на системах жизнеобеспечения и др.

К *природным* относятся ЧС, связанные с проявлением стихийных сил природы: землетрясения, цунами, наводнения, извержения вулканов, оползни, сели, ураганы, смерчи, бури, природные пожары и др.

К *экологическим* бедствиям (ЧС) относятся аномальные изменения состояния природной среды: загрязнения биосферы, разрушение озонового слоя, опустынивание, кислотные дожди и т. д.

К *биологическим* ЧС относятся эпидемии, эпизоотии, эпифитотии.

К *социальным* ЧС относятся события, происходящие в обществе: межнациональные конфликты с применением силы, терроризм, грабежи, насилия, противоречия между государствами (войны).

Антропогенные ЧС являются следствием ошибочных действий людей.

Чрезвычайные ситуации характеризуются качественными и количественными критериями. К качественным критериям относятся: временной (внезапность и быстрота развития событий); социально-экологический (человеческие жертвы, выведение из хозяйственного оборота больших площадей); социально-психологический (массовые стрессы); экономический. Например, локальная ЧС – это когда пострадало 10 человек; либо для 100 человек нарушены условия БЖД; либо ущерб не превышает 1000 МРОТ, а зона ЧС не выходит за пределы объекта.

Основные причины возникновения ЧС:

- внутренние: сложность технологий, недостаточная квалификация персонала, проектно-конструкторские недоработки, физический и моральный износ оборудования, низкая трудовая и технологическая дисциплина;
- внешние: стихийные бедствия, неожиданное прекращение подачи электроэнергии, газа, воды, технологических продуктов, терроризм, войны.

ХАРАКТЕР РАЗВИТИЯ ЧС

Возникновение ЧС обусловлено наличием остаточного риска. В соответствии с концепцией остаточного риска абсолютную безопасность обеспечить невозможно. Поэтому принимается такая безопасность, которую приемлет и может обеспечить общество в данный период времени.

Условия возникновения ЧС: наличие источника риска (давления, взрывчатых, ядовитых, радиоактивных веществ), действие факторов риска (выброс газа, взрыв, возгорание); нахождение в очаге поражения людей, сельскохозяйственных животных и угодий.

Анализ причин и хода развития ЧС различного характера показывает их общую черту – стадийность. Выделяют пять стадий (периодов) развития ЧС:

- накопления отрицательных эффектов, приводящих к аварии;
- период развития катастрофы;
- экстремальный период, при котором выделяется основная доля энергии;
- период затухания;
- период ликвидации последствий.

9.2. ТЕХНОГЕННЫЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНАЯ СИТУАЦИЯ РАДИАЦИОННОГО ХАРАКТЕРА

В результате радиационной ЧС образуются зоны загрязнения.

Зоной ЧС радиационного характера называют территорию, в пределах которой в результате аварии на радиационноопасном объекте (РОО) происходит радиоактивное загрязнение (РЗ), вызывающее облучение людей выше допустимых норм. Различают радиационную и ядерную аварию (РА, ЯА).

Радиационной аварией (ЧС) называют опасное событие, вызванное частичным или полным вскрытием работающего реактора, в результате которого в воздух выносятся парогазовая и твердая

фазы, зараженные радионуклидами (РН).

Ядерной аварией (ЧС) называют опасное событие, неконтролируемое течение цепной реакции в ядерном реакторе (возникновение локальных очагов критичности), приводящее к повреждениям в активной зоне и выбросу РН.

Исходя из опыта радиационных ЧС, причины связаны с конструктивными недостатками (низкий запас реактивности) и ошибками операторов. Главными источниками радиоактивного загрязнения являются АЭС, предприятия ядерного цикла, корабли с ЯЭУ и космические аппараты. В процессе цепной ядерной реакции в реакторах накапливаются радиоактивные изотопы: короткоживущие (I^{131} , $Хе^{133}$, $Кг^{85}$), среднеживущие ($Сe^{144}$, $У^{91}$, $Сs^{134}$) и долгоживущие ($Сs^{137}$, Sr^{90} , Pu^{239}), которые являются источниками облучения и загрязнения. Один из вариантов деления урана-235 показан на схеме:



Приняты несколько видов классификаций РА. Наиболее распространена классификация по МАГАТЭ (в зависимости от общей активности выбросов): 1-3 уровни (происшествия); 4 – авария в пределах АЭС; 5 – авария с риском для окружающей среды; 6 – тяжелая авария (г. Виндскейл, Англия, 1957 г.); 7 – глобальная авария (ЧАЭС, СССР, 1986 г.).

Т а б л и ц а 53

Характеристика зон радиоактивного загрязнения

| Наименование зон | Доза излучения за 1-й год после аварии, $D_{1г}$, рад. | | Мощность дозы на 1 час после аварии $P_{1ч}$, рад/ч. | Длина / ширина зон (для $m = 10\%$ и, $v = 5$ м/с, изотермия – Д), км |
|------------------|---|---------------|---|---|
| | Внешняя граница | Середина зоны | | |
| М | 5 | 16 | 0,014 | 217/18 |
| А | 50 | 160 | 0,14 | 75/4 |
| Б | 500 | 866 | 1,4 | 18/0,7 |
| В | 1500 | 2740 | 4,2 | 6/0,2 |
| Г | 5000 | 9000 | 14 | Нет |

Примечания: 1. Реактор РБМК-1000. 2. В зоне М пребывание населения ограничено. Для производственного персонала проводятся мероприятия по радиационной безопасности. При попадании объекта в зоны А → Г производственная деятельность прекращается, население и персонал эвакуируется. 3. При 30% выброса зона Г образуется с $L/B \approx 17,6/0,7$ км. 4. Расчет размеров зон для других значений « m » и v , ведется по формулам:

$$L' = L \sqrt{\frac{m'v'}{10,5}}; \quad B' = B \sqrt{\frac{m'v'_B}{10,5}}.$$

Возможны аварии АЭС без разрушения активной зоны (АЗ). При этом радиоактивное загрязнение происходит за счет выброса парогазовой фазы с короткоживущими РН. Высота выброса 100-200 м, время до 30 мин. Авария с разрушением АЗ характеризуется мгновенным выбросом части содержимого реактора на высоту до 1 км в результате теплового взрыва. Далее происходит истечение струи газа при горении графита с периодическими взрывами. Высота истечения до 200 м, время – до момента окончательной герметизации реактора (несколько суток). Например, на ЧАЭС было два выброса: 26.04 и 6.05.86 г., а время герметизации до 15 суток. Характер радиоактивного загрязнения зависит от типа реактора, продолжительности его работы, процента выброса (m) и метеоусловий. Поэтому зоны РЗ имеют свои особенности: длительность загрязнения, сложность конфигурации границ, «очаговый» характер зон и высокие уровни радиации. Например, при аварии ЧАЭС уровни радиации на реакторе составляли $P = 20-34$ тыс. Р/ч, у реактора $P \approx 400-100$ Р/ч, общая активность выбросов равнялась $A = 3,5 \cdot 10^{18}$ Бк. РВ, входящие в атмосферу, находятся в мелкодисперсном состоянии ($\delta = 0,5-3$ мкм), поэтому распространяются на большие расстояния, образуя зоны РЗ слабого, умеренного (А), сильного (Б), опасного (В) и чрезвычайно опасного загрязнения (Г). Характеристики зон показаны в таблице 53.

Изменение уровня радиации, дозы облучения и времени достижения допустимого уровня радиации ориентировочно определяются по формулам:

$$P_t \cong P_{изм.} \sqrt{\frac{t_{изм.}}{t}}; D \cong 2(P_t \cdot t - P_{изм.} \cdot t_{изм.}); t_k = t_{изм.} \left(\frac{P_{изм.}}{P_{доп.}} \right)^2,$$

где P_t , $P_{изм.}$ – уровень радиации на время t и $t_{изм.}$ после аварии, рад/ч.; $P_{доп.}$ – допустимый уровень радиации, мрад/ч. ($P_{доп.} = 0,7$ мрад/ч).

Расчет уровней радиации и доз внешнего облучения производится на любое время (жизни) работы в зоне: рабочая смена, сутки, 10 сут., 1 год. Суммарная доза облучения складывается из доз внешнего и внутреннего облучения, которые в первый год после аварии на АЭС равны, и определяется по формуле: $D_{\Sigma} = 2D$.

Федеральный закон «О радиационной безопасности населения» от 05.12.1995 г. в ст. 9 установил дозовые нагрузки (пределы облучения) для персонала и населения в условиях радиоактивного загрязнения (вводятся 1.01.2000 г.). Например, для производственного персонала годовая эффективная доза равна 20 мЗв (2 бэра) и за период трудовой деятельности (50 лет) – 1000 мЗв (100 бэр); для населения $D_{1 год} = 1$ мЗв (0,1 бэр) и пожизненная доза (70 лет) – 70 мЗв (7 бэр).

Приведенные значения дозовых пределов не включают дозы ионизирующих излучений, создаваемые естественными и медицинскими источниками. При дозах облучения, превышающих указанные значения, рекомендуется отселение людей. Однако при целесообразной необходимости дозовые нагрузки могут быть увеличены. После крупной аварии через 2-3 года происходит самораспад большинства РН и доза облучения будет определяться долгоживущими нуклидами (цезий, стронций, плутоний).

$$D \cong \frac{1,5 \cdot P_{изм.} \cdot T}{K_{осл.}} \left(2^{-\frac{t_n}{T}} - 2^{-\frac{t_k}{T}} \right)$$

где $P_{изм.} = 0,12 N$ рад/год, N – степень загрязненности поверхности, Ки/км²; T – период полураспада РН (Cs^{137} , $T = 30$ лет); t_n , t_k – время начала и окончания проживания в данном районе (после аварии), года; $K_{осл.}$ – коэффициент ослабления различных сооружений и техники. Для сельской и городской местности принят соответственно равным 4,8.

Доза внутреннего облучения при длительном проживании на загрязненной территории составляет 0,5 бэр/год (при $N = 5$ Ки/км²), при других значениях « N » годовая доза равна $N/5$. Суммарная доза облучения составит:

$$D_{\Sigma} = D_{внеш.} + D_{внутр.}$$

Особенности радиоактивного загрязнения лесных массивов. Лес является аккумулятором РН. Наиболее радиочувствительными являются хвойные породы деревьев (сосна, ель, кедр), более устойчивы лиственные породы. Однако последние значительно сильнее загрязняются. По истечении определенного времени происходит самоочищение леса: за 1,5-2 года самоочищаются лиственные леса, за 3-4 года – хвойные. В последующем вся активность сосредоточивается в почве на глубине до 5 см (Cs^{137} ; Sr^{90}).

Лесостроительные работы запрещаются в зонах с $N > 5$ Ки/км², запрещается сбор дикорастущих (ягод, грибов) и пастьба молочного скота. После радиационной аварии на территории устанавливается режим радиационной защиты (по $P_{1 год}$, $K_{осл.}$) и регламентируется проживание с целью недопущения внешнего и внутреннего за первый год облучения выше 50 мЗв (0,5 бэр).

Устанавливаются 4 зоны загрязнения по статусу проживания:

- зона радиационного контроля, $D_{эф} = 1-5$ мЗв/год (0,1-0,5 бэр/год), $N = 1-5$ Ки/км²;
- зона ограниченного пребывания, $D_{эф} = 5-20$ мЗв/год (0,5-2 бэр/год), $N = 15-40$ Ки/км²;
- зона добровольного отселения, $D_{эф} = 20-50$ мЗв/год (2-5 бэр/год), $N = 15-40$ Ки/км²;
- зона отселения, $D_{эф} > 50$ мЗв/год (> 5 бэр/год), $N > 40$ Ки/км².

Прогнозирование и оценка радиационной обстановки производится с целью определения масштабов P_z и определения степени влияния его на безопасность жизнедеятельности населения и производственную деятельность объектов экономики.

Методика включает (табличный вариант):

1) Определение исходных данных (координаты АЭС; долю выброшенного РВ – $m\%$; электрическая мощность реактора – W , МВт; скорость ветра – V_v , состояние облачности, коэффициент ослабления –

$K_{осл.}$, расстояние до объекта – R , км; время аварии – $t_{ав}$ продолжительность облучения – $T_{обл.}$).

2) Определение степени вертикальной устойчивости атмосферы – СВУА. СВУА = $f(V_d, \text{облачности})$ инверсия – F , изотермия – D , конвекция – A . Например, для $m = 10\%$, $V_B = 5$ м/с ночью, при отсутствии облачности, СВУА – изотермия (D).

3) Определение мощности дозы на 1 час после аварии. Для г. Санкт-Петербурга $P_{1 \text{ час.}} = 0,196$ рад/ч (на $R = 60$ км).

4) Определение коэффициента электрической мощности реактора (K_w), $K_w = w \times m \times n \times 10^{-4}$ МВт, где n – число реакторов.

5) Определение коэффициента K_y , характеризующего уменьшение уровня радиации, при удалении объекта от оси следа облака $K_y = f(R, y)$.

6) Определение времени начала формирования следа облака, час. $t_{\phi} = f(\text{СВУА}, R)$.

7) Определение коэффициентов: K_t , учитывающий спад уровня радиации; K_d , учитывающий увеличение дозы облучения от времени: $K_t = f(t_{изм.}, t_{ав})$; $K_d = f(t_{нач.}, T_{обл.})$.

8) Определение дозы облучения от проходящего облака. $D_{обл.}$, рад. $D_{обл.} = f(R, \text{СВУА})$.

9) Определение дозы облучения людей за $T_{обл.}$ на открытой местности: $D = P_{1 \text{ час.}} \times K_y \times K_t \times K_w \times K_d$.

10) Определяем суммарную дозу облучения в помещении:

$$D_z = \frac{D + D_{ом.л.}}{K_{осл.}}$$

11) Выполнение мероприятий и целесообразных действий по защите.

Действия населения по защите

По сигналу оповещения «Внимание всем! Радиационная опасность» и речевой информации население и персонал объекта должны:

- использовать средства индивидуальной защиты (противогаз, респиратор, ватно-марлевые повязки);
- укрыться в здании, лучше в собственной квартире, загерметизировать окна, двери, вентиляционные отверстия, укрыть продукты и запас питьевой воды;
- провести иодизацию семьи (КJ или 4-5 капель йода на стакан воды для взрослого и 1-2 капли на 100 г воды для детей);
- помещение покидать только по команде властей при эвакуации (отселении). При этом необходимо использовать средства защиты органов дыхания и кожи.

ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ ХИМИЧЕСКОГО ХАРАКТЕРА

Зоной (очагом) ЧС химического характера называют территорию, в пределах которой в результате выброса опасных химических веществ (ОХВ) или применения химического оружия происходит массовое поражение людей, животных и растительности.

Сильнодействующие ядовитые вещества (СДЯВ) – это наиболее опасные (1, 2 класс токсичности) для человека и окружающей среды вещества, входящие в атмосферу при авариях на производстве и транспорте (34 наименования). Источниками СДЯВ являются химическая, нефтегазовая промышленность, а также предприятия по производству пластмасс, удобрений, целлюлозы, водоочистные и холодильные установки. Объекты экономики по степени химической опасности (т. е. по количеству людей, попадающих в зону химического заражения) делятся на 4 класса: I класс (> 75 тыс. человек); II – 40-75 тыс. человек; III – < 40 тыс. человек; IV – зона заражения в пределах санитарно-защитной зоны.

По физиологическому воздействию на организм человека СДЯВ делят на 7 групп: удушающие с прижигающим эффектом (хлор, фосген); общеядовитые (окись углерода, синильная кислота); удушающе-общеядовитые (сероводород, сернистый ангидрид, окислы азота); нейротропные (ртуть, фосфорорганические, гентил, сероводород); метаболические яды (окись этилена), удушающе нейротропные (аммиак); наркотические (формальдегид, хлористый метил); нарушающие обмен веществ (диоксин).

