**Н. Г. ЗАНЬКО, К. Р. МАЛАЯН,
О. Н. РУСАК**

# БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

*Под редакцией О. Н. РУСАКА*

Издание семнадцатое,
стереотипное

*РЕКОМЕНДОВАНО
Центром стратегических исследований
гражданской защиты МЧС России
в качестве учебника для использования
в образовательных учреждениях,
реализующих образовательные программы
высшего профессионального образования
по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности»
для всех направлений подготовки и специальностей*

ЛАНЬ®
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ • МОСКВА • КРАСНОДАР •
2022

ББК 68.9я73
З 27

**Занько Н. Г., Малаян К. Р., Русак О. Н.**

**З 27** Безопасность жизнедеятельности: Учебник / Под ред. О. Н. Русака. — 17-е изд., стер. — СПб.: Издательство «Лань», 2022. — 704 с.: ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература).

**ISBN 978-5-8114-0284-7**

В учебнике системно изложены основные положения учебной дисциплины, именуемой безопасностью жизнедеятельности (БЖД). Рассматриваются теоретические и медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности, принципы обеспечения безопасности, идентификация опасностей, окружающих и сопровождающих человека на протяжении всей жизни, меры защиты от них. Раскрываются особенности защитных действий в экстремальных и чрезвычайных ситуациях. Отдельно рассматривается безопасность деятельности в условиях производства.

Для студентов, изучающих БЖД, научных и практических работников, работающих в различных областях безопасности.

ББК 68.9я73

**Рецензенты**:
Центр стратегических исследований гражданской защиты МЧС России (начальник — д. т. н., проф. *В. А. АКИМОВ*), зав. кафедрой «Безопасность жизнедеятельности и экология» Балтийского государственного технического университета им. Д. Ф. Устинова («Военмех»), заслуженный деятель науки РФ, д. т. н., проф. *Н. И. ИВАНОВ*;
зав. кафедрой Санкт-Петербургского государственного горного института им. Г. В. Плеханова (технического университета), заслуженный деятель науки РФ, д. т. н., проф. *Ю. В. ШУВАЛОВ*.

Под редакцией заслуженного деятеля науки и техники РФ, д. т. н., проф. *О. Н. РУСАКА*.

**Обложка**
*А. Ю. ЛАПШИН*

© Издательство «Лань», 2022
© Н. Г. Занько, К. Р. Малаян, О. Н. Русак, 2022
© Издательство «Лань», художественное оформление, 2022

# ПРЕДИСЛОВИЕ

Любой вид деятельности сопряжен с потенциальными опасностями. Для защиты от этих опасностей применяются соответствующие методы и средства защиты.

Таким образом, в каждом виде деятельности формируется определенная система безопасности жизнедеятельности (СБЖ), отличающаяся характером опасностей и способами защиты от них. Сколько видов деятельности — столько СБЖ.

Примерами СБЖ являются: охрана труда, промышленная безопасность, экологическая безопасность, национальная безопасность и многие другие. Несмотря на наличие у всех СБЖ ряда общих закономерностей, наблюдаемое иногда их эклектическое объединение недопустимо. Попытки создания некоторой единой СБЖ контрпродуктивны.

В данной книге изложен курс безопасности жизнедеятельности (БЖД), в котором реализуется антропоцентрический подход, исключающий смешение СБЖ различных иерархических уровней и выделяющий приоритет человека.

Особенность данной версии курса заключается в том, что в нем рассматриваются в качестве основы *непосредственные опасности* (для человека) *непреднамеренного характера*. Другие опасности (опосредованные и преднамеренного характера) приводятся в данной книге по сугубо методическим соображениям с целью системного представления изучаемой области знаний.

Объектом изучения БЖД является деятельность, а предметом — присущие этой деятельности опасности в системе «человек–опасность». В рамках этой системы в органическом единстве рассматриваются:

1) естественно-научные концепции безопасности;
2) организационно-правовые основы;
3) санитарно-гигиенические положения;
4) вопросы техники безопасности;
5) психолого-эргономические и медико-биологические аспекты;
6) основы промышленной и пожарной безопасности;
7) природные опасности;
8) экстремальные и чрезвычайные ситуации;
9) концептуально-методологические основы систем управления безопасностью.