Способность СДЯВ поражать человека называют *токсичностью*. Количественно токсичность оценивается токсической дозой (D) $D = c \cdot t$ мг. мин/л, где c – концентрация, мг/л (м^3), t – экспозиция, мин. Различают пороговую, поражающую и смертельную токсодозы. ($D_{порог.}$, D_p , $D_{см.}$). При ингаляционном поражении применяют: средне-смертельную St_{50} и средне-выводящую из строя (потеря трудоспособности) токсодозу, Ict_{50} и средне-пороговую (начальные признаки поражения) токсодозу

PCt₅₀, вызывающие соответственно смерть, поражение или признаки поражения у 50% людей. Степень воздействия СДЯВ кожно-резорбтивного действия оцениваются средней токсодозой LD₅₀, ID₅₀, PD₅₀, выраженной в количестве вещества на единицу массы человека (мг/кг). Концентрации и ПДК используются для оценки химической безопасности производства в повседневных условиях, токсодозы – в аварийных (чрезвычайных) ситуациях. Поражающие (пороговые) токсодозы наиболее распространенных СДЯВ: хлора, фосгена, синильной кислоты, сернистого ангидрида и аммиака соответственно равны 1 (0,6); 1,2 (0,2); 1,2 (0,6); 24 (1,8) 60 (18) мг · мин/л.

Формирование очага химического поражения зависит от метода хранения, количества и типа СДЯВ, метеоусловий, характера местности, расстояния до жилой зоны. СДЯВ хранятся в резервуарах под давлением, изотермических резервуарах (при низкой температуре) и температуре окружающей среды.

При аварийном выбросе вещества образуется *первичное* или *вторичное* облако, либо сразу то и другое. Первичное облако образуется в результате мгновенного перехода в атмосферу части СДЯВ; вторичное – при испарении после разлива СДЯВ. Только первичное облако образуется, если СДЯВ представляет собой газ (СО, NH₃); только вторичное, когда СДЯВ – высококипящая жидкость (гептил). Оба облака образуются, если вскрывается изотермический резервуар. Проведение облака СДЯВ в воздухе зависит от его плотности по отношению к воздуху, концентрации и СВУА. Хлор, сернистый ангидрид тяжелее воздуха, поэтому и облако распространяется по ветру, прижимаясь к земле (у аммиака наоборот). Первичное облако распространяется дальше, чем вторичное, но действует кратковременно – в момент прохождения через объект. Продолжительность действия вторичного облака определяется временем испарения и устойчивостью атмосферы, но концентрация СДЯВ в 10-100 раз ниже, чем в первичном облаке. В городах наблюдается распространение облака по магистральным улицам к центру, проникая во дворы, тупики. Некоторые СДЯВ взрывоопасны (окислы азота, аммиак); пожароопасны (фосген, хлор); при горении могут давать более опасные вторичные вещества (сера – сернистый ангидрид; пластмассы – синильную кислоту; герметики – фосген и т. д.). Для выявления целесообразных действий по защите от СДЯВ производится прогнозирование и оценка химической обстановки, которая включает:

1) Определение исходных данных (объем хранилища СДЯВ, V, м³; физико-химические свойства вещества; время после аварии, NA, час, расстояние до объекта, L).

2) Определение размеров района аварии (R_A):

- для низкокипящих СДЯВ:

$$R_A = 50\sqrt{Q_0}, m;$$

- для высококипящих:

$$R_A = 25\sqrt{Q_0}, m;$$

где Q₀ – количество вылившегося вещества, т.

3) Определение степени вертикальной устойчивости атмосферы СВУА. Различают *инверсионно-нисходящие* потоки воздуха, способствующие увеличению концентрации СДЯВ в приземном слое; *конвекцию* – восходящие потоки воздуха, рассеивающие облако; *изотермию* – безразличное состояние атмосферы, наиболее часто встречающееся в реальных условиях, СВУА = f (V_в, облачности, времени суток). Определяется по таблицам [Ш. 9].

4) Выбор и определение поправочных коэффициентов, учитывающих: условия хранения (K₁ = 0,01-0,2); физико-химические свойства (K₂ = 0,02-0,06); токсодозу (K₃ = 0,01-3,0); скорость ветра (K₄ = 1-4); метеоусловия для первичного облака (K₅ = 1; 0,23; 0,08); время после аварии (K₆ = 1-3); температуру воздуха (K₇ = 0,1 ÷ 1,0) и метеоусловия для вторичного облака (K₈ = 0,081 – инверсия, 0,133 – изотермия, 0,235 – конвекция).

5) Определение количества выброшенного СДЯВ для сжатых газов и газопроводов:

$$Q_0 = \rho \cdot V; \quad Q_0 = \frac{n \cdot \rho \cdot V}{100} [т],$$

где ρ – плотность вещества, т/м³.

6) Определение эквивалентного количества СДЯВ, прошедшего в первичное и вторичное облако

$$Q_{\text{п1}} = K_1 \times K_3 \times K_5 \times K_7 \times Q_0; \\ Q_{\text{в2}} = (1 - K_1) \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 \times K_6 \times K_7 \frac{Q_0}{h \cdot \rho},$$

где h – высота слоя жидкости.

7) Определение глубины зоны возможного заражения первичным (Γ_1) и вторичным (Γ_2) облаком. Полная глубина равна $\Gamma = \Gamma' + 0,5\Gamma''$, где Γ' , Γ'' – наибольший и наименьший размеры первичного и вторичного облака.

8) Определение площади фактического и возможного заражения: $S_\phi = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N_4^{0,2}$; $S_8 = 8,75 \cdot 10^{-3} \cdot \Gamma^2 \phi$ [км²], где ϕ – угловые размеры зоны заражения, град.

9) Определение времени подхода облака к объекту:

$$t_{\text{подх.}} = \frac{L}{V_n},$$

где V_n – скорость переноса облака ($V_n = 1,5-2 V_6$), км/ч.

10) Определение времени поражающего действия вторичного облака:

$$T_n = \frac{h \cdot \rho}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_7} [\text{ч}].$$

11) Нанесение зон заражения на карту:

- при $V_6 < 0,5$ м/с зона заражения в виде круга, $\phi = 360^\circ$;
- при $V_6 = 0,6-1$ м/с ($\phi = 180^\circ$);
- $V_6 = 1-2$ м/с ($\phi = 90^\circ$);
- при $V_6 > 2$ м/с ($\phi = 45^\circ$).

12) Определение возможных потерь производится по таблицам [III. 9] или аналитически:

- безвозвратные $N_{см} = N^{пд.см} Q_0$ [чел.],
- санитарные $N_{сан} = (3 - 4) N_{см}$.

$N^{пд.см} = 0,5$ чел/т (фосген, хлор), $N^{пд.см} = 0,2$ чел/т (сернистый ангидрид, сероводород).

Действия населения в зоне химического поражения

После передачи оповещения «Внимание всем! Химическая опасность» и речевой информации о химической аварии население и персонал должны:

- использовать индивидуальные средства защиты: от хлора – противогазы ГП-5,7 или ватно-марлевые повязки, смоченные 2% раствором питьевой соды;
- от аммиака – противогазы ГП-5,7 с ДПГ-3, патрон защитный универсальный (ПЗУ), промышленные противогазы К, КВ или ватно-марлевые повязки, смоченные 2% раствором лимонной кислоты;
- использовать убежище в режиме фильтровентиляции (для защиты от аммиака – режим полной изоляции);
- применить антидоты и средства обработки кожи;
- своевременно покинуть зону заражения, двигаясь перпендикулярно направлению ветра;
- после выхода из зоны заражения снять одежду и провести санитарную обработку;
- при нахождении в помещении: загерметизировать его, выключить газ, нагревательные приборы, надеть СИЗ и слушать информацию штаба ГО ЧС.

ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ ПРИ ВЗРЫВАХ И ПОЖАРАХ

Все продукты, способные взрываться, подразделяются на взрывчатые вещества – ВВ конденсированного типа (тринитротолуол, гексоген, динамит) и взрывоопасные вещества – Вв (газо-топливо-воздушные смеси, газы, пыли).

Поражающим фактором при взрывах ВВ является *воздушная ударная волна* (ВУВ) – (резкое сжатие воздуха, двигающегося со сверхзвуковой скоростью). ВУВ характеризуется параметрами: избыточное давление (ΔP_ϕ) и давление скоростного напора ($\Delta P_{ск}$).

$$\Delta P_\phi = 95 \frac{\sqrt[3]{G}}{R} + 390 \frac{\sqrt[3]{G^2}}{R^2} + 1300 \frac{G}{R^3} [\text{кПа}];$$

$$\Delta P_{ск} = 2,5 \frac{\Delta P_\phi^2}{\Delta P_\phi + 720} [\text{кПа}].$$

ΔP_ϕ определяет разрушающее, а $\Delta P_{ск}$ – метательное, опрокидывающее действие ударной волны.

Сила смещения предмета:

$$P_{см} = C_x \times S \times \Delta P_{ск},$$

где C_x – коэффициент аэродинамического сопротивления; S – площадь лобового сопротивления, м²; G – масса заряда, кг; R – расстояние от места взрыва, м.

При взрывах и пожарах образуются зоны ЧС.

Зоной ЧС при взрывах называют территорию, в пределах которой происходит поражение людей, животных, разрушаются или повреждаются здания и сооружения. Границей зоны ЧС взрывного характера принимают $\Delta P_{\phi} > 10$ кПа.

Размер зоны ЧС оперативно можно оценить зависимостью:

$$R = X \sqrt[3]{G} \text{ [м]},$$

где X – коэффициент, характеризующий зоны слабых ($X = 13,5$ при $\Delta P_{\phi} = 10$ кПа), средних ($X = 8,2$ при $\Delta P_{\phi} = 20$ кПа), сильных ($X = 6,4$ при $\Delta P_{\phi} = 30$ кПа) и полных разрушений ($X = 4,7$ при $\Delta P_{\phi} = 50$ кПа).

Безвозвратные потери рассчитываются по формуле:

$$N_{см} = P \cdot G^{0,666},$$

где G – масса ВВ, т; P – плотность населения, тыс. чел./км².

Взрывы газоздушных, топливоздушных смесей (ГВС, ТВС) и пыли относятся к числу объемных. Они обладают рядом особенностей:

- образованием 3-х поражающих факторов: воздушной ударной волны, теплового поля и зоны токсического задымления;
- зависимостью мощности взрыва от параметров окружающей среды (температуры, влажности, СВУА);
- для осуществления взрыва газов необходимо создание концентрации в пределах нижнего и верхнего концентрационного предела;
- для пыли – нижнего предела.

Зона ЧС при объемных взрывах разделяется на 5 радиусов поражения:

I – радиус детонации ($\Delta P_{\phi}^{\max} = 1750$ кПа)

$$R_1 = 1,75 \sqrt[3]{G} \text{ [м]},$$

II – радиус действия продуктов взрыва – огненно-го шара ($\Delta P_{\phi 2}^{\max} \cong 315$ кПа)

$$R_2 = 1,7 R_1;$$

$$\Delta P_{\phi 2} = 1300 \left(\frac{R_1}{R_2} \right)^3 + \frac{P_0}{2}.$$

III – радиус действия воздушной ударной волны

$$\Delta P_{\phi 3} = \frac{233}{\sqrt{1 + 0,4 \left(\frac{R_3}{R_4} \right)^3 - 1}} \text{ [кПа]},$$

где R_3 – расстояние от центра взрыва, м.

IV – радиус действия теплового поля

$$R_4 = (3,1-3,6) \times R_2 \text{ [м]}.$$

Тепловой импульс от взрыва ГВС на расстоянии R_3 , кДж/м²

$$U = J \times t_{св},$$

где J – интенсивность теплового излучения, кДж/м² х с.

$$J = Q_0 \times F \times T,$$

Q_0 – удельная теплота пожара, кДж/м²; T – прозрачность атмосферы; $T = 1 - 0,058 \ln R_3$;

$$F = \frac{R_2^2 \cdot R}{\sqrt{(R_2^2 + R_3^2)^3}}$$

угловой коэффициент взаимного расположения объекта и источника взрыва; $t_{св} \cong 0,45 - 0,85 \sqrt[3]{G}$, [с] –

продолжительность существования огненной сферы (полусферы); $Q_0 = 1780-2200$ кДж/м² (бензин); $Q_0 = 2800$ кДж/м² (смесь метана, пропана, бутана); $Q_0 = 1300$ кДж/м² (мазут), $Q_0 = 260$ кДж/м² (дерево).

V – радиус зоны токсического задымления можно рассчитать по формуле:

$$R \cong \frac{34,2}{K_1} \left[\frac{G}{V_B \cdot K_2 \cdot D_m} \right]^{2/3} \text{ [м]},$$

где K_1 – коэффициент шероховатости местности (открытая местность $K_1 = 1$; городская застройка, лес $K_1 = 3,5$); K_2 – коэффициент СВУА (1; 1,5; 2); V_B – скорость ветра, м/с; D_m – токсическая доза вещества, мг. мин/л; G – масса ГВС в кг.

Безвозвратные потери людей ориентировочно определяют по формуле

$$N_{см} = 3P \times G^{0,666} \text{ [чел.]}$$

Сравнивая эту формулу с формулой безвозвратных потерь при взрывах ВВ, можно сделать вывод, что взрывы ГВС в 2-3 раза опаснее (по радиусу поражения) взрывов ВВ.

Поражающее действие взрывов ВВ и Вв в атмосфере оценивается путем сравнения расчетных ΔP_ϕ и U_m с данными, представленными в таблице 54.

Таблица 54

Степени разрушения, возгорания сооружений, объектов и поражения человека в зависимости от ΔP_ϕ и U

| Наименование объекта | Степень разрушения при ΔP_ϕ , кПа | | |
|--------------------------------------|--|---------|--------------------|
| | Слабое | Среднее | Сильное |
| Многоэтажное кирпичное здание эт > 3 | 8-12 | 12-20 | 20-30 |
| Деревянное здание | 6-8 | 8...12 | 12...20 |
| Грузовая машина | 20-30 | 40-50 | 50-60 |
| Резервуар ГСМ | 10-30 | 30-50 | 50-100 |
| | Тепловой импульс, приводящий к воспламенению, кДж/м ² | | |
| Кроны деревьев | 500-700 | | |
| Кровля (рубероид) | 530-800 | | |
| | Степень поражения людей при ΔP_ϕ и U_n | | |
| | Легкие | Средние | Тяжелые |
| Люди (открыто расположенные) | | | 60-100 кПа |
| - травмы | 20-40 | 40-60 | 400-600 |
| - ожоги | 80-100 | 100-400 | кДж/м ² |

Взрывы ВВ и Вв в помещении наиболее опасны, т. к. в ограниченном пространстве $\Delta P_\phi = 30-40$ кПа приводят к разрушениям объекта. Давление от взрыва Вв в замкнутом объеме можно определить по уравнению состояния Менделеева-Клайперона:

$$PV = \frac{m}{M} R \cdot T,$$

где m – число г – молей, равное весу или массе газа, г, M – молекулярный вес,

$$R = 0,082 \frac{\text{л} \cdot \text{атм}}{\text{г} \cdot \text{моль} \cdot \text{град}},$$

$T \cong 2300^\circ\text{K}$ – температура горения газа, V – объем газа, л.

В реальных условиях расчет ΔP_ϕ для углеводородных газов и их смесей производится по

соотношению:

$$\Delta P_{\phi} = 14 \frac{G \cdot Q_v}{V_{св} \cdot T} \text{ кПа},$$

где G – масса газа (пара), кг; Q_v – удельная теплота взрыва, 50×10^3 кДж/кг; $V_{св}$ – свободный объем помещения, м^3 ; $T_0 \cong 293^\circ\text{К}$.

При всех видах взрывов образуется поле осколков при разрушениях оболочки резервуаров, стен зданий и т. д.

Максимальную дальность разлета осколков определяют по соотношению:

$$L_{\max} = \frac{V_0^2}{g} [\text{м}],$$

где V_0 – начальная скорость полета осколков, вычисляется из уравнения:

$$\frac{M_* \cdot V_0^2}{2} = \eta \cdot \beta \cdot M \cdot Q_v,$$

где $\eta \cdot \beta$ – коэффициенты участия Вв во взрыве и доля энергии взрыва, идущая на осколки (0,5; 0,4); M_* – масса оболочки заряда; M – масса заряда, кг; Q_v – теплота взрыва, Дж/кг,

Формула для L_{\max} Дает завышенные значения дальности полета, поэтому ограничивают:

$$L = 238 \sqrt[3]{G} [\text{м}].$$

Из двух значений L_{\max} , L принимают меньшее.