Перечисленные начала безопасности излагаются без включения нестабильного быстро меняющегося нормативного материала. Изучение нормативных правовых актов входит в компетенцию других дисциплин, развивающих основополагающий курс, каким является БЖД.

Следует отметить, что понятие «жизнедеятельность» не адекватно понятию «деятельность». В строго научном плане следует применять словосочетание «безопасность деятельности».

Но, учитывая длительное использование выражения «безопасность жизнедеятельности», в тексте учебника сохранено выражение БЖД.

# ПРЕДИСЛОВИЕ РЕДАКТОРА К 15-му ИЗДАНИЮ

Идея нового взгляда на безопасность появилась в нашей стране в конце 1980-х гг.

В 1990 г. в Ленинграде была зарегистрирована существующая до сих пор первая в стране общественная организация, получившая название «Ленинградский союз специалистов по безопасности деятельности человека». Советскими психологами и социологами доказано, что *деятельность является специфической человеческой формой активности*. Таким образом, речь шла о безопасности людей в любых условиях их обитания, а не только в условиях производства.

Забота о безопасности народа впервые высказана М. В. Ломоносовым в работе «О сохранении и размножении российского народа», написанной в 1761 г.

Широкое воплощение деятельностный подход в области безопасности получил лишь через столетия в сфере образования и просвещения.

Так, в 1990 г., в учебные программы вузов был введен новый предмет БЖД, а в 1991 г. в общеобразовательных школах появилась новая дисциплина «Основы безопасности жизнедеятельности» (ОБЖ). Таким образом был создан прецедент в мировой практике в области защиты человека от опасностей современного мира. Вряд ли следует придавать особое значение тому факту, что вместо слова «деятельность» стали устно и письменно применять слово «жизнедеятельность». Хотя справедливости ради необходимо отметить, что из статей словаря В. И. Даля следует сделать вывод, что «жизнедеятельность» имеет значение не адекватное понятию «деятельность».

Во всех предыдущих 14-ти изданиях авторы вынуждены были по методическим соображениям и согласно общей программе включать в учебники определенный конкретный материал, не имеющий прямого

отношения к деятельности в широком понимании этого слова. Отчасти это было связано с тем, что учебники предназначались для подготовки специалистов. При этом увеличивался объем книги, не позволяя осветить некоторые общие вопросы, относящиеся к деятельности в целом.

В новом издании авторы попытались изменить соотношение материала, усилив деятельностную составляющую и исключив или сократив некоторые разделы, связанные с охраной труда, промышленной безопасностью и другими разделами. Изменения продиктованы также тем, что сейчас основной контингент обучающихся — это бакалавры. Незыблемым однако остается определение учебника: «область научных знаний, изучающая опасности и общие методы защиты от них человека в любых условиях его обитания». В результате учебник приобрел универсальный, в некотором смысле энциклопедический, справочно-поисковый характер.

Следует однозначно отметить, что безопасность деятельности как процесс носит сложный, все более усложняющийся характер. Об этом, в частности, свидетельствует рост числа чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера во всех странах мира и рост числа пострадавших в этих условиях. В поисках решения наука ищет новые концептуальные и теоретические положения, нередко эти поиски носят противоречивый характер. Так, ученый мир отказался от гуманной концепции абсолютной безопасности и прибег к компромиссной и нередко спекулятивной теории приемлемого риска. Недавно в зарубежной практике реанимировалась теория нулевого травматизма, хотя некоторые ученые продолжают утверждать, что нулевой риск не достижим. Эти примеры — прямое свидетельство отсутствия четких, научно обоснованных подходов к безопасности деятельности. Интересы человечества диктуют необходимость ориентироваться на абсолютную безопасность, возложив тяжесть доказательства своей невиновности за причиненный ущерб на субъект безопасности. Расследование опасных событий должны вести независимые от работодателя специалисты.

Прав В. И. Ленин, утверждавший, что «труд должен быть организован без всякого вреда для рабочего человека». Примерами нечетких представлений о направлениях совершенствования деятельности в области безопасности могут служить противоречивые высказывания специалистов, опубликованные на страницах периодических изданий, предлагавших различные изменения в тактике безопасности (переходы от — к), например:

- от техники безопасности к безопасной технике;
- от контроля к управлению безопасностью;

- от реагирования на уже происшедшие несчастные случаи к их предупреждению;
- от охраны труда к здоровью и безопасности на основе международного трудового права;
- от компенсационной модели к управлению профессиональными рисками;
- от доктрины абсолютной безопасности к оценке профессиональных рисков.