Пожары. Зонай пожаров называют территорию, в пределах которой в результате стихийных бедствий, аварий или катастроф, неосторожных действий людей, а также воздействия современных средств поражения возникают и распространяются пожары. Пожар считается ЧС в том случае, если для его ликвидации недостаточно сил и средств пожарной охраны, дислоцируемой на данной территории.

Основные характеристики пожара:

- интенсивность теплового излучения пожара, J Дж/м², К;
- удельная теплота сгорания, Q_v кДж/кг;
- удельная теплота пожара, Q_0 кДж/м² х с.

На практике для расчета безопасного расстояния от различных очагов пожаров применяют соотношение:

$$R_{свс} = R_* \sqrt{\frac{\alpha \cdot Q_0}{J_*}} [\text{м}],$$

где α – коэффициент, учитывающий геометрию очага пожара (0,02 – плоский очаг – разлив горючего, 0,08 – объемный очаг – дом, резервуар); R_* – характерный размер очага пожара;

$$R_* = \sqrt{S},$$

где S – площадь горящего фронтона здания, м²;

$$R_* = \sqrt{25,5V},$$

где V – объем разлившейся горючей жидкости, м³; J_* – предельные значения интенсивности теплового излучения, кДж/м² · с (таблица 55).

Т а б л и ц а 5 5

Предельные значения интенсивности теплового излучения

| Время воздействия | Степень поражения | J_* , кДж/м ² х с |
|------------------------|-------------------|--------------------------------|
| Длительное воздействие | Болевые ощущения | 1,26 |
| 10-20 с | Ожог | 10,5 |

| | | |
|--------|-------------------------------------|------|
| 5 мин. | Возгорание древесины | 17,5 |
| 3 мин. | Возгорание горючей жидкости (мазут) | 35 |

Действие населения при пожарах и взрывах

При пожаре необходимо немедленно покинуть здание. Не рекомендуется пользоваться лифтом. Для эвакуации необходимо использовать основные и запасные выходы и лестницы.

В начале пожара следует попытаться его потушить, используя любые средства. Систему энергоснабжения тушить водой нельзя (необходимо ее обесточить). При невозможности потушить пожар следует эвакуироваться. Если лестничные марши задымлены, следует закрыть двери в квартире, выйти на балкон и эвакуироваться по пожарной лестнице или на подручных средствах. Опасно входить в зону задымления при видимости менее 10 м.

При повреждении здания взрывом входить в него следует с осторожностью, убедившись в отсутствии значительных повреждений перекрытий. После выноса людей из зоны разрушений и пожаров следует немедленно оказать им первую медицинскую помощь (реанимация, покой, тепло).

9.3. ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ ПРИРОДНОГО ХАРАКТЕРА

ЧС ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ

Землетрясения – грозное явление природы, связанное со сжатием, сдвигом и колебаниями поверхности земли, обусловленные в основном тектоническими явлениями. Возможно инициирование землетрясений вулканами, обвалами, ядерными взрывами. При землетрясениях образуются продольные, поперечные и поверхностные сейсмические волны, распространяющиеся от гипоцентра. Продольные волны имеют большую скорость (6-8 км/с) и ощущаются на поверхности земли в первую очередь. Поперечные волны совершают колебания, перпендикулярные продольным со скоростью в 2-3 раза меньше. Продольные и поперечные волны определяют разрушающее воздействие в ближней зоне от эпицентра. Поверхностные волны более опасны в дальней зоне (скорость 1-0,3 км/с).

Основными характеристиками землетрясений, определяющими размеры зоны ЧС, являются: энергия (E), магнитуда (M), интенсивность (J) и глубина гипоцентра (h).

Энергия землетрясения равна:

$$E = 10^{(5,24 + 1,44M)} \text{ [Дж]}.$$

Магнитуда – мощность землетрясения, измеряемая в баллах по Ч. Рихтеру (0-9 баллов).

Интенсивность – сила землетрясения на поверхности земли (характеризует степень разрушения), измеряемая в баллах Меркалли (0-12). Связь между «М» и «J» на расстоянии R от эпицентра выражается соотношением:

$$J = 1,5M - 3,5 \lg \sqrt{R^2 + h^2} + 3.$$

Проявление последствий землетрясения подразделяется на 2 фазы:

Первая фаза – время прихода продольных волн, когда ощущаются толчки и здания получают незначительные повреждения:

$$t_1 = \frac{\sqrt{R^2 + h^2}}{V_{np}} \text{ [с]},$$

где V_{np} – скорость продольных волн, км/с.

Вторая фаза – время прихода поверхностных волн, при которых происходит разрушение объектов

$$t_2 = \frac{h}{V_{np}} + \frac{R}{V_{нов}} \text{ [с]},$$

где $V_{нов}$ – скорость поверхностных волн, км/с.

Интервал времени между I и II фазами 30-60 с позволяет принять экстренные меры защиты. Прогнозирование землетрясений позволяет также повысить эффективность защиты населения. Предвестниками землетрясений являются: увеличение числа слабых толчков (форшоков), подъем воды в скважинах, деформация поверхности земли, повышение уровня радиации (за счет радона-222), необычное (беспокойное) поведение животных и птиц.

Действия населения

Мероприятия и защита от последствий землетрясений разделяются на предварительные и действия непосредственно во время землетрясения.

Предварительные меры защиты включают:

- сейсмостойкое строительство,
- подготовку служб спасения и ликвидации последствий,
- нейтрализацию источников повышенной опасности,
- обучение населения правилам поведения во время землетрясения,
- наличие в каждом доме запасов продуктов, воды на 3-5 суток, аптек первой медицинской помощи;
- закрепление в доме столов, шкафов и другого оборудования к полу (стенам).

С началом землетрясения люди, находящиеся в домах до 2-х этажей, должны срочно покинуть помещение и выйти на открытое место (за 30-40 с). При невозможности покинуть здание, встать в дверной проем, в проемы капитальных внутренних стен. Выключить свет, газ, воду. После прекращения подземных толчков покинуть помещение (лифтом пользоваться запрещено). Далее необходимо включиться в работу по спасению людей.

ЗОНА ЧС ПРИ НАВОДНЕНИЯХ

Наводнение – значительное затопление местности в результате подъема уровня в реке, озере, вызванное либо таянием снега, ледников (половодье); либо выпадением большого количества осадков (паводок); либо в результате увеличения сопротивления стоку воды при запорах (зажорах), завалах русла реки (запорные, завальные). Возможны наводнения, вызванные действием ветра (нагонные), действием цунами и при прорывах дамб (плотин) при переполнении бассейна реки, моря (волны прорыва).

Рассмотрим один из вариантов наводнений – паводок на реке с треугольным руслом.

Основными характеристиками наводнения являются:

– максимальный расход воды в реке при обильных осадках (Q_{max}), $м^3/с$:

$$Q_{max} = \frac{J \cdot F}{3,6} + Q_0 \text{ [м}^3\text{/с];}$$

$$Q_{max} = V_{max} \times S \text{ [м}^3\text{/с]},$$

где J – интенсивность осадков, мм/ч; F – площадь выпадения осадков, км²; S – площадь поперечного сечения реки, м²; Q_0 – расход воды до выпадения осадков, м³/с

$$Q_0 = \frac{1}{2} h_0 \cdot e_0 \cdot V_0,$$

где $h_0 \cdot e_0 \cdot V_0$ – глубина, ширина реки и скорость потока до паводка, (м, м, м/с);

- максимальная скорость потока и высота подъема реки при наводнении:

$$V_{max} = V_0^3 \sqrt{\left(\frac{h_0 + h}{h_0}\right)}; \quad h = \left[\frac{2Q_{max} \sqrt[3]{h_0^5}}{e_0 \cdot V_0} \right]^{3/8} - h_0,$$

- ширина затопляемой территории,

$$L = h/\sin\alpha \text{ [м]},$$

где α – угол наклона береговой черты, град.

- глубина затопления:

$$h_3 = h - h_m$$

где h_m , – высота места, м.

- Фактическая скорость потока затопления:

$$V_3 = V_{max} \times f \text{ [м/с]},$$

где f – параметр смещения, учитывающий смещение объекта от русла реки (0,3–1,3).

Поражающее действие волны затопления определяется ее скоростью (V_3) и высотой (h_3) затопления.

Например, кирпичные жилые дома получают

- слабые разрушения при ($V_3 = 1,5$ м/с и $h_3 = 2,5$ м);
- средние (2,5 м/с, 4 м);
- сильные повреждения (3 м/с, 6 м).

Действия населения при затоплении

Самым эффективным способом защиты от наводнений является эвакуация. Перед эвакуацией для сохранности своего дома следует отключить воду, газ, электричество, потушить горящие печи отопления, перенести на верхние этажи (чердаки) ценные вещи, закрыть окна первых этажей досками и фанерой, взять запас продуктов, медикаменты, документы и убыть по указанному маршруту.

При внезапном наводнении надо срочно покинуть дом и занять ближайшее безопасное возвышенное место, вывесив сигнальное белое или цветное полотнище. После спада воды при возвращении домой необходимо соблюдать меры безопасности: не соприкасаться с электропроводкой; не использовать продукты питания, попавшие в воду. При входе в дом провести проветривание, запрещается включение газа и электричества.

ЧС БИОЛОГИЧЕСКОГО ХАРАКТЕРА

Зоной биологического заражения называют территорию, в пределах которой возможно заражение людей инфекционными болезнями.

Возбудителями инфекционных заболеваний являются болезнетворные (патогенные) микроорганизмы (или их токсины – яды), носителями которых могут быть насекомые, животные, человек, среда обитания и бактериологическое оружие. Перечень и характеристика некоторых инфекционных заболеваний показаны в таблице 56.

Возбудители наиболее опасных инфекций обладают рядом специфических особенностей:

- эпидемичностью, т. е. возможностью массового заболевания людей на значительной территории в короткое время;
- высокой токсичностью, т. е. мощностью поражающего действия, которая превышает токсичность современных ОВ. Например, в 1 см³ суспензии вируса пситтакоза содержится 20 млрд. заражающих доз для человека;
- контагиозностью, то есть способностью передаваться от человека к человеку, от животного к человеку;
- наличием инкубационного (скрытого) периода заболевания, достигающего (в зависимости от вида возбудителя) нескольких суток;
- возможностью консервации микроорганизмов, обеспечивающей сохранение их жизнеспособности в высушенном состоянии в течение нескольких лет;
- дальностью распространения инфекции;
- трудностью экспресс-индикации (обнаружения) возбудителя заболевания и определения его токсической дозы (время идентификации биологических средств (БС) составляет несколько часов);
- сильным психологическим действием на человека вследствие появления страха заболевания.

Т а б л и ц а 5 6

Характеристика инфекционных заболеваний

| <i>Наименование возбудителя, заболевания</i> | <i>Инфицирующая доза, ИД числ. микр/чел.</i> | <i>Инкубационный период, сут.</i> | <i>Время нетрудоспособн. сут.</i> | <i>Летальность, % (без лечения)</i> | <i>Симптомы заболевания</i> |
|--|--|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| | | | | | |

| | | | | | |
|--------------------------------------|--|---------------|----------|-------|--|
| Чума (бактерия) | 1-3 тыс. | 3-5 | 42-56 | 100 | Высокая температура, кашель, воспаление легких |
| Сибирская язва (бактерия) | 10-20 тыс. | 2-3 | до 30 | 100 | Воспаление легких, кожи, кишечника |
| Холера (бактерия) | - | 2-3 | 5-30 | 10-80 | Температура, понос, жажда |
| Эпидемический сыпной тиф (риккетсия) | - | 12-14 | 20-30 | 40 | Температура, боли во всем теле |
| Пситтакоз (вирус) | 2×10^9 ОД/см ³ | 7-15 | 8-60 | 10 | Светобоязнь, рвота |
| СПИД (вирус) | – | 3 мес.- 5 лет | годы | 65-70 | |
| Ботулизм (токсин) | $L_{ct50} = 0,1 \text{ мг} \cdot \text{мин м}^3$ | 0,5-2 | 2-6 мес. | 60-70 | Рвота, расстройство речи, дыхания |

Предупредительными мерами против распространения инфекционных болезней является комплекс противоэпидемических и санитарно-гигиенических мероприятий, раннее выявление больных и подозреваемых по заболеванию путем обхода домов, усиление медицинского наблюдения за инфицированными, их изоляция или госпитализация, санитарная обработка людей и дезинфекция помещений, местности, транспорта, обеззараживание пищевых отходов, сточных вод; санитарный надзор за режимом работы предприятий жизнеобеспечения, санитарно-просветительская работа. Эпидемиологическое благополучие обеспечивается совместными усилиями органов здравоохранения, санитарно-эпидемиологической службы и населения.

Действия населения

Защита от инфекционных заболеваний зависит от степени невосприимчивости населения к ним, которая достигается путем укрепления организма закаливанием и физкультурой, а также систематическим проведением предохранительных прививок. При появлении первых признаков инфекционного заболевания необходимо обратиться к врачу. Для предотвращения и ограничения распространения инфекционных заболеваний в эпидемическом очаге заражения проводятся **обсервация и карантин**. Для инфекционных заболеваний, не относящихся к группе особо опасных или высоко заразных болезней (туляремия, бруцеллез), применяют обсервацию.

Обсервация – это осуществление усиленного медицинского наблюдения; запрещение ввоза и вывоза людей и имущества из очага заражения; проведение экстренной профилактики антибиотиками (бактериальное средство № 1 (хлортетрациклин из АИ-2); проведение частичных изоляционно-ограничительных и противоэпидемических мероприятий. Продолжительность обсервации определяется продолжительностью инкубационного периода заболевания и заканчивается после завершения дезинфекции и санитарной обработки.

Карантинный режим вводят при возникновении заболеваний особо опасными инфекциями (чумой, холерой, оспой, сибирской язвой, тифом и т. д.). При этом предусматривается полная изоляция эпидемического очага заражения (с вооруженной охраной), организация постоянного медицинского наблюдения и специального снабжения населения. Продолжительность карантина с момента обнаружения возбудителя до момента изоляции последнего больного и завершения дезинфекции в очаге заражения.

Для предотвращения массовых инфекционных заболеваний население должно соблюдать правила личной гигиены, проводить обработку квартиры, лестничных маршей, ручек дверей дезинфицирующими растворами. Все продукты необходимо хранить в закрытой таре, воду и продукты перед употреблением подвергать тепловой обработке. При появлении первых признаков заболевания вызывать врача и изолировать больного.

ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ

Основными способами защиты населения являются: своевременное оповещение; мероприятия противорадиационной и противохимической защиты (ПР и ПХЗ); укрытие в защитных сооружениях; использование средств индивидуальной защиты и медицинской помощи; проведение эвакуационных мероприятий (рассредоточение, эвакуация и отселение населения из зон ЧС).

10.1. ОПОВЕЩЕНИЕ НАСЕЛЕНИЯ

В случае угрозы или возникновения ЧС федеральные и местные органы ГО ЧС осуществляют *оповещение* – передачу речевой информации с использованием городских сетей проводного, радио, телевизионного вещания и локальных средств. Перед передачей речевой информации будут включаться электросирены, различные сигнальные устройства, что означает подачу предварительного сигнала «Внимание всем!».

После этого сигнала в течение 5 мин должна последовать информация об угрозе ЧС (радиоактивном, химическом заражении, наводнении и др.), в которой будут даны практические рекомендации по действиям населения. Примерный вариант оповещения об угрозе радиоактивного заражения:

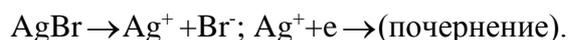
«Внимание всем! Говорит штаб ГО ЧС города. Граждане! Произошла авария на атомной электростанции. В городе через 2 часа ожидается выпадение радиоактивных осадков. Срочно загерметизируйте жилые помещения, создайте запасы воды, продовольствия и укройте их, проведите йодную профилактику, подготовьте ватно-марлевые повязки (респираторы, противогазы). Слушайте последующие сообщения».