Приведенные выше высказывания абсурдны по своей сути и в комментариях не нуждаются. Без специальной техники безопасности, строгого контроля, анализа случившихся опасных событий, соблюдения требований безопасности обеспечить нормальные условия невозможно. Вряд ли заслуживают доверия такие «новеллы», как сертификаты доверия.

Для обеспечения безопасности деятельности необходимо поступать так, как учит учебник — в следующей последовательности:

- обнаруживать и идентифицировать потенциальные опасности;
- выявлять причины найденных опасностей;
- на системной основе оценивать риски;
- ликвидировать опасности, где это возможно;
- уменьшать величину опасностей, если ликвидировать их невозможно;
- разрабатывать профилактические и защитные меры.

Работу необходимо вести, используя научно обоснованные документы, позволяющие получать объективные данные о безопасности. К сожалению, сейчас таких законов и методов нет.

Самым существенным изъяном в профилактической работе по безопасности деятельности на всех властных уровнях следует считать неумение и нежелание объективно идентифицировать причины, приводящие к реализации потенциальных опасностей.

Происходит это потому, что, как ни парадоксально звучит, но поиск объективных причин может оказаться опасным для самих ищущих. Проще «списать» все на стихию или самих пострадавших.

Авторы будут признательны за любые объективные пожелания и критику, направленные на совершенствование учебника.

*Редактор Олег Николаевич Русак*

# ВВЕДЕНИЕ

Проблема защиты человека от опасностей в различных условиях его обитания возникла одновременно с появлением на Земле наших далеких предков. На заре человечества людям угрожали опасные природные явления, представители биологического мира. С течением времени стали появляться опасности, творцом которых стал сам человек. В настоящее время человек больше всего страдает от им же созданных опасностей. Только в дорожно-транспортных происшествиях в России ежегодно погибает более 30 тыс. человек. Десятки тысяч людей становятся ежегодно жертвами алкоголя. Тысячи человек погибают на производстве. Статистические данные свидетельствуют о том, что люди погибают, становятся инвалидами и больными от опасностей различного происхождения: природного, техногенного, антропогенного, биологического, экологического, социального и др.

Ученые с древних времен изучают безопасность человека в различных условиях жизни и деятельности.

Аристотель (384–322 до н. э.), Гиппократ (460–377 до н. э.) в своих трактатах рассматривали условия труда.

Парацельс (1493–1541) изучал опасности, связанные с горным делом. Ему принадлежит изречение: «Все есть яд, и все есть лекарство. Только одна доза делает вещество ядом или лекарством» (идея принципа нормирования!).

Агрикола (1494–1555) изложил вопросы охраны труда в работе «О горном деле».

Рамаццини (1633–1714) заложил основы профессиональной гигиены, написал книгу «О болезнях ремесленников».

М. В. Ломоносов (1711–1765) написал основополагающие работы по безопасности труда в горном деле.

К. Маркс (1818–1883) и Ф. Энгельс (1820–1895) исследовали условия труда и безопасности человека как фактор социально-экономического развития капитализма. «Экономические эпохи различаются не тем, что производится, а тем, как производится».

В. И. Ленин (1870–1924) изучал условия труда как фактор роста революционного настроения масс. В таких произведениях, как «Развитие капитализма в России», «Научная система выжимания пота», «Закон о вознаграждении рабочих от несчастных случаев» и других, содержатся основополагающие идеи, которые составляли фундамент советской системы охраны и безопасности труда. Например, В. И. Ленин писал: «Труд должен быть организован без всякого вреда для рабочего человека» (Полн. собр. соч. 5-е изд. Т. 36. С. 141).

Значительный вклад в развитие теории безопасности внесли русские ученые: В. Л. Кирпичев (1845–1913), А. А. Пресс (1857–1930), Д. П. Никольский (1855–1918), В. А. Левицкий (1867–1936), А. А. Скочинский (1874–1960), С. И. Каплун (1897–1943) и др.

Определенный вклад в развитие и становление безопасности жизнедеятельности как научной и учебной дисциплины внесли коллективы, которые возглавляли наши современники: В. И. Коротков, К. Р. Малаян, Б. С. Мастрюков, В. М. Минько, Б. Е. Прусенко, В. М. Ретнев, А. А. Шайдоров.

Проблемам безопасности развития техносферы посвящены труды академика В. А. Легасова (Коммунист, 1987, № 8; Правда, 20 мая 1988 г.; Безопасность труда в промышленности, 1988, № 1). История научных исследований в области безопасности почти не изучена, а без истории не может быть и полноценных знаний.

Трудами многих ученых созданы научные предпосылки для разработки средств и методов защиты от опасностей. Комплексной научной дисциплиной, изучающей опасности и защиту от них человека, является безопасность жизнедеятельности (БЖД).

**Основные положения учебной дисциплины БЖД**:

1. С момента своего появления на Земле человек перманентно живет и действует в условиях постоянно изменяющихся потенциальных опасностей. Сказанное позволяет сформулировать аксиому о том, что деятельность человека потенциально опасна.

2. Реализуясь в пространстве и времени, опасности причиняют вред здоровью человека, который проявляется в нервных потрясениях, травмах, болезнях, инвалидных и летальных исходах. Следовательно, опасности — это то, что угрожает не только человеку, но и обществу и государству в целом. Значит, профилактика опасностей

и защита от них — актуальнейшая гуманитарная и социально-экономическая проблема, в решении которой государство не может не быть заинтересованным.

3. Обеспечение безопасности деятельности — приоритетная задача для личности, общества, государства. Абсолютной безопасности не бывает. Всегда существует некоторый остаточный риск. Под безопасностью понимается такой уровень опасности, с которым на данном этапе научного и экономического развития можно смириться. Безопасность — это приемлемый, допустимый риск или незначительная опасность.

Как достичь этой цели? Первейший и главнейший способ состоит в образовании народа. Другого пути просто нет. И вот почему.

Опасности по своей природе вероятностны (случайны), потенциальны (скрыты), перманентны (постоянны, непрерывны) и тотальны (всеобщи, всеобъемлющи). Следовательно, нет на Земле человека, которому не угрожают опасности. Но зато есть множество людей, которые об этом не подозревают. Они полагают, что опасности их не коснутся. Их сознание работает в режиме отчуждения от реальной жизни.

Одна из особенностей человеческого сознания состоит в том, что оно не придает приоритетного значения информации, которая носит вероятностный характер.

Для выработки идеологии безопасности, формирования безопасного мышления и поведения и была предложена новая учебная дисциплина — безопасность жизнедеятельности.

Можно дать такое определение этой дисциплины: *безопасность жизнедеятельности (БЖД) — это область научных знаний, изучающая опасности, угрожающие каждому человеку, и разрабатывающая соответствующие способы защиты от них в любых условиях обитания человека.*

Пионерами зарождения науки о безопасности были С. В. Белов, В. Л. Лапин, О. Н. Русак.

БЖД не решает специальных проблем безопасности: они — удел специальных дисциплин (отраслевой безопасности труда, радиационной безопасности, электробезопасности, космической безопасности и т. д.). Но БЖД обеспечивает общую грамотность в области безопасности, это научно-методический фундамент для всех без исключения специальных дисциплин безопасности. Человек, освоивший БЖД, надежно защищен от опасностей, не навредит другому, способен грамотно действовать в условиях опасности. БЖД — это не средство личной защиты, как полагают некоторые. БЖД — это защита личности, общества и государства. Введение БЖД в вузах (1990) и ОБЖ в шко-

лах (1991) — величайшее достижение советской образовательной системы в области безопасности.

4. БЖД решает три группы учебных задач:

а) идентификация (распознавание) опасностей — рассмотрение вида опасности, пространственных и временных координат, уровня (интенсивности) опасности, риска возможного ущерба, вероятности и др.;

б) профилактика идентифицированных опасностей на основе сопоставления затрат и выгод;

в) действия в условиях чрезвычайных ситуаций, так как часть идентифицированных опасностей в соответствии с концепцией остаточного риска может с определенной вероятностью реализоваться.