10.2. МЕРОПРИЯТИЯ ПРОТИВОРАДИАЦИОННОЙ, ПРОТИВОХИМИЧЕСКОЙ, ПРОТИВОБАКТЕРИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ (ПР, ПХ И ПБЗ).

Противорадиационная, противохимическая и противобактериологическая защита – это комплекс мероприятий по предотвращению или ослаблению воздействия на людей ионизирующих излучений, ОВ, СДЯВ и БС. Она включает: выявление и оценку радиационной, химической и бактериологической обстановки; использование режимов радиационной защиты; организацию и проведение дозиметрического, химического и бактериологического контроля; использование населением средств индивидуальной и коллективной защиты; ликвидацию последствий радиоактивного, химического и бактериологического загрязнения.

Дозиметрический, химический, биологический контроль проводится силами разведывательных подразделений (группы, звенья), сотрудниками санэпидстанций и лабораторий с целью определения степени заражения (загрязнения) местности, технических средств, помещений, продуктов питания РВ, СДЯВ и БС; доз облучения людей. Приборы, предназначенные для обнаружения и измерения радиоактивных излучений, называют *дозиметрическими*. Работа этих приборов основана на различных методах: фотографическом, химическом, сцинтилляционном и ионизационном.

Фотографический метод основан на использовании воздействия радиоактивных излучений на бромистое серебро фотоэмульсии, которое распадается на серебро и бром, что обнаруживается при проявлении пленки по ее степени почернения:



Химический метод основан на способности радиоактивных излучений вызывать химические превращения. Появление новых веществ фиксируется индикаторами – реактивами, вызывающими окраску веществ. Интенсивность окраски пропорциональна дозе излучения. Например, при переводе нитратов в нитриты $\text{KNO}_3 \rightarrow \text{KNO}_2$ образующийся ион NO_2 с индикатором дает окраску, пропорциональную дозе излучения.

Сцинтилляционный метод основан на способности некоторых веществ (сернистый цинк с серебром; йодистый натрий с таллием и др.) давать вспышки (сцинтилляции) под действием радиоактивных излучений. Интенсивность вспышек пропорциональна мощности дозы. Наиболее распространенным методом дозиметрии является *ионизационный*, основанный на ионизации газовой среды (воздуха) и получении в электрическом поле направленного движения ионов (ионизационного тока). Величина ионизационного тока пропорциональна интенсивности излучения. Блок-схема дозиметрического прибора, основанного на ионизационном методе, показана на рис. 51.

Ионизирующее излучение производит ионизацию газовой среды в детекторе (ионизационная камера, газоразрядный счетчик), где образуется ионизационный ток (ИТ). В усилительном устройстве ИТ усиливается, в каскаде формирования импульсов происходит калибровка импульсов, одинаковых по форме и длительности. Интегратор формирует усредненное значение тока, пропорциональное частоте следования импульсов, которые измеряются на регистрирующем устройстве (микроамперметр, цифровой индикатор).



Основными методами обнаружения отравляющих, сильно действующих ядовитых веществ и биологических средств являются химический, биохимический, ионизационный и оптический.

Химический метод основан на химической реакции ядовитого вещества реактивом, после которой изменяется интенсивность окраски наполнителя индикаторной трубки (калориметрический вариант) или длина окрашенного столбика (линейно-калористический вариант).

Биохимический метод основан на реакции ядовитого вещества с индикаторным раствором из ферментов и регистрации степени изменения его окраски фотокалориметрической схемой.

Ионизационный метод основан на ионизации ядовитого вещества с помощью β -излучателя (Pm^{147}) и измерения силы ионизационного тока.

Оптический метод включает большую группу газоанализаторов, которые используют зависимость изменения одного из оптических свойств анализируемой вредной примеси в воздуха, таких как оптическая плотность (интерферометрический метод), спектральное поглощение (масс-спектрометрический метод).

Интерферометрический метод основан на измерении смещения интерференционной картины вследствие изменения состава исследуемого воздуха на пути следования одного из 2-х лучей. Величина смещения пропорциональна концентрации газов в детекторе прибора.

Т а б л и ц а 5 7

Основные характеристики приборов дозиметрического и химического контроля

| Назначение | Тип прибора, диапазон измерений | Метод измерения |
|---|---|-----------------|
| <i>Индикаторы-сигнализаторы</i> | | |
| Звуковая и цифровая индикация. Мощности дозы γ -излучения | ИРГ-01-А: 0,1-5 мкЗв/ч (10-500 мкР/ч) | Ионизационный |
| То же | «Белла»: 0,2-99 мкЗв/ч (20-9900 мкР/ч) | То же |
| <i>Дозиметры (для измерения мощности экспозиционной дозы) МЭД</i> | | |
| Измерение мощности дозы и световая сигнализация превышения порога γ -излучения | ИМД-21С (стационарный): 1-10 тыс. Р/ч | Ионизационный |
| Измерение МЭД γ -излучения | ДРГ-01Т: 0,01 мР/ч-9,99 Р/ч | То же |
| <i>Дозиметры для измерения индивидуальных доз облучения</i> | | |
| Измерение дозы γ -облучения | Комплект индивидуального фотоконтроля, ИФКУ-1: 0,05-2 Р | Фотографический |
| -«- | КИД-6, дозиметры Д-2, Д-500 (до 2 500 Р) | Ионизационный |

| | | |
|---|---|----------------------|
| Измерение доз γ -нейтронного излучения | ИД-11, 10-1500 рад. | Люминесцентный |
| Измерение дозы β - γ -облучения | ДП-24, дозиметр КП-50А: 0-50 Р | Ионизационный |
| Измерение дозы γ -нейтронного излучения | ДП-70:50-800 Р | Химический |
| <i>Приборы для измерения степени радиоактивного заражения поверхностей, пищи, воды (радиометры)</i> | | |
| Измерение мощности дозы γ -излучения | СРП-69-01: 0-3000 мкР/ч | Сцинтилляционный |
| Измерение объемной и удельной активности продуктов | РСК-08П: 10^4 - 10^7 Бк/кг | — |
| <i>Универсальные приборы (дозиметры-радиометры)</i> | | |
| Измерение МХЭД и степени радиационного загрязнения поверхностей, продуктов, воды | ДП-5А, Б: 0,05 мР/ч-200 Р/ч | Ионизационный |
| Измерение МЭД, плотности потока β -частиц, объемной активности | АНРИ-01 «Сосна»: 0,01-9,99 мР/ч 10-5000 част./мин.см ² 10^{-7} - 10^{-6} Ки/л ($3,7 \times 10^4$ - $3,7 \times 10^3$ Бк/л) | — |
| То же | ИРД-02Б1: 01-19.99 мкЗв/ч (10-1999 мкР/ч) 3-1999 част./мин. см ² 10^3 - 6×10^5 БК/л. кг ($2,7 \times 10^{-8}$ - $1,6 \times 10^{-5}$ Ки/л.кг) | — |
| <i>Приборы химического контроля</i> | | |
| Определение ОБ в воздухе, на поверхности | ВПХР – войсковой прибор хим. разведки V ^x ; $C_{\min} = 5 \times 10^{-6}$ мг/л фосген, HCN: C = 5×10^{-3} мг/л Иприт: C = 3×10^{-2} мг/л BZ C = 10^{-4} мг/л | Химический |
| Определение ОБ в СДЯВ в воздухе, на поверхности | ПГО-11 газоопределятель ОБ, аммиака, сероводорода, сернистого ангидрида, окиси углерода | Химический |
| Определение СДЯВ в воздухе | УГ-2,3 аммиак – до 30 Мг/м ³ . Сернистый ангидрид – до 30, хлор – 150, сероводород, ацетон, бензин, толуол, бензол, углекислый газ, спирт, скипидар, окислы азота, углеводороды | — |
| СДЯВ в воздухе | Инспектор «Кейс» мини-экспресс-лаборатория | — |
| Определение метана, двуокиси углерода в воздухе помещений, шахтах | ШИ-11: метан и двуокись углерода (0.1-6%) | Интерферометрический |
| Определение аэрозолей спецпримесей в воздухе | АСП; биологические аэрозоли | Биохимический |
| Определение СДЯВ в воздухе | УПГК – универсальный полуавтоматический прибор газового анализа на индикаторных трубках. Оснащен сигнализацией и цифровым табло | Химический |
| Определение СДЯВ в воздухе | Колион-1 определяет аммиак, ацетон, бензол, гидразин, ксилол, сероводород, бензин, этилмеркаптан. Диапазон 0-2000 мг/м ³ (по бензолу). Оснащен звуковой и световой сигнализацией | Фотоионизационный |
| Определение концентрации хлора в воздухе | Колион-701: диапазон 0-20 мг/м ³ | Электрохимический |

Фотоионизационный метод основан на ионизации молекул примесей излучением источника вакуумного ультрафиолета. Ионы перемещаются к электродам ионизационной камеры, формируя токовый сигнал, пропорциональный концентрации вещества.

Электрохимический метод основан на генерировании электрического тока под действием анализируемого вещества. Сила тока пропорциональна концентрации.

Основные характеристики приборов дозиметрического и химического контроля показаны в таблице

10.3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ И КОЛЛЕКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ В ЧС

Эффективная защита человека в чрезвычайных ситуациях достигается своевременным и грамотным использованием средств защиты.

Средства защиты подразделяются на индивидуальные (СИЗ), первой медицинской помощи (ПМП) и коллективные (КСЗ).

СИЗ по назначению подразделяются на средства защиты *органов дыхания, кожи и медицинские*. По принципу действия СИЗ бывают фильтрующие и изолирующие. В системе МЧС России используются следующие фильтрующие *средства защиты органов дыхания*.

Фильтрующие противогазы для взрослого населения ГП-5, ГП-5М, ГП-7, ГП-7В; детские противогазы ПДФ-Ш (школьный), ПДФ-Д (дошкольный), камера защитная детская КЗД (для грудных детей). Фильтрующие противогазы предназначены для защиты органов дыхания, глаз, кожи лица от воздействия ОВ, РВ, БС, СДЯВ и других вредных примесей в воздухе.

Принцип действия противогазов основан на явлении поглощения (адсорбции) газов и паров на шихте активированного угля катализатора и механической очистки воздуха от РВ, БС на противоаэрозольном фильтре (ПАФ). Шихта и ПАФ размещаются в фильтрующе-поглощающей коробке. Для избирательного поглощения некоторых СДЯВ в комплект противогазов включают ДПГ-1,3 (дополнительные патроны газовые).

Главными характеристиками фильтрующих противогазов являются:

- *защитная мощность* (θ) – время, в течение которого противогаз осуществляет эффективную защиту человека от вредных веществ

$$\theta = \frac{m \cdot 1000}{C \cdot V} [\text{мин}],$$

где m – количество ОВ, СДЯВ, поглощенное шихтой, г; C – концентрация, мг/л; V – объем воздуха, проходящий через коробку противогаза в минуту (принимают $V_{\text{ср}} = 30$ л/мин.).

- *коэффициент проскока* (K_n) – характеристика ПАФ

$$K_n = \frac{C_k}{C_o} \cdot 100\%,$$

где C_o – концентрация РВ, БС до фильтра, (в воздухе), мг/л; C_k – концентрация РВ, БС в подмасочном пространстве, мг/л;

Таблица 58

Время защитного действия противогазов ГП-7В, ДПГ-1(3), мин.

| № п/п | СДЯВ | С мг/л | ГП-7(В) | ГП-7(В) ДПГ-1 | ГП-7(В) ДПГ-3 |
|----------|--------------------|--------|---------|---------------|---------------|
| 1 | Аммиак | 5 | - | 30 | 60 |
| 2 | Хлор | 5 | 40 | 80 | 100 |
| 3 | Сероводород | 10 | 25 | 50 | 50 |
| 4 | Двуокись азота | 1 | - | 30 | - |
| 5 | Тетраэтил-свинец | 2 | 50 | 500 | 500 |
| 6 | Окись этилена | 1 | - | 25 | - |
| 7 | Окись углерода | 3 | - | 40 | - |
| 8 | Фенол | 0,2 | 200 | 800 | 800 |
| 9 | Фурфурол | 1,5 | 30 | 400 | 400 |
| 10 | Сероуглерод | 5 | 40 | 40 | 40 |
| 11 | Сернистый ангидрид | 2 | 60 | 60 | 60 |

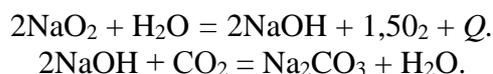
Примечание: 1. Детские противогазы обеспечивают защиту в 2 раза выше, чем ГП-7. 2. Защитный эффект противогазов по внутреннему радиоактивному облучению составляет: для ГП-5 ($K_3 = 2-10$), для респиратора ($K_3 = 10$); для ГП-7 ($K_3 = 1000$). 3. Противогазы, укомплектованные коробками ГП-7К, обеспечивают защиту от радионуклидов йода и его органических соединений. 4. Защита по синильной кислоте, фосгену – десятки часов. 5. Коэффициент проскока противогаза $K_p = 10^{-4}\%$.

Характеристики фильтрующих противогазов ГП-7В и патронов ДПГ-1(3) представлены в таблице 58. Для защиты органов дыхания от радиоактивной, грунтовой пыли и бактериальных аэрозолей применяют респираторы ШБ-1 («лепесток») разового действия, Р-2, Р-3. Респиратор Р-3 частично защищает от ОВ. Коэффициент проскока респираторов $K_n = 0,1\%$.

Для защиты органов дыхания рабочих и служащих предприятий, производящих СДЯВ (при возникновении ЧС), применяются промышленные противогазы и противогазовые респираторы (РПГ). Основные характеристики этих средств защиты органов дыхания представлены в таблице 59.

Изолирующие средства защиты органов дыхания предназначены для работы в атмосфере недостатка кислорода, при высоких концентрациях СДЯВ в воздухе и под водой на малых глубинах. Различают изолирующие противогазы с химически связанным кислородом (ИП-4, ИП-6) и на основе сжатого кислорода (КИП-8). ИП-4, ИП-6 комплектуются регенеративным патроном, дыхательным мешком и шлем-маской.

В регенеративном патроне (РП) находится надперекись натрия (NaO_2). Реакции поглощения углекислого газа и выделения кислорода в РП:



Время защитного действия изолирующих противогазов зависит от интенсивности работы человека и составляет 40-300 мин.

На объектах повышенной опасности (шахты) применяют портативные дыхательные устройства ПДУ-1,2 ($Q = 15$ мин.), предназначенные для экстренного спасения человека.

Изолирующие противогазы на основе сжатого кислорода основаны на отдельной подаче кислорода из баллона и поглощения углекислого газа в патроне с хим-поглотителем $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Таблица 59

СИЗ органов дыхания

| СДЯВ | Фильтрующий прибор | | Время защитного действия при 15 ПДК (мин.) |
|--------------------|--------------------|-------------|--|
| | респираторы | противогазы | |
| Аммиак | РПГ-67-КД | - | 4 |
| | РУ-60М-КД | - | 2 |
| | - | КД с/ф | 12 |
| | - | КД б/ф | 25 |
| Дихлорэтан | РПГ-67-А | - | 40 |
| | РУ-60М-А | - | 40 |
| | - | А с/ф | 100 |
| | - | А б/ф | 250 |
| Синильная кислота | - | В с/ф | 200 |
| | - | БКФ | 300 |
| Окислы азота | - | В с/ф | 5 |
| | - | В б/ф | 10 |
| Пары ртути | РПГ-67Г | - | 25 |
| | РУ-60М-Г | - | 15 |
| | - | Г с/ф | 80 |
| | - | Г б/ф | 100 |
| Сернистый ангидрид | РПГ-67-В | - | 15 |
| | РУ-60М-В | - | 6 |
| | - | В с/ф | 30 |
| | - | В б/ф | 60 |
| Фосген | - | В с/ф | 1500 |
| | - | В б/ф | 2500 |
| Хлор | - | В с/ф | 200 |
| | - | В б/ф | 400 |

| | | | |
|----------------|---|-------|-----------------|
| | - | БКФ | 400 |
| | - | Е с/ф | 400 |
| | - | Г с/ф | 150 |
| Окись углерода | - | СО | 150, С = 6 мг/л |

Средства защиты кожи в зависимости от назначения подразделяются на общебойковые и специальные. Общебойковые средства защиты кожи (легкий защитный костюм Л-1, общебойковой защитный комплект ОЗК) предназначены для защиты паров ОВ и СДЯВ.