5. БЖД рассматривает опасности, с которыми может столкнуться человек в процессе своей жизни и деятельности. Их можно разделить по происхождению на 6 групп: природные, антропогенные, биологические, техногенные, социальные, экологические.

Исходя из вышесказанного, можно сделать следующие выводы:

1) БЖД — неотъемлемая составная часть и обязательная образовательная компонента подготовки всесторонне развитой личности;

2) этот предмет должен входить в государственные образовательные стандарты всех специальностей и направлений без какого-либо исключения в интересах личности, общества, государства.

# СВЯЗЬ БЖД С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ

Особенность безопасности деятельности как области научных знаний заключается в том, что она логически связана со многими дисциплинами различной природы (техническими, психологическими, экономическими, правовыми и др.). Знание этих зависимостей необходимо для системного анализа вопросов безопасности. Рассмотрим некоторые дисциплины и отрасли, имеющие отношение к дисциплине БЖД (в алфавитном порядке).

## ВЕНТИЛЯЦИЯ

Воздух — важнейший жизненно важный элемент среды обитания. Суточное потребление воды человеком составляет ~ 0,002 м$^3$, продуктов питания 2–3 кг, а воздуха 12 м$^3$, или примерно 15 кг. Без воздуха человек может обходиться несколько минут. Нормальный состав сухого воздуха в объемных концентрациях выглядит так: $N_2$ — 78%; $O_2$ — 21%; $CO_2$ — 0,03%.

Оставшийся процент составляют инертные и иные соединения.

В результате деятельности воздух претерпевает физические и химические изменения, может обогащаться такими соединениями, как $SO_2$, $CO$, $CO_2$, $NO_2$, $NH_3$ и другими, которые небезвредны для человека.

Таким образом, возникает задача нормализации воздушной среды, которая, как правило, сводится к удалению загрязненного воздуха и замене его свежим.

Этот процесс организованного обмена воздуха называется вентиляцией или аэрологией.

Свежий воздух в помещение может подаваться по трубам, аэрацией, естественным путем (инфильтрацией) и другими способами.

Без вентиляции невозможна нормальная деятельность. В системе безопасности деятельности вентиляция является основным средством

нормализации воздушной среды и обеспечения здоровых и безопасных условий.

Каждый человек, получивший техническое образование, должен знать основы вентиляции.

## ГЕЛИОБИОЛОГИЯ (от *греч.* HELIOS — СОЛНЦЕ + БИОЛОГИЯ)

Давно замечено, что Солнце оказывает исключительно сильное влияние на земную жизнь. Давая жизнь всему живому на Земле, циклические колебания солнечного излучения отражаются на жизнедеятельности живых организмов. Так, установлено влияние солнечной активности на возникновение и обострение ряда заболеваний у человека и животных. Прогнозы резких колебаний солнечной активности должны учитываться в практике обеспечения безопасности. Раздел биофизики, изучающий влияние изменений активности Солнца на земные организмы, называется *гелиобиологией*. Один из основателей гелиобиологии — А. Л. Чижевский. Его перу принадлежит ряд публикаций, в том числе книга «Земное эхо солнечных бурь». А. Л. Чижевский установил связь нервных и психических заболеваний с изменением солнечной активности. Об изменениях солнечной активности судят по числу солнечных пятен, определяемому по формуле, предложенной Р. Вольфом в 1848 г.

## ГЕРОНТОЛОГИЯ (от *греч.* GERON — СТАРИК И LOGOS — УЧЕНИЕ) И ГЕРИАТРИЯ (от *греч.* GERON — СТАРИК И IATREIA — ЛЕЧЕНИЕ)

Согласно классификации ВОЗ, взрослое население мира делится по возрасту на следующие группы: 25–44 — молодые люди; 45–64 — средний возраст; 65–74 — пожилые люди; 75–90 — старость; от 90 лет — долгожители. Средняя продолжительность жизни людей в различных странах мира колеблется в очень широких пределах, примерно от 40 до 80 лет.

Отчасти она зависит от условий деятельности. Причем различные заболевания у людей могут возникать в пренатальный период развития (в утробе матери). С возрастом происходит старение организма, изучением этого занимается наука *геронтология*. Раздел медицины, изучающий особенности заболеваний у людей пожилого

и старческого возраста и разрабатывающий методы их лечения, называется *гериатрией*.