Специальные виды защитной одежды (T_k , P_z , \mathcal{E}_c , $Y_{ж}$, K_k , B_m и др.) предназначены для защиты персонала соответственно от высоких температур, радиоактивного загрязнения, электростатических полей, ядовитых жидкостей, растворов кислот, патогенных микроорганизмов).

К *медицинским средствам* индивидуальной защиты относятся аптечка индивидуальная (АИ-2), индивидуальный противохимический пакет ИПП-8,10 и пакет перевязочный индивидуальный (ПП).

АИ-2 – предназначена для оказания самопомощи при ранениях, ожогах (обезболивание), профилактики или ослабления поражения РВ, БС, ОВ, СДЯВ и содержит:

- шприц-тюбик с противоболевым средством (промедол) используется для профилактики шока при переломах, ранениях, ожогах (гнездо № 1);
- пенал красного цвета с *тореном* – антидотом от нервно-паралитических ОВ. Его используют при опасности поражения и при поражении (гнездо № 2);
- пенал без окраски с противобактериальным средством № 2 (*сульфадиметоксин*). Его используют через двое суток после облучения и при желудочно-кишечных расстройствах (гнездо № 3);
- радиозащитное средство № 1 в пенале розового цвета (*цистамин*) применяют при угрозе облучения (гнездо № 4);
- два пенала без окраски с противобактериальным средством № 1 (*хлортетрациклин*). Его применяют при угрозе бактериального заражения и для предупреждения инфекций при ранениях и ожогах (гнездо № 5);
- белый пенал с радиозащитным средством № 2 (*йодистый калий*) (гнездо № 6). Его применяют до или после выпадения радиоактивных осадков в пределах 10 дней – по 1 таблетке в день);
- противорвотное средство (*этаперазин*) применяют при появлении первичной реакции на облучение и при тошноте после травмы головы;
- противоядия на раздражающие СДЯВ (фицилин) и транквилизатор – трифтазин против психохимических ОВ располагают в резервном гнезде аптечки.

ИПП-8 – предназначен для обеззараживания капельножидких ОВ на коже и одежде. Во флаконе содержится полидегазирующая жидкость (*хлорирующе-окисляющая*).

ИПП-10 содержит полидегазирующую жидкость на основе аминспиртов.

Коллективные средства защиты (защитные сооружения) предназначены для защиты населения от всех поражающих факторов ЧС (высоких температур, вредных газов при пожарах, взрывоопасных, радиоактивных, сильнодействующих ядовитых и отравляющих веществ, ударной волны, проникающей радиации и светового излучения ядерного взрыва).

Защитные сооружения в зависимости от защитных свойств подразделяются на убежища и противорадиационные укрытия. Защитные сооружения характеризуются:

- защитными свойствами по избыточному давлению в фронте воздушной ударной волны (5 классов, $\Delta P_{\phi} = 5,0-500$ кПа);
- коэффициентом защищенности по ионизирующему излучению (внешнее облучение)

$$K_{защ} = 2 \frac{h}{d_{1/2}},$$

где h – толщина защитного экрана (стен) сооружения – см; $d_{1/2}$ – слой половинного ослабления материала, см.

В зависимости от места расположения защитного сооружения изменяется $K_{защ}$. Например, на территории радиационно-опасного объекта строятся защитные сооружения с $K_{защ} = 5000$, в пределах 3-7 км от РОО $K_{защ} = 3000-1000$.

- коэффициентом снижения дозы внутреннего облучения (K_{∂}). $K_{\partial} = 2 - 100$. Например, при $R = 30$ км от РОО, $K_{защ} = 500$, при $K = 2$, $D_{обл} = 10$ бэр, $K = 100$, $D_{обл} = 1$ бэр.

Схема вентиляции стандартного убежища с фильтро-вентиляционным комплектом №2 (К-2) показана на рис. 52.

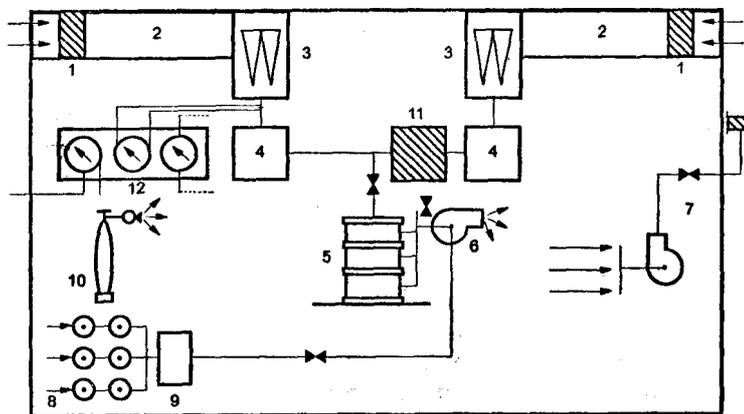


Рис. 52

Схема вентиляции убежища с ФВК-2

1 – противозрывное устройство (ПВУ); 2 – расширительная камера; 3 – масляный фильтр; 4 – предфильтр ПФП-1000; 5 – ФПУ-200; 6 – В – 600/300; 7 – вытяжная вентиляция; 8 – регенерационные патроны с ХПИ; 9 – теплоемкий фильтр; 10 – баллон с кислородом; 11 – ФГ-70; 12 – контрольно-измерительные приборы.

Убежище состоит из основных (помещения для укрываемых, пункты управления и медицинские пункты) и вспомогательных (фильтровентиляционные блоки, санузлы, дизель-электростанции, помещения для регенерационной установки и др.) помещений.

Убежища работают в трех режимах:

I – режим чистой вентиляции (очистка воздуха от пыли);

II – режим фильтровентиляции (очистка воздуха от РВ, ОВ, СДЯВ, бактериальных аэрозолей);

III – режим полной изоляции, применяются при появлении облака СДЯВ (NH₃), РВ, пожаре.

Основные характеристики убежища представлены в таблице 60. Для контроля условий обитания в помещениях убежища могут использоваться ряд приборов:

- термометр;
- психрометр Ассмана;
- дозиметр ДРГ-01Т;
- ГМУ-2 или ПГА-ДУ (на углекислый газ);
- люксметр; УГ-2, 3 (для вредных примесей);
- ВПХР (для отравляющих веществ).

Таблица 60

Характеристика убежища с ФВК-2

| Характеристика (СНиП-II-11-90. Защитные сооружения ГО) | Нормированный показатель |
|--|---|
| Площадь на одного укрываемого (2-ярусное расположение) | $S = 0,5 \text{ м}^2/\text{чел.}$ |
| Объем (внутренний) на одного укрываемого | $V > 1,5 \text{ м}^3/\text{чел.}$ |
| Высота помещений | $h > 2,2\text{м}, h = \frac{W}{S_{\text{ном}}}$ |
| Освещенность: | |
| - помещения для укрываемых | 30 лк |
| - пункт управления | 50 лк |
| - коридор, санузел | 10 лк |
| Содержание кислорода | $\text{CO}_2 > 17\% \text{ объема}$ |
| Содержание угарного газа | $\text{C}_{\text{co}} < 30 \text{ мг/м}^3$ |
| Содержание углекислого газа | $\text{C} < 1,5\text{-}2\% \text{ об.}$ |
| Влажность воздуха | $\varphi < 80\%$ |
| Температура воздуха | $t_{\text{в}} < 23^\circ\text{C}$ |
| Уровень радиации | $p < 33 \text{ мкР/ч}$ |
| Объем подаваемого воздуха на I режиме | $V_1 = 8\text{-}20 \text{ м}^3/\text{ч. чел.}$ |
| Объем подаваемого воздуха на II режиме | $V_2 = 2\text{-}8,0 \text{ м}^3/\text{ч. чел.}$ |

| | |
|--|--|
| Время безопасного пребывания людей в III режиме (до включения системы регенерации РУ-150/6 или УР-300) | $T = \frac{10C_{CO_2} \cdot W}{B \cdot N} \text{ (час.)},$ где: W – объем убежища, м ³ ; N –число укрываемых, чел. |
| Количество углекислого газа, выдыхаемого 1 человеком | $B = 15-20 \text{ л/ч}$ |
| Кратность воздухообмена в помещении объемом W , м ³ | $K = \frac{Q}{W},$ Q –производительность ФВУ, м ³ /ч |
| Подпор (избыточное давление) в убежище | $\Delta P = 10K^{1.6} \text{ (кг/м}^2\text{)}$ $\Delta P = 10-30 \text{ кг/м}^2 \text{ (мм вод.ст.)}$ |

10.4. ПРОВЕДЕНИЕ ЭВАКОМЕРОПРИЯТИЙ

В целях заблаговременного вывода (вывоза) населения из районов (зон) стихийных бедствий и ЧС техногенного характера в качестве способа защиты населения осуществляются эвакуационные мероприятия. Эвакуация организуется начальником ГО ЧС объекта экономики, штабом и председателем эвакокомиссии. Она проводится в кратчайшие сроки после оповещения населения по СМИ. При угрозе возникновения ЧС (заражения) проводится *упреждающая* эвакуация за пределы прогнозируемых районов заражения. Упреждающая эвакуация осуществляется по территориально-производственному принципу.

При возникновении ЧС проводится *экстренная* эвакуация, по территориальному признаку, т. е. эвакуация от мест проживания или нахождения людей.

В зависимости от масштабов ЧС разделяют *локальную* и *местную* эвакуации. По объему эвакомероприятий эвакуацию разделяют на *общую* (эвакуация всех людей из данного района) и *частичную* эвакуацию (эвакуация женщин, детей).

При долговременном радиоактивном загрязнении и значениях плотности загрязнения выше 40 Ки/км² ($D_{эфф} > 50 \text{ м}^3 \text{ в год}$) производится плановое *отселение* людей.

Уходя из дома при эвакуации, необходимо взять с собой: СИЗ, комплект одежды и обуви по сезону, запас продуктов на два дня, документы, деньги, аптечку с необходимыми лекарствами. Упакованные вещи сложить в сумку и указать на бирке адрес и фамилию владельца. Выключить газ, воду, освещение и следовать к месту посадки в транспорт. Команду на эвакуацию дают штабы ГО ЧС города.

10.5. ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ СПАСАТЕЛЬНЫХ И ДРУГИХ НЕОТЛОЖНЫХ РАБОТ (СИДНР)

Проведение СидНР в зонах ЧС является одной из основных задач системы ГО ЧС.

Целью проведения СидНР является спасение людей и оказание медицинской помощи пораженным, локализация аварий и устранение повреждений, создание условий для проведения восстановительных работ на объекте экономики.

Спасательные работы в зоне ЧС включают разведку маршрутов движения формирований ГО и участков работ; локализацию и тушение пожаров; розыск пораженных и извлечение их из завалов, поврежденных и горящих зданий, загазованных и задымленных помещений; вскрытие разрушенных, поврежденных защитных сооружений и спасение людей; подачу воздуха в поврежденные и заваленные ЗС; оказание первой медицинской помощи пораженным и эвакуацию их в лечебные учреждения; вывод (вывоз) населения из зон ЧС; санитарную обработку людей; дегазацию, дезактивацию, дезинфекцию территории, техники и одежды.

Другие *неотложные работы* обычно включают прокладку колонных путей и устройство проездов в завалах и зараженных участках; локализацию аварий на газовых, энергетических, водопроводных, канализационных, технологических сетях; укрепление или обрушение конструкций зданий и сооружений, угрожающих обвалом.

СидНР проводятся непрерывно, днем и ночью, в любую погоду до полного их завершения. Для организованного проведения СидНР в зонах ЧС решением начальника ГО ЧС создается группировка сил и средств (объектовые, территориальные формирования, воинские части ГО ЧС). При ЧС

федерального масштаба в работу включается аэромобильный спасательный отряд МЧС России.

Технические средства для ведения СидНР:

- машины для *вскрытия подвалов*, защитных сооружений (экскаваторы, бульдозеры, краны, домкраты, лебедки);
- *пневматический инструмент* для проделывания отверстий и подачи воздуха (универсальные инструменты «Простор», «Спрут»; бурильные установки, отбойные молотки);
- оборудование для резки металлов (керосинорезки, автогенные аппараты, суперножницы «Технезис» и др.);
- средства обеспечения переправки техники по бездорожью (механизированные мосты, тягачи-трейлеры, самоходные гусеничные паромы, понтоны и др.);
- средства обеспечения водой (бурильные установки фильтровальные станции и т. д.);
- средства поиска людей (кинологи с собаками, тепlopеленгаторы).

Наряду с использованием техники и машин повышению эффективности СидНР способствуют: прогнозирование, оценка обстановки, разведка зоны ЧС, выработка алгоритма поведения спасателей, знание особенностей вероятных участков работ.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОВЕДЕНИЯ СИДНР

Технология выполнения СидНР зависит от характера разрушений зданий и сооружений, коммунально-энергетических сетей и радиационно-химического заражения территории.

1) В *первую очередь* проводятся работы по устройству *проходов и проездов* к разрушенным зданиям, ЗС, где находятся люди. Ширина одностороннего проезда 3-3,5 м, двухстороннего – 6-6,5 м с разездами на расстоянии 200 м. Устройство проходов осуществляют формирования (отряды) механизации работ, за ними двигаются пожарные машины для локализации и тушения пожаров.

2) *Поиск и спасение* людей начинаются сразу после ввода спасательных групп. Поиск людей осуществляется визуально, с привлечением кинологов, приборов, опросом очевидцев. Группы устанавливают связь с пострадавшими. Деблокирование производится разными способами: устройством лазов, разборкой завалов и др. Затем подаются воздух, вода, пища.

3) *Вскрытие убежищ*, подвалов производится путем вырезки стен, перекрытий, проходов к аварийным выходам. Нельзя сразу резко поднимать плиты, обломки зданий. Сначала приподнимается плита на 1-2 см, передается раствор глюкозы пострадавшему, а после этого начинается работа по извлечению людей.

4) *Вывос пораженных людей* осуществляется на руках, плащах, брезенте, одеялах, волоком и с помощью носилок. После оказания первой медицинской помощи; людей эвакуируют. Эффективность спасательных работ зависит от времени спасения. Например, при землетрясении каждый час умирает 50 человек. Кроме того, не обходимо продолжать работы до 2-х недель. В Спитаке находили живых людей на 11-12-е сутки. В шахтах спасение людей идет до тех пор, пока не найдут последнего погибшего. После чего, если пожар не ликвидирован, шахту затопляют. Локализация зоны ЧС проводится успешно, если у личного состава формирований имеется тяжелая техника для подъема конструкций, переносные резаки, фонари освещения, капроновые тросы с титановыми карабинами.

5) К другим неотложным работам относят *ремонт коммунально-энергетических и технологических сетей*. Поврежденные системы *теплоснабжения* отключаются от внешней сети задвижками на вводах в здания и в тепло-центрах. Очень важно отключение газовых сетей на любых магистралях за пределами и внутри зданий. Трещины на трубах обматываются брезентом (листовой резиной) и зажимаются хомутами. При этом все работы ведутся в изолирующих противогазах. На электросетях устранение повреждений производится после обесточивания и заземления системы. Аварийные работы на *технологических* сетях производятся после отключения насосов и перекрытия трубопроводов. Неисправности на канализационных сетях устраняются отключением поврежденных участков и отводом сточных вод. Обрушение конструкций зданий и сооружений, угрожающих обвалом, осуществляется с помощью лебедки и троса, трактором или взрывным способом. Длина троса должна составлять не менее двух высот обрушиваемой конструкции.

10.6. СПЕЦИАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА МЕСТНОСТИ, СООРУЖЕНИЙ, ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ И САНИТАРНАЯ ОБРАБОТКА ЛЮДЕЙ

Одним из важнейших мероприятий по ликвидации последствий ЧС является специальная обработка

местности, сооружений и технических средств, которая включает дезактивацию, дегазацию, дезинфекцию, демеркуризацию и т. д.

Дезактивация – удаление радиоактивных веществ с загрязненных поверхностей с целью исключения радиоактивного облучения людей. В зависимости от вида и характера поверхности применяют механические или физико-химические способы дезактивации, эффективность которой оценивается коэффициентом K_d :

$$K_d = \frac{A_n(P_n)}{A_k(P_k)},$$

где $A_n(P_n)$ – активность (уровень радиации) на поверхности до дезактивации, Ки/м² (МР/ч); $A_k(P_k)$ – активность (уровень радиации) на поверхности после проведения дезактивации.

Отношение P_k/P_n – иногда называют коэффициентом снижения мощности дозы (K_c).

Механические способы дезактивации применяют для различных грунтов и включают: сметание ($K_d = 15$), срезание грунта ($K_d = 25$), вспашка ($K_d = 7$), засыпание (покрытие) $K_d = 20$.

Для бетона, дерева используют способ вакуумирования, соскабливания ($K_d = 5-10$). Наиболее эффективными и часто применяемыми *физико-химическими* способами являются: *водоструйный* – для стен зданий, резервуаров ($K_d = 17-67$). Скорость струи 20-25 м/с, температура до 80°C, расход воды 30-40 л/м; *паровой* – для жаростойких поверхностей ($K_d \gg 40$). Давление пара 0,15 МПа (1,5 атм.). Ржавые и окрашенные поверхности можно обрабатывать *гидроабразивным*, способом (вода + абразив-карбид бора, песок), под $P = 7$ МПа ($K_d = 200$); оборудование сложной конфигурации дезактивируется путем растирания щетками растворов щелочей и кислот с последующим смывом водой ($K_d = 50$). Для предотвращения и профилактики радиоактивного заражения поверхностей используют способ предварительного нанесения полимерной пленки, поверхностно активного вещества и комплексообразователя. Пленка затвердевает через 2-3 ч. Дезактивация при этом способе – снятие пленки ($K_d =$ до 200). Пленкообразователь – поливиниловый спирт с добавкой щелочи. При использовании дезактивирующих пленок возможна сухая дезактивация, т. е. удаление пленки производится механическим способом (воздух).

Применяют так называемые локализирующие пленки, которые наносят на поверхность с целью фиксации и предотвращения распространения РН, т. е. для предупреждения вторичного загрязнения. В качестве пылеподавляющих пленок используют керамзит с солями неорганических кислот, нефтяной шлак; сульфитно-спиртовую барду с хлористым кальцием и семенами многолетних трав; синтетические смолы, композиции на основе ПВА и др.

Наиболее эффективным и нетрудоемким способом дезактивации является обработка поверхности 1 % водным раствором поверхностного активного вещества ПАВ (сульфанол), комплексообразователя (гексаметафосфат натрия), щавелевой кислоты (антикор) и активных добавок (отбеливатель и др.). Препарат имеет шифр СФ-ЗК. Механизм дезактивации следующий: сульфанол уменьшает поверхностное натяжение воды и улучшает смачиваемость поверхности; комплексообразователь образует с РН комплексы, растворимые в воде; щавелевая кислота растворяет ржавчину (где особенно много РН). Активные добавки придают устойчивость раствору и снижают его расход. Затем РН удаляются с поверхности струей воды. Расход СФ-ЗК составляет 2-3 л/м². $K_d = 100$.

Дегазация – процесс удаления или нейтрализации СДЯВ, ОВ с территории, объектов экономики, технических средств с целью недопущения поражения людей. Для нейтрализации опасных химических веществ, находящихся в газообразном состоянии (хлор, аммиак, сероводород, фосген), устанавливаются водяные завесы на пути движения облака СДЯВ.

Удаление СДЯВ и ОВ может производиться *механическим* способом (срезанием, засыпкой грунта) и *физическим* способом (обработкой поверхности раствором ПАВ). Нейтрализация (разрушение) СДЯВ и ОВ осуществляется *химическим* способом (10% водный раствор щелочи NaOH нейтрализует окислы азота, сернистый ангидрид, хлор, фосген; 10% раствор гипохлорида кальция – синильную кислоту, иприт, гидразины; аммиак нейтрализуется водой, щелочью; фосген – 25% раствором аммиачной воды).

Для нейтрализации СДЯВ на одежде, снаряжении используются *физико-химические способы* (кипячение и обработка паром). Эффективность нейтрализации СДЯВ и ОВ оценивается *полнотой дегазации*.

Дезинфекция – процесс уничтожения и удаления возбудителей инфекционных болезней человека и животных во внешней среде. Дезинфекция осуществляется *физическим* (очисткой, смывом водой с ПАВ), *химическим* (раствором хлорной извести, обработкой формалином, перекисью водорода и т. д.),

физико-химическим (кипячением и обработкой паром) и *биологическим* (бактокумарином – смесью химических веществ с микроорганизмами, вызывающими болезни грызунов) способами.

Дезинсекция – процесс уничтожения насекомых, с/х вредителей, осуществляемый физическими, химическими и биологическими способами.

Дератизация – профилактические и истребительные мероприятия по уничтожению грызунов с целью предотвращения разноса инфекционных заболеваний.

Демеркуризация – удаление ртути и ее соединений физико-химическими или механическими способами с целью исключения отравления людей и животных.

МЕТОДИКА ДЕМЕРКУРИЗАЦИИ РАЗЛИВА РТУТИ

- 1) Сбор капель ртути механическим способом.
- 2) Обработка пола с помощью щеток, смоченных водными растворами: а) 20% хлорного железа, 2% марганцовокислого калия, подкисленного соляной кислотой (5 см³ на 1 л раствора); б) 4% раствором дихлорамина Б (С₆Н₅ – Со₂NC_l₂). Контакт раствора с поверхностью – 1 сутки, расход 0,5 л/м².
- 3) Обработка поверхности горячим мыльно-содовым раствором (400 г мыла, 500 г соды на 10 л воды).
- 4) Озонирование помещения.
- 5) Вентиляция помещения горячим воздухом.

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА СПЕЦИАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ

В зависимости от способов спецобработки местности и сооружений используются следующие технические средства:

- специальные (экстракционные полевые автостанции ЭПАС, тепловые машины спец. обработки ТМС-65, дегазационные комплекты ДК-4, АДК; авторазливочные станции АРС-14, автодегазаторы горячим воздухом и паром, механизированные прачечные);
- многоцелевые (поливочные, уборочные машины ПМ; бульдозеры, скреперы, снегоочистители, земснаряды, пожарные машины, стиральные машины, распыляющие устройства и др.);
- обычные (технические средства коммунального хозяйства).

САНИТАРНАЯ ОБРАБОТКА

Проводится механическая очистка и обеззараживание одежды и обуви, а также кожных покровов людей, пораженных в результате загрязнения РВ, СДЯВ и бактериальными веществами.

Существует способ предотвращения заражения РН, СДЯВ с помощью порошкообразных препаратов (тальк, силикагель), мазей и паст. При дезактивации эффективность до $K_0 = 35$. При загрязнении одежды и кожных покровов возникает необходимость санитарной обработки всего человека, которая может быть частичной и полной. При загрязнении РН частичная санобработка заключается в вытряхивании одежды и протирании открытых участков тела водой. При заражении СДЯВ, ОВ и бактериальными средствами для частичной санобработки применяют индивидуальные противохимические пакеты ИПП-8,9,10.

Полная санитарная обработка проводится на специальных развешиваемых обмывочных пунктах, площадках (ПУСО).

УСТОЙЧИВОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ЭКОНОМИКИ

*Все чередой идет определенной,
Всему пора, всему свой миг...*

А. П у ш к и н

Обеспечение устойчивой работы объектов экономики (ОЭ) в условиях ЧС мирного и военного времени является одной из основных задач российской системы предупреждения и действий в ЧС (РС ЧС).

Под *устойчивостью функционирования* объекта экономики или другой структуры понимают способность их в чрезвычайных ситуациях противостоять воздействию поражающих факторов с целью поддержания выпуска продукции в запланированном объеме и номенклатуре; предотвращения или ограничения угрозы жизни и здоровья персонала, населения и материального ущерба, а также

обеспечения восстановления нарушенного производства в минимально короткие сроки. На устойчивость работы ОЭ в ЧС влияют следующие факторы:

- надежность защиты персонала;
- способность противостоять поражающим факторам основных производственных фондов (ОПФ);
- технологического оборудования (ТО), систем энергообеспечения, материально-технического обеспечения и сбыта;
- подготовленность к ведению спасательных и других неотложных работ (СиДНР) и работ по восстановлению производства, а также надежность и непрерывность управления.

Перечисленные факторы определяют и основные требования к устойчивому функционированию ОЭ и изложены в Нормах проектирования инженерно-технических мероприятий (ИТМ-ГО).

Оценка устойчивости ОЭ к воздействию поражающих факторов различных ЧС заключается в:

- в выявлении наиболее вероятных ЧС в данном районе;
- анализе и оценке поражающих факторов ЧС;
- определении характеристик объекта экономики и его элементов;
- определении максимальных значений поражающих параметров;
- определении основных мероприятий по повышению устойчивости работы ОЭ (целесообразное повышение предела устойчивости).

Все данные по производству и поражающим факторам ЧС должны быть занесены в «Декларацию по безопасности промышленного объекта».

Главным критерием устойчивости является *предел устойчивости ОЭ* к параметрам поражающих факторов ЧС, а именно:

- механическим поражающим параметрам – ΔP_{ϕ} (ударная волна, кПа), $h_{в.н.}$ (высота волны прорыва, м), J_3 (интенсивность землетрясения, баллы);
- тепловому (световому) излучению – U_T (тепловой импульс, приводящий к воспламенению, ожогу, кДж/м²);
- химическому заражению (поражению) – $D_{пор}$ (поражающая токсическая доза, мг.мин/л);
- радиоактивному заражению (облучению) – P_{lim} (допустимый уровень радиации, при котором можно работать, рад/час.) – $D_{доп.}$ (допустимая доза облучения Зв, бэр);
- морально-психологической устойчивости общества (время адаптации – T_A и коэффициент психоэмоциональной устойчивости – $K_{уст.}$).

Определение наиболее вероятных ЧС производится исходя из типа ОЭ, характера технологического процесса и особенностей географического района. Например, для целлюлозно-бумажного комбината возможно воздействие взрыва, химического заражения, пожара, наводнения (при расположении на реке), землетрясения (при расположении в сейсморайоне).

Максимальные параметры поражающих факторов задаются штабами ГО ЧС или определяются расчетным путем.

При отсутствии этих данных принимаются следующие значения $\Delta P_{\phi} = 10, 20, 30, 40$ кПа; $J_3 = V, VI, VII, VIII, IX$ баллов; $h_{в.н.} = 3; 6; 7$ м, вызывающие слабые, средние, сильные разрушения зданий предприятий химического, нефтеперерабатывающего и лесопромышленного комплекса.

Оценка степени устойчивости к воздействию *механических поражающих факторов* ($\Delta P_{\phi}, J, h_{в.н.}$) заключается: в уточнении предела устойчивости каждого элемента (по min значению диапазона давлений, вызывающих средние разрушения, $\Delta P_3 = \Delta P_{ср.р}^{min}$) цеха (по min пределу, входящих в его состав элементов $\Delta P_{ц} = \Delta P_3^{min}$); объекта в целом (по min пределу устойчивости, входящих в его состав цехов, систем $\Delta P_{оэ} = \Delta P_3^{min}$).

Заключение об устойчивости объекта к механическим поражающим факторам делается путем *сопоставления* найденного предела устойчивости объекта $\Delta P_{оэ}^{lim}$ с ожидаемым ΔP_{ϕ}^{max} . Если $\Delta P_{оэ}^{lim} \geq \Delta P_{\phi}^{max}$, то объект устойчив, если $\Delta P_{оэ}^{lim} < \Delta P_{\phi}^{max}$ – не устойчив.

Предел устойчивости объекта необходимо повышать до ΔP_{ϕ}^{min} , если для восстановления объекта потребуется повысить пределы устойчивости небольшого числа элементов.

Пример. В результате взрыва цистерны с бензином на расстоянии 300 м в районе цеха $\Delta P_{\phi}^{max} = 30$ кПа. Средние разрушения здания цех получит при $\Delta P_{ср.р.} = 20... 30$ кПа. Предел устойчивости здания $\Delta P^{lim} = 20$ кПа.

Предел устойчивости здания цеха 20 кПа, электроснабжения – 15 кПа, технологического оборудования – 40 кПа. Значит, $\Delta P_{цеха} = 15$ кПа. На объекте три цеха с $\Delta P_1^{lim} = 15$ кПа, $\Delta P_2^{lim} = 25$ кПа, $\Delta P_3^{lim} = 30$ кПа. Предел устойчивости объекта экономики $\Delta P_{оэ}^{lim} = 15$ кПа, $\Delta P_{оэ}^{lim} < \Delta P_{\phi}^{max}$. Объект

неустойчив к ударной волне.

Оценка устойчивости объекта к *тепловому (световому) излучению* заключается в определении:

- максимального теплового импульса (U_m^{\max}), ожидаемого на объекте (на расстоянии, где ΔP_{ϕ}^{\max});
- степени (I-V) огнестойкости зданий и сооружений, зависящей от температуры возгорания элементов конструкций $t_{\text{возг.}}$;
- категории пожарной опасности производства (А-Д) в выявлении сгораемых элементов (материалов) зданий, веществ;
- значений тепловых импульсов, при которых происходит воспламенение материалов ($U_{T \text{ воспл.}}$);
- предела устойчивости здания к тепловому излучению и сопоставления с ожидаемым максимальным тепловым импульсом.

Пределом устойчивости ОЭ к воздействию *теплового излучения* считают \min величину теплового (светового) импульса, при котором происходит воспламенение горючих материалов и возникновение пожара.

Оценка устойчивости работы ОЭ при возникновении ЧС химического характера включает: определение времени, в течение которого территория объекта будет опасна для людей; анализ химической обстановки, ее влияние на производственный процесс и объем защиты персонала.

Пределом устойчивости объекта к химическому заражению является пороговая токсическая доза ($D_n^{\text{токс}}$), приводящая к появлению начальных признаков поражения производственного персонала и снижающая его работоспособность.

$$D_n^{\text{токс}} = \frac{200Q(a + b)}{V_a \cdot K_2 (K_1 \cdot R)^{3/2}},$$

где все обозначения указаны в формуле для расчета зоны токсического задымления (см с. 381).

При нахождении персонала в зданиях токсодоза уменьшится в 2 раза.

Оценка устойчивости работы ОЭ в условиях радиоактивного заражения (загрязнения) включает: оценку радиационной обстановки, определение доз облучения персонала, радиационных потерь и потерю трудоспособности.

Предел устойчивости ОЭ в условиях радиоактивного заражения – это предельное значение уровня радиации (P_i^{lim}) на объекте, при котором еще возможна производственная деятельность в обычном режиме (двумя сменами), и при этом персонал не получит дозу выше установленной ($D_{\text{уст.}}$)

$$P_i^{\text{lim}} = \frac{D_{\text{уст.}} \cdot K_{\text{осл.}}}{2(\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})} \text{ П/ч.}$$

Возможно использование в качестве предела устойчивости дозовых пределов, при которых производится отселение людей из зоны ЧС

$$D_n \approx \frac{2(P_k \cdot t_k - P_n \cdot t_n)}{K_{\text{осл.}}}$$

Сравнивая P_i^{lim} с максимально возможным уровнем радиации P_i^{max} , а дозу облучения D_n с установленной $D_{\text{уст.}}$, делаем заключение об устойчивости объекта. Объект устойчив, если $P_i^{\text{lim}} > P_i^{\text{max}}$, $D_n \leq D_{\text{уст.}}$. Допустимый уровень радиации P_d на объекте на мирное время принят равным 0,7 мР/ч.