Вопросы возрастной безопасности необходимо учитывать при организации работы всех возрастных групп, от детей до долгожителей.

## ИНЖЕНЕРНАЯ ПСИХОЛОГИЯ

В процессе труда человек пользуется различными приборами и техническими средствами. Например, в кабине современного самолета размещаются десятки приборов. Они не могут быть расположены произвольно. Это затруднило бы действия пилотов. Инженерная психология — это отрасль знаний, изучающая психологические особенности и процессы информационного взаимодействия человека с техническими средствами. Результаты изысканий в инженерной психологии используются в эргономике и безопасности деятельности в целом.

## КУЛЬТУРА БЕЗОПАСНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Общее понятие культура (от *лат.* cultura — воспитание, образование, почитание) — это совокупность созданных человеком жизненных форм поведения.

Под культурой безопасности деятельности понимается уровень развития человека и его отношение к проблемам безопасности. Можно кратко сказать, что культурным человеком в вопросах безопасности деятельности является тот, кто обладает соответствующими знаниями, умеет их применять и владеет навыками защиты от опасностей и всегда поступает согласно правилам безопасности. Формирование культуры безопасности надо начинать с раннего возраста и поддерживать в течение всей жизни человека.

В рамках ОБЖ и БЖД необходимо предусмотреть специальные занятия, посвященные культуре безопасности деятельности. Важнейшим элементом культуры безопасности является профилактика опасностей.

## МЕТЕОРОЛОГИЯ

Метеорология (от *греч.* meteora — атмосферные явления) — наука об атмосфере Земли и происходящих в ней процессах. Она изучает состав и строение атмосферы; теплооборот и тепловой режим в атмосфере и на земной поверхности; влагооборот и фазовые превращения воды в атмосфере, движение воздушных масс; электрические, оптические и акустические явления в атмосфере. Дискуссионным является вопрос о потеплении климата и проблема парникового эффекта.

Ураганы, бури, смерчи наносят огромный ущерб жителям Земли, вызывают массовую гибель людей.

Прогнозы метеорологических явлений имеют исключительное значение для обеспечения безопасности жителей планеты Земля.

## НАНОТЕХНОЛОГИИ (от *греч.* NANOS — КАРЛИК)

Понятие нанотехнология в РФ гостировано (ГОСТ Р 55416-2013).

Под нанотехнологиями понимаются методы, устройства и системы, в которых используются элементы нанодиапазона, т. е. имеющие размер менее 100 нм хотя бы в одном измерении.

Выражение «нанотехнологии» появилось во второй половине XX в. в зарубежной литературе.

Нано (по-русски обозначается «н»; в иностранной литературе «n») — приставка, обозначающая $10^{-9}$ м, т. е. одну миллиардную часть метра.

Существует априорное предположение, что наночастицы могут ввиду малых размеров глубже проникать в другие среды, в том числе в организм человека.

На нанотехнологии возлагаются большие, революционные надежды. Поэтому существует объективная необходимость проводить опережающие исследования возможных опасных свойств наноматериалов и нанотехнологий.

## НОКСОЛОГИЯ

Ноксология (от *греч.* noxius — вредность) — раздел безопасности деятельности, рассматривающий вредоносность и опасности современного мира.

## ОСВЕЩЕНИЕ

Свет — важнейший элемент среды обитания, оказывающий глубокое влияние на организм человека. Под влиянием света ускоряются процессы высшей нервной деятельности, улучшается настроение, повышается общая и умственная активность и деятельность дыхательных органов. Недостаток света вызывает напряжение глаз, затрудняет различение предметов, угнетает деятельность основных функций организма. Доказано, что неправильное освещение способствует увеличению числа ошибок. Для эффективной деятельности человека необходимо создавать рациональное освещение.

Рациональное освещение должно создавать нормальную освещенность, обеспечивать нормальную цветопередачу, исключать слепимость, являться равномерным и экономичным.

Различают естественное и искусственное освещение. Естественное освещение является обязательным условием нормальных условий деятельности.

В «Специальной оценке условий труда» законодательно считается, что достаточно искусственного освещения.