Пределами психоэмоциональной устойчивости производственного персонала к поражающим факторам ЧС являются время адаптации человека к условиям ЧС (T_A) и коэффициент устойчивости персонала ($K_{\text{уст.}}$).

Время адаптации зависит от состояния нервной системы человека и характеризуется стадиями:

- витальная реакция – поведение человека направлено на сохранение жизни (15 мин);
- психоэмоциональный шок, снижение критической оценки ситуации (3-5 ч);
- психологическая демобилизация, паническое настроение (до 3-х суток);
- стабилизация самочувствия (3-10 суток).

Снизить T_A можно психофизиологическим отбором людей, практической подготовкой людей по выработке алгоритма действия в конкретной ЧС и тренировкой по использованию СИЗ.

В условиях ЧС возможны стрессы и психические травмы, приводящие к появлению «синдрома

бедствия» (75% людей).

Психоэмоциональная устойчивость общества в ЧС – это состояние трудоспособности человека, его способность эффективно вести спасательные работы:

$$K_{уст} = \frac{N_{н.с.}}{N_{общ}} \cdot 100\%,$$

где $N_{н.с.}$ – число людей, сохранивших нормальное психическое состояние; $N_{общ.}$ – общее число людей, подвергшихся отрицательному воздействию ЧС.

Повысить $K_{уст.}$ можно исчерпывающей речевой информацией, созданием «зон безопасности», приемом успокаивающих медикаментозных средств и вовлечением людей в активную деятельность по ликвидации ЧС.

Устойчивость энергообеспечения и материально-технического обеспечения зависит от устойчивости внешних и внутренних источников энергии, устойчивой работы поставщиков сырья, комплектующих изделий, наличия резервных, дублирующих и альтернативных источников снабжения.

Пределом устойчивости работы ОЭ по источникам энергии и МТО является время бесперебойной работы объекта в автономном режиме ($T_{А.Р.}$).

$T_{А.Р.} = f(\text{запасов топлива, воды, МТО, источников ЭЭ, надежности хранения}).$

Для нормальной работы ОЭ необходимо устойчивое управление в ЧС.

Пределом устойчивости управления является время, в течение которого обеспечивается бесперебойное оповещение, связь, охрана.

$$P_{упр.} \cong K \cdot t_{у.у.}$$

где – $t_{у.у.}$ – продолжительность устойчивого управления объектом, ч.

После определения предела устойчивости функционирования объекта намечаются и выполняются мероприятия по повышению его устойчивости, которые включают:

1) Предотвращение причин возникновения ЧС (отказ от потенциально опасного оборудования; совершенствование или перепрофилирование производства; внедрение новых технологий; разработка декларации безопасности; проверка персонала).

2) Предотвращение ЧС (внедрение блокирующих устройств в системы автоматики, обеспечение безопасности).

3) Смягчение последствий ЧС (повышение качественных характеристик оборудования: прочность, огнестойкость, рациональное размещение оборудования; резервирование; дублирование; создание запасов; аварийная остановка производства;

4) Обеспечение защиты от возможных поражающих факторов расстоянием, ограничением времени действия, использованием экранов, средств индивидуальной и коллективной защиты.

Общие требования к мероприятиям по повышению устойчивости объекта экономики: эффективность и экономичность.

Эффективность достигается комплексной оценкой всех поражающих факторов ЧС.

Экономичность – увязкой мероприятий по предотвращению ЧС с мероприятиями повседневной производственной деятельности предприятия.

Необходимым условием экономичности мероприятий по повышению устойчивости является выполнение условия:

$$C_{итм} \ll Y_n,$$

где $C_{итм}$ – стоимость инженерно-технических мероприятий по повышению устойчивости; Y_n – полный ущерб при ЧС.

Оценочным показателем проведения превентивных мероприятий по повышению устойчивости ОЭ может быть *показатель экономической эффективности* (\mathcal{E}), рассчитываемый по формуле:

$$\mathcal{E} = \frac{C_{итм}}{Y_n \cdot R_3},$$

где R_3 – степень разрушения объекта (слабые R_1 , средние R_2 , сильные R_3)

Чем больше предприятие вкладывает средств в профилактические, организационные и инженерно-технические мероприятия, тем больше эффективность, тем меньше вероятность возникновения ЧС.

ДЕКЛАРАЦИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Наиболее объективным документом, всесторонне характеризующим уровень безопасности потенциально опасного производства, является *Декларация безопасности*.

Декларация разрабатывается в целях обеспечения контроля за соблюдением мер безопасности, оценки достаточности и эффективности мероприятий по предупреждению и ликвидации ЧС. Она является документом, в котором отражены характер и масштабы опасностей на объекте и выработанные мероприятия по обеспечению промышленной безопасности и готовности к действиям в техногенных ЧС.

Обязательному декларированию подлежат:

1) Особо опасные производства, на которых одновременно используют, производят, перерабатывают, хранят или транспортируют взрывоопасные (опасные химические) вещества в количестве, равном или превышающем пороговые значения (таблица 61)

2) Гидротехнические сооружения (включая шлакохранилища горнометаллургических производств).

Декларация разрабатывается самостоятельно или с привлечением организаций, имеющих право (лицензию) на экспертизу безопасности промышленного производства. Экспертиза декларации осуществляется по указанию МЧС и Госгортехнадзора России. Срок действия декларации – 5 лет.

Т а б л и ц а 6 1

Пороговое количество ВВ, Вв и ХОВ

| №№ n/n | Вещества | Пороговое количество, т |
|--------|-------------------------|-------------------------|
| 1 | Взрывчатые | 50 |
| 2 | Легко воспламеняющие | 200 |
| 3 | Сжиженные нефтяные газы | 200 |
| 4 | ХОВ: | |
| | - аммиак | 600 |
| | - хлор | 26 |
| | - фосген | 0,75 |
| | - сернистый ангидрид | 75 |
| | - цианистый водород | 20 |
| | - метилизоционат | 0,15 |

П р и м е ч а н и е : пороговые количества опасных веществ снижаются, если расстояние до жилого массива, стадионов, больниц меньше 500 м.

Структура декларации безопасности

1) Титульный лист и аннотация (наименование декларации и сведения о разработчиках).

2) Краткие сведения о промышленном объекте (адрес, перечень и количество опасных веществ, топография района расположения объекта, численность персонала и населения на прилегающих территориях, вид страхования объекта, порядок возмещения ущерба).

3) Анализ опасностей и риска:

- характеристики опасного вещества: формула, состав, данные о температурах самовоспламенения, вспышки и пределах взрываемости, токсичности ПДК_{вв}, ПДК_{рз}, способности к реакции, воздействие на людей, средства защиты, первой помощи и меры по переводу в безопасное состояние;
- описание технологической схемы с системой автоматики и запорных устройств, технические характеристики;
- распределение опасных веществ на производстве и физические условия их содержания (в аппаратах, трубопроводах, бочках, на складе);
- сведения об известных авариях (причины, сценарии развития, поражающие факторы и параметры, оценка риска аварии).

Оперативная часть плана локализации ЧС включает: наименование сценария (стадии) аварии, предпосылки и признаки аварии, способы и технические средства противоаварийной защиты, порядок действий по ликвидации аварии.

4) Меры по обеспечению технической безопасности (системы контроля, профессиональная подготовка персонала).

- 5) Действия в случае промышленной аварии (оповещение, защита людей, медицинское обеспечение).
- 6) Информирование общественности об опасном промышленном объекте.

ОРГАНИЗАЦИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

*Пришла страшной любой беды
На Ладозу беда.
Мне чистой ладожской воды
Не выпить никогда,
У времени на поводу,
Среди никчемных дел,
Я эту страшную беду
Позорно проглядел...*
М. Дудин

В соответствии с законом «О защите населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера» в Российской Федерации функционирует единая государственная система предупреждения и ликвидации стихийных бедствий (РСЧС), которая располагает органами управления, силами, техническими средствами для того, чтобы защитить население и национальное достояние от воздействия катастроф, аварий, экологических и стихийных бедствий или уменьшить их воздействие.

Основная цель создания РСЧС – объединение усилий центральных органов исполнительной власти, органов представительной и исполнительной власти республик, краев, областей, городов, организаций и учреждений в деле *предупреждения и ликвидации ЧС*.

РСЧС базируется на нескольких постулатах: признания факта невозможности исключить риск возникновения ЧС; соблюдения принципа превентивной безопасности, предусматривающего: снижение вероятности возникновения ЧС, отдание приоритета профилактической работе; комплексный подход при формировании системы, т. е. учет всех видов ЧС, всех стадий их развития и разнообразия последствий; построение системы на правовой основе с разграничением прав и обязанностей состава участников.

Организационно РСЧС состоит из *территориальных и функциональных подсистем* и имеет 5 уровней: федеральный (вся территория РФ), региональный (несколько субъектов РФ), территориальный (территория субъекта РФ), местный (район, город) и объектовый.

Территориальная подсистема РСЧС предназначена для предупреждения и ликвидации ЧС на подведомственной территории (республики, края, области). Главный руководящий орган – комиссия по ЧС (КЧС) по защите населения и территорий. Рабочими органами территориальных КЧС являются штабы по делам ГО, ЧС и ликвидации последствий стихийных бедствий.

Функциональные подсистемы РСЧС создаются в министерствах, ведомствах и организациях РФ с задачей наблюдения и контроля за состоянием окружающей среды и обстановкой на потенциально опасных объектах, ликвидации ЧС, защиты персонала и населения территорий. Например, *экологическая безопасность* возложена на силы и средства Минприроды России; *наблюдение и контроль за стихийными явлениями* – на Росгидромет; *контроль обстановки на потенциально опасных объектах* – Госатомнадзор и Госгортехнадзор России; *экстренная медицинская помощь* на Минздрав России, *противопожарная безопасность* – на МВД России.

Руководство всей системой РСЧС возложено на Министерство по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации стихийных бедствий (МЧС России).

Важнейшей частью системы РСЧС являются ее силы и средства, которые подразделяются на:

- силы и средства наблюдения и контроля,
- силы и средства ликвидации последствий ЧС.

Силы и средства *наблюдения и контроля* включают: органы, службы, учреждения, осуществляющие государственный надзор, инспекцию, мониторинг, контроль состояния природной среды, опасных объектов, здоровья людей.

Силы и средства *ликвидации последствий* ЧС состоят из: военизированных и невоенизированных противопожарных, поисково-спасательных и аварийно-восстановительных формирований федеральных

и других организаций; формирования служб защиты животных и растений Минсельхозпрома; военизированных противорадиационных и противохимических служб Росгидромета; территориальных аварийно-спасательных формирований госинспекции по маломерным судам Минприроды; соединений гражданской обороны; подразделений поисково-спасательной службы МЧС России; соединений и частей радиационной, химической и биологической защиты и инженерных войск Минобороны; военизированных горноспасательных, противодиверсионных и газоспасательных частей Минтопэнерго; аварийно-технических центров, спецотрядов атомных станций Минатома; восстановительных и пожарных поездов МЧС; подразделений органов внутренних дел и муниципальной милиции; центрального аэромобильного спасательного отряда МЧС; аварийно-спасательных служб ВМФ России.

Территория РФ разделена на 9 регионов, в которых созданы региональные центры РСЧС в городах: Москва, Санкт-Петербург, Ростов-на-Дону, Самара, Екатеринбург, Новосибирск, Красноярск, Чита, Хабаровск.

Система РСЧС функционирует в трех режимах:

1) Режим *повседневной деятельности* – функционирование системы в мирное время при нормальной производственно-промышленной, радиационной, химической, биологической, гидрометеорологической и сейсмической обстановке.

2) Режим *повышенной готовности* – функционирование системы при ухудшении обстановки и получении прогноза о возможности возникновения ЧС, угрозы войны.

3) *Чрезвычайный режим* – функционирование системы при возникновении и ликвидации ЧС в мирное время, а также в случае применения современных средств поражения.

Решение о введении соответствующих режимов в зависимости от масштабов ЧС, принимает Правительство, МЧС или соответствующие комиссии по ЧС.

ОРГАНИЗАЦИЯ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ НА ОБЪЕКТЕ ЭКОНОМИКИ

Система ГО организуется на всех объектах экономики.

К объектам экономики относятся производственные, с/х предприятия, учебные заведения и другие организации независимо от формы собственности. На объекте организуется комиссия по чрезвычайным ситуациям (ОКЧС).

Начальником ГО – Председателем КЧС объекта является его руководитель (директор, управляющий, ректор и т. д.). Он несет ответственность за организацию работ по выявлению потенциальных опасностей, прогнозирование и предотвращение ЧС на предприятии, а также за постоянную готовность сил и средств к проведению спасательных и других неотложных работ. Он подчиняется в оперативном отношении Председателю районной КЧС.

Состав объектовой КЧС: Председатель, три заместителя (главный инженер, зам. по производству и начальник штаба ГО). Члены КЧС (руководители – начальники служб): начальник службы оповещения и связи (нач. АТС); начальник службы охраны общественного порядка (замдиректора по режиму); начальник службы убежищ и укрытий (начальник ЖКО, ОКСа); начальник службы радиационно-химической защиты (начальник заводской лаборатории); начальник противопожарной службы (инспектор госпожнадзора); начальник аварийно-спасательной службы (главный механик); начальник медицинской службы (руководитель медпункта); начальник транспортной службы (начальник транспортного цеха); начальник МТО (замдиректора по МТО); начальник службы энергоснабжения и светомаскировки (гл. энергетик); инженер по технике безопасности (начальник отдела охраны труда и окружающей среды); главный бухгалтер; председатель объектовой эвакуационной комиссии.

Объектовое звено системы предупреждения и ликвидации ЧС предназначено для предупреждения ЧС в мирное и военное время, а в случае их возникновения – для ликвидации последствий, обеспечения безопасности рабочих, служащих и населения, защите окружающей среды и уменьшения материального ущерба.

Основные задачи:

- обеспечение постоянной готовности органов управления к действиям в ЧС;
- прогнозирование и оценка экономических и социальных последствий ЧС;
- обеспечение защиты рабочих и служащих (РиС);
- обучение и подготовка руководящего состава, членов КЧС и РиС;
- создание на объекте и использование чрезвычайных резервных фондов финансовых и материально-технических ресурсов, необходимых для проведения ликвидации последствий ЧС.

Структура объектового звена предупреждений и ликвидации ЧС: КЧС, дежурно-диспетчерская

служба; рабочий орган КЧС (гл. инженер, штаб ГО, начальник отдела охраны труда, начальник медслужбы, бухгалтер, юристконсульт и зам. по режиму); оперативная группа (гл. инженер, нач. штаба ГО, начальник ППС, звено связи); штаб ГО.

Силы и средства, привлекаемые КЧС (объектовые формирования): два поста РХН; расчетно-аналитическая группа (РАГ); санитарно-промышленная лаборатория объекта; сводный спасательный отряд (команда).

ЗАКОНОДАТЕЛЬНОЕ И НОРМАТИВНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ГО ПО ЗАЩИТЕ НАСЕЛЕНИЯ И ТЕРРИТОРИЙ ОТ ЧС

Деятельность исполнительной власти по защите от ЧС регламентируется федеральными законами, указами Президента и постановлениями правительства РФ.

Основные федеральные законы:

- о защите населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера, от 11.11.94 № 68-ФЗ;
- об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей, от 14.07.1995 № 151-ФЗ;
- радиационной безопасности населения, от 9.01.96 № 3 ФЗ;
- о промышленной безопасности опасных производственных объектов, от 20.06.97 г. № 116-ФЗ;
- о безопасности ГТС, от 23.06.97 .№ 117-ФЗ;
- о гражданской обороне от 12.02.98 г. .№ 28-ФЗ.