## ПРАВО

Право — это совокупность устанавливаемых и охраняемых государством норм и правил, регулирующих отношение людей в обществе, а также наука, изучающая эти нормы и правила. В каждой стране существует национальное законодательство. Основным законом Российской Федерации является Конституция РФ. В соответствии с Конституцией принимаются все другие законодательные акты. В системе законодательства закреплены такие права человека, как:

- право на благоприятную окружающую среду;
- право граждан на достоверную информацию;
- право на возмещение ущерба, причиненного здоровью;
- право граждан на безопасные условия труда и др.

Различают различные отрасли права: конституционное, гражданское, трудовое, уголовное, семейное, административное и др.

Совокупность юридических норм, создаваемых совместно государствами с целью регулирования их взаимных отношений, называется международным правом.

Существует международное гуманитарное право, которое состоит из двух разделов. Один называется «Женевское право», другой «Гаагское право».

Женевское право охраняет интересы больных и раненых военных. Гаагское право ограничивает выбор средств нанесения ущерба противнику. Все действия в области безопасности деятельности должны носить правовой характер.

## СЕЙСМОЛОГИЯ (от *греч.* SEISMOS — КОЛЕБАНИЯ)

Наука, изучающая землетрясения и связанные с ними явления. Выясняет причины землетрясений, связи с тектоническими процессами и возможность их предсказания. Используется для исследования внутреннего строения Земли и определения положения важнейших границ раздела между ее «твердыми» оболочками. Решает задачи по сейсмическому районированию и микрорайонированию. Как самостоятельная наука сейсмология возникла во 2-й половине XIX в. На Земле ежедневно происходит много землетрясений различной

интенсивности, которая оценивается в сейсмических баллах; для энергетической классификации пользуются магнитудой (шкала Рихтера). В условиях катастрофических землетрясений погибли тысячи людей (Лиссабонское землетрясение 1755 г., Калифорнийское 1906 г., Ашхабадское 1948 г.) Обеспечение сейсмической безопасности деятельности — сложная научная и практическая проблема.

## ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И СТАТИСТИКА

В последние годы происходит интенсивное внедрение теоретико-вероятностных и статистических методов в практику анализа и синтеза процессов безопасности деятельности. Это происходит потому, что опасные события носят массовый и случайный характер.

Первая попытка применения математических методов для решения практических вопросов принадлежит М. В. Остроградскому, опубликовавшему предложения по этому вопросу еще в 1846 г.

Классическое определение вероятности $P(A)$ любого события $A$ есть отношение числа $m$ элементарных событий, благоприятствующих данному событию, к общему числу $n$ равнозначных событий:

$$P(A) = m/n.$$

Из определения вытекает, что всегда $0 \leq P(A) \leq 1$.

Статистическая теория относится к массовым процессам. Главным орудием статистики являются обобщающие показатели, основанные на данных массовых наблюдений. Основой статистики является метод группировок. Другим важным положением теории статистики является закон больших чисел. Нельзя переоценивать роль статистики. Статистико-математические методы должны применяться к измерению закономерностей, раскрытых специфическим анализом объекта реальной природы.

## ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Техника безопасности — это система технических средств и мероприятий, обеспечивающих безопасность деятельности. Как правило, все виды оборудования снабжены определенными средствами безопасности. К технике безопасности относятся различные системы ограждения, тормоза, ограничители грузоподъемности, предохранительные клапаны и разрывные мембраны, защитное заземление, ловители (в лифтах), блокировочное устройство и др.

## ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ

Сравнительно недавно в системе законодательства появилась новая система безопасности, получившая название техническое регулирование. В соответствии с законом (№ 184-ФЗ от 27.12.2002 г.), *техническое регулирование* — это правовое регулирование отношений в области установления, применения и исполнения обязательных требований к продукции, процессам проектирования, производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации. Техническое регулирование не распространяется на охрану труда и окружающую среду.

В техническом регулировании различают международные стандарты (принятые международной организацией) и национальные стандарты (утвержденные национальным органом РФ по стандартизации).

Технический регламент — документ, принятый в соответствии с законодательством.

Идентификация продукции — установление тождественности характеристик продукции ее существенным признаком.

Сертификат соответствия — документ, удостоверяющий соответствие объекта требованиям технических регламентов, положениям стандартов, сводов правил или условиям договоров.