Указы Президента РФ:

- о Госкомитете при Президенте РСФСР по делам ГО, ЧС и ликвидации стихийных бедствий, № 305 18.12.91 г.;
- о гражданской обороне, .№ 643, 8.5.93;
- о создании Министерства РФ по делам ГО, ЧС и ликвидации стихийных бедствий (МЧС) от 10.01.94 № 66.

Постановления Правительства РФ:

- о создании Российской системы предупреждения и действий в ЧС, № 261, 18.04.92;
- положение о порядке использования объектов и имущества ГО приватизированными предприятиями, учреждениями и организациями, № 359, 23.04.94;
- о декларации безопасности промышленного объекта РФ, №675, 1.07.95;
- о порядке подготовки населения в области защиты от ЧС, № 738, 24.07.95;
- о единой государственной системе предупреждения и ликвидации ЧС, № 1113, от 5.11.95;
- о классификации ЧС природного и техногенного характера № 1094, 13.9.96 г.;
- о федеральной целевой программе по защите населения РФ от последствий катастрофы ЧАЭС, 28.08.97 № 1112.

ЗАЩИТА НАСЕЛЕНИЯ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ ЗА РУБЕЖОМ

Опыт организации управления мероприятиями по предупреждению ЧС и защите населения за рубежом представляет практический интерес.

В США в 1979 г. создано Федеральное агентство по управлению страной в чрезвычайных ситуациях (ФЕМА). Законом о гражданской обороне на это управление возложены функции по координации и поддержке мероприятий по подготовке к ЧС мирного и военного времени и обеспечению жизнедеятельности населения в условиях ЧС. Центральный аппарат ФЕМА состоит из 5 управлений, отвечающих за выполнение определенных программ: обеспечения функционирования в ЧС; обучение; национальной готовности; оказания помощи; страхования. Вся территория США разделена на 10 округов, в которых созданы штабы. Для выполнения задач по защите населения в США привлекаются различные организации, учреждения и добровольные общества. В США насчитывается 2 700 организаций, получающих средства из бюджета ГО и разрабатывающих планы действий на случай ЧС.

В Италии в соответствии с действующим законодательством ответственность за проведение мероприятий по ГО возложена на министерство обороны (общее руководство ГО) и на министерство внутренних дел (защита населения от стихийных бедствий). Координирует всю деятельность по вопросам ЧС межведомственный комитет ГО, в состав которого входят представители министерств обороны, внутренних дел, транспорта и связи, сельского и лесного хозяйства, здравоохранения, труда, социального обеспечения, промышленности и торговли. Территория страны разделена на 12 зон гражданской защиты.

Для проведения аварийно-спасательных работ как в мирное, так и в военное время привлекаются подразделения регулярных войск. Ежегодно в одной из провинций проводятся учения, в которых, помимо формирований противопожарной службы и воинских частей, принимают участие добровольные организации.

В Бельгии структура ГО страны определена королевским указом от 1954 г. Общее руководство гражданской обороной возложено на министра внутренних дел. Ему подчинена генеральная администрация ГО, которая осуществляет руководство мероприятиями в масштабе страны. Территория страны разделена на 9 округов.

В Дании закон ГО определяет четыре основных функции ГО: оповещение населения в случае опасности; организация эвакуации населения из опасных районов; укрытие населения в защитных сооружениях; проведение поисково-спасательных и восстановительных работ после бедствия. Руководство ГО осуществляет управление, созданное при Министерстве внутренних дел.

МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

В бюджете ЕЭС предусмотрены специальные статьи расходов на защиту населения. Принятой программой предусматриваются следующие виды деятельности: прогнозирование и предотвращение бедствий, ликвидация их последствий и восстановление разрушенных объектов и связей. Предусматриваются совместные действия стран-членов ЕЭС в случае стихийных бедствий – землетрясений, оползней, наводнений, пожаров, сильных снегопадов, приливных волн, а также в случае технологических аварий и катастроф. Страны НАТО и ЕЭС стремятся активно участвовать в мероприятиях по предупреждению и снижению опасностей от стихийных бедствий. По данным ООН, за последние 20 лет почти миллиард жителей Земли испытали на себе последствия стихийных бедствий, в результате которых погибло около 3 млн. человек. Решением 42-й сессии Генеральной Ассамблеи ООН 1990-е гг. были объявлены Международным десятилетием по предупреждению и снижению опасности стихийных бедствий. Программа ЕЭС по гражданской защите предусматривает проведение следующих мероприятий: распространение знаний о защитных мероприятиях и повышение качества обучения; разработка единой терминологии; установление единого телефонного номера и выделение радиочастот, предназначенных только для сообщений в случае бедствий и аварий; развитие сетей по обнаружению природных зон риска с использованием спутников; организация семинаров, симпозиумов, выставок и других общественных мероприятий; создание европейской эмблемы ГО и учреждение почетных наград. В настоящее время действует несколько международных организаций, занимающихся проблемами ЧС.

Международная организация гражданской обороны (МОГО) создана в 1931 г. на учредительной конференции в Париже. Штаб-квартира находится в Женеве. В соответствии с уставом, целью МОГО является развитие и совершенствование ГО, методов и технических средств, позволяющих предупредить или уменьшить последствия опасностей мирного и военного времени. МОГО взаимодействует с Отделом координатора ООН по оказанию помощи в случае стихийных бедствий (ЮНДРО), образованным в 1971 г. по решению Генеральной Ассамблеи ООН. ЮНДРО является органом ООН, предназначенным для оказания помощи странам, терпящим бедствие.

В 1957 г. создано специализированное учреждение ООН – Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ). Агентство создано для развития международного сотрудничества в области мирного использования атомной энергии. В него входят 120 государств.

По программе защиты окружающей среды работает ЮНЕП – учреждение ООН, разрабатывающее научные основы управления ресурсами биосферы. Есть и другие организации, связанные с проблемами ЧС (Европейский учебный центр подготовки к стихийным бедствиям (АФЕМ), Европейский центр предотвращения действий и прогнозирования землетрясений (ЕЦПП), находящийся в Греции, Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ)).

В 1986 г. ЮНЕП предложил программу (АПЕЛЛ), включающую: информацию населения о потенциально опасных производствах, транспорте в районе; сотрудничество местной общественности, администрации и производителей в деле предотвращения и ликвидации последствий ЧС. Эта программа поддержана и осуществляется в РФ, однако участие населения, местной общественности в этой важной работе недостаточно.

В 1993 г. на уровне СНГ заключено «Соглашение в области предупреждения и ликвидации последствий ЧС природного и техногенного характера». Международные организации проводят учения, встречи специалистов, что способствует укреплению контактов между специалистами,

совершенствует методы и средства защиты от ЧС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрение проблем безопасности человека в любых условиях жизни и сферах деятельности приводит к выводу, что достижение абсолютной безопасности немислимо, а максимальный уровень возможен при оптимальной организации безопасной жизнедеятельности.

Под организацией БЖД мы понимаем систему, которая обеспечивает приемлемый, постоянно повышающийся уровень безопасности. Этот уровень оценивается системой показателей заболеваемости, травматизма, чрезвычайных ситуаций, аварий и других нежелательных событий. В качестве таких показателей принимаются абсолютные или относительные числовые значения, характеризующие те или иные опасности. Для оценки гибели людей от различных опасностей следует определять значение *риска* как наиболее объективного показателя. Чтобы получить объективные показатели, необходимо разработать научно обоснованную систему учета, обработки, анализа и открытой публикации информации об опасностях и их последствиях. При получении объективных данных можно судить о динамике опасностей и анализировать тенденции. Определить точное количество людей, погибающих от опасностей, представляет трудную задачу, так как государственная статистика крайне деформирована. Итак, необходимое условие системы безопасности – *наличие достоверной и открытой статистики* о состоянии безопасности. Учитываться должны все случаи.

Важнейшим звеном в организации безопасности жизнедеятельности является *образование*. Специалистов, способных решать эти проблемы, явно недостаточно. Сейчас уже сформировалось устойчивое понимание того, что низкий уровень безопасности в нашей стране обусловлен необразованностью и некомпетентностью, граничащей с невежеством должностных лиц и населения в целом. Доказано, что все люди, независимо от профессиональной ориентации, места работы и обитания, подвергаются воздействию потенциальных опасностей. Следовательно, все обучающиеся, из гуманитарных и социально-экономических соображений, должны изучать предмет безопасность жизнедеятельности.

Неоднократно преподаватели вузов коллективно обращали внимание на необходимость включения в учебные планы всех специальностей без какого-либо исключения дисциплин по безопасности (безопасность жизнедеятельности, охрана труда и др.). Несмотря на очевидность этого требования, во многих университетах такие дисциплины не преподаются, нет этих предметов и во многих учебных планах (особенно для экономических специальностей). Без качественного образования невозможно поднять уровень культуры и компетентности в области безопасности. Нужна четко функционирующая система непрерывного образования всего населения и подготовка дипломированных специалистов в сфере безопасности.

В настоящее время благодаря передовой части специалистов высшей школы в нашей стране сложились благоприятные условия для создания системы непрерывного образования. Необходимы дальнейшие усилия по наполнению ее соответствующим содержанием. Основным нерешенным вопросом является недостаток квалифицированных специалистов, преподавателей, особенно в общеобразовательных школах. Только повышением квалификации здесь не обойтись. Прежде всего нужно иметь квалификацию. Проблема образования в области безопасности столь важна, что для решения необходимо в законодательном порядке разработать соответствующую федеральную программу.

Вот некоторые черты *образовательной концепции*.

Потенциальные опасности, угрожающие жизни и здоровью человека, существовали всегда. Но к концу XX в. экономический и социальный ущерб от них приобрел угрожающие масштабы. Последствия опасностей стали ощутимым моральным и материальным бременем для государств и народов. Проблема безопасности превратилась в важнейшую доминанту деятельности человеческого сообщества. Совокупные людские и материальные потери от природных, техногенных, антропогенных, экологических и социальных опасностей поставили вопрос о выживании человечества. Тенденции защиты от нависшей угрозы нашли отражение в интенсификации научных исследований, создании национальных и международных организаций, объединений усилий государств. ООН объявила 90-е гг. десятилетием борьбы со стихийными и иными бедствиями. Наряду с материалистическим мировоззрением средства массовой информации стали пропагандировать средневековый оккультизм и шарлатанство, что представляет серьезную опасность для людей. Объективно сформировались условия для новой научной дисциплины, изучающей опасности и защиту от них. Чтобы устранить дефицит знаний в области безопасности, общество обратило свои взоры к самому могучему средству –

образованию, вспомнив слова о том, что решение любых проблем необходимо начинать с образования тех людей, которые будут решать эти проблемы.

Роль и значение образования в предупреждении и защите от опасностей признается однозначно. Более того, ведется в этом направлении активная деятельность в системе учреждений образования, высшей школы, на предприятиях и в других структурах. Однако содержательный анализ этой деятельности позволяет отметить ряд существенных дефектов. Опасности по своей природе носят перманентно-тотальный характер, а образовательная деятельность имеет явный дискретный, строго говоря, бессистемный вид. Необходимость создания адекватной образовательной системы в области безопасности, интуитивно ощущавшаяся давно, в настоящее время стала настоятельной потребностью, диктуемой императивом времени.

Поскольку опасности затрагивают жизненные интересы каждого жителя Земли, то безопасность как защитная система должна быть в соответствующем объеме доступна всем людям. Другими словами, система образования должна стать массовой, охватывающей все категории и возрастные группы населения, подобно общей системе народного образования.

Требования к создаваемой системе образования включают в себя: охват всего населения; учет всех видов опасностей; организацию системы защиты от опасностей; обеспечение режима личной и коллективной безопасности в обычных условиях и в условиях ЧС.

В системе необходимо выделить несколько уровней, соответствующих естественно-биологическому развитию человека и социальной организации общества.

1) *Воспитательный*; основное назначение – воспитание у детей дошкольного возраста положительного отношения к вопросам безопасности.

2) *Воспитательно-образовательный*; назначение – воспитание у школьников положительного отношения к проблемам безопасности в органическом единстве с изучаемыми предметами и на основе получаемых знаний.

3) *Общеобразовательный*; основное назначение – преподавание учащимся младших курсов средних специальных и высших учебных заведений *научных основ безопасности жизнедеятельности*.

4) *Специальный*; основное назначение – преподавание учащимся старших курсов средних специальных и высших учебных заведений разделов безопасности, связанных с будущей специальностью обучаемых. Сюда же относится обучение рабочих и служащих специальным вопросам безопасности.

5) *Профессиональный (дипломированный)*; основное назначение – подготовка дипломированных профессионалов в области безопасности жизнедеятельности по специальности 330100.

6) *Повышение квалификации*; основное назначение – информирование слушателей о новых достижениях науки и техники в области безопасности жизнедеятельности.

Между уровнями устанавливаются логические связи. Уровни представляют гносеологические категории, их; не следует отождествлять с организационными формами учебного процесса. Идеология безопасности жизнедеятельности как системы знаний сводится к следующим положениям: любая деятельность потенциально опасна; превентивными мерами опасность может быть снижена до приемлемого уровня (риска); для ликвидации возможных последствий остаточного риска предусматриваются системы соответствующих действий.

В результате система образования должна: а) дать цельное представление об опасностях окружающего мира и защите от них; б) обучить выполнению, на практике действиям до проявления опасности, во время опасности и при ликвидации последствий опасностей (например, массаж сердца, искусственное дыхание, помощь при разных травмах и др.).

Ожидаемый эффект от системы непрерывного образования:

Физический – сокращение числа аварий, катастроф;

Социальный – сокращение заболеваемости и смертности;

Экономический – снижение ущерба;

Народно-хозяйственный – повышение показателей функционирования объектов и народного хозяйства.

Непрерывная система образования – необходимое условие организации безопасности жизнедеятельности.

Грамотное, образованное общество сможет учесть требования безопасности на всех стадиях жизненного цикла объектов искусственного мира, учесть природные, техногенные, антропогенные, биологические, экологические и социальные опасности и разработать адекватные защитные меры. С

этой целью в стране должны эффективно работать институты по безопасности жизнедеятельности, исследовательские лаборатории и другие научные и проектные организации. Иными словами, должно быть обеспечено научное сопровождение деятельности в области безопасности. Качественно спроектированные и построенные предприятия и организации, руководимые грамотными специалистами, обеспечат дальнейшее повышение безопасности. Причем система безопасности должна быть вневедомственной и учитывать интересы всех жителей.

Важнейшим звеном системы должна стать государственная *инспекция безопасности*. Инспекторы должны иметь полномочия на свободный доступ к объектам опасности, осуществление проверок, выявление нарушений и наложение санкций. Инспекция должна быть организована по территориальному принципу. Для устранения опасностей, выявленных инспекторами или иным способом, должны создаваться хозрасчетные организации.

В отличие от существующих (инспекция труда, автомобильная, транспортная, пожарная, санитарная, Госгортехнадзор, Атомнадзор и т. д. и т. п.), инспекция безопасности жизнедеятельности должна быть единой с соответствующими подразделениями.

Задача инспекции – своевременно идентифицировать опасность. Устранять опасность должны соответствующие специалисты.

Согласно концепции остаточного риска, абсолютной безопасности не бывает. Следовательно, всегда будут несчастные случаи, дорожно-транспортные, железнодорожные, авиационные происшествия, аварии, катастрофы. Отсюда задача расследования обстоятельств этих событий, выявление причин, установление виновных лиц и т. д.

Система расследования – важнейший компонент в организации безопасности. Обеспечение объективности расследования – важнейшая задача, влияющая в конечном итоге на всю статистику. Важнейшим элементом системы безопасности является развитие общественного движения за безопасность и создание общественных организаций. Логическим продолжением организации безопасности является законодательная система ответственности за нарушение законов, норм, правил безопасности. Все перечисленные элементы организации безопасности должны иметь под собой совершенную юридическую базу.

Необходим закон о безопасности жизнедеятельности, который должен охватывать все аспекты защиты человека от опасностей. В развитие его должны быть разработаны другие, частные законы: об охране труда, о пожарной, о промышленной безопасности и т. д.

Перечисленные положения образуют эмерджентную систему безопасности и позволяют поднять состояние безопасности на качественно новый уровень.