Требования безопасности деятельности имеют антропоцентрическую направленность, то есть ориентированы на обеспечение безопасности человека, а техническое регулирование направлено на обеспечение безопасности продукции и связанными с ее созданием процессами.

## ТОКСИКОЛОГИЯ

Токсикология (от *греч.* toxikon — яд) — область медицины, изучающая физические и химические свойства ядов, механизмы их действия на живые организмы, признаки отравлений, изыскивающая средства их профилактики и лечения, а также формы полезного использования токсических свойств ядов. Токсикология как наука в современном понимании этого слова существует уже более 100 лет. Основоположниками промышленной токсикологии являются отечественные ученые Н. В. Лазарев и Н. С. Правдин.

В качестве синонима слова «яд» в токсикологии употребляются такие слова, как токсикант, отравляющее вещество, ксенобиотик.

Раздел токсикологии, в котором содержатся данные о токсичности веществ, называется токсикометрией.

Для безопасности деятельности основное значение имеет профилактическая токсикология, которая разрабатывает нормативы предельно допустимых концентраций (ПДК) токсикантов, а также правила и нормы обеспечения безопасности при работе с ядами.

## ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

Физиология (от *греч.* physis — природа) — это биологическая наука, изучающая механические, физические и биохимические функции живых организмов, в том числе человека.

Организм человека — это очень сложная биологическая система, в которой каждый орган выполняет определенную функцию, а в целом они работают в полной гармонии. Можно выделить следующие физиологические системы: нервная, вегетативная, гормональная, система крови, гомеостаз, сердечная, дыхательная, пищеварительная, терморегуляция, репродуктивная, сенсорная, головной мозг и множество других. Под воздействием неблагоприятных условий деятельности в системах человека могут происходить патологические изменения.

По существу безопасность деятельности направлена на сохранение физиологических систем человека в нормальном, здоровом состоянии. Чтобы создавать условия, благоприятные для существования человека, необходимо знать как устроен человек и отдельные его системы.

## ЭКОЛОГИЯ

Термин экология (от *греч.* oikos — дом, родина) введен в науку в 1866 г. немецким биологом Эрнстом Геккелем.

Экология — это наука о взаимоотношениях живых организмов между собой и окружающей их средой. В основном экология изучает живые системы от организма и выше. За пределы узкого круга биологов экология вышла только во второй половине XX века. Однако очень скоро стали говорить об экологическом кризисе, т. е. переходе биосферы к неустойчивому развитию. Признаками экологического кризиса являются такие процессы, как вымирание биологических видов, загрязнение воды, воздуха, почвы, пищи, рост численности населения.

Более 30% населения планеты голодает.

Современное мироустройство не соответствует экологическим требованиям. Современная цивилизация носит потребительский характер. Человечество потеряло грань между необходимым и избыточным. Дальнейшее развитие человечества по пути роста потребления неизбежно ведет к экологической катастрофе. Человечество должно сменить систему ценностей, чтобы сохранить природу Земли, которая является единственной основой существования жизни на нашей планете.

Экологические аспекты безопасности деятельности составляют основу всей системы безопасности. Резервы природы исчерпаны, сохранить то, что осталось — наша задача.

## ЭКОНОМИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Для обеспечения безопасности людей необходимы огромные материальные и финансовые средства. Поэтому некоторые мероприятия проводят после того, как нежелательные события произошли. За вредные и опасные условия труда на производстве предусмотрены гарантии и компенсации, на оплату которых расходуются огромные средства. Совокупные социальные потери от заболеваний и травм могут достигать значительных показателей — 4% ВВП. Это большие затраты.

Напомним, что ВВП — это валовый внутренний продукт, т. е. совокупная стоимость конечных товаров и услуг, произведенных на территории данной страны и используемых в течение данного года на потребление и накопление. Валовый национальный продукт (ВНП) в отличие от ВВП включает и суммы чистых доходов из-за границы.

Поэтому встречаются недобросовестные стремления представить с помощью манипуляций в лучшем виде положение дел, чем это имеет место фактически быть, используя необъективные «специальные» оценки условий деятельности и спекулятивные приемы. Такие действия имеют антисоциальный характер. Основным средством защиты этих неправильных явлений — коллективные действия самих работающих, организованные на основе социологических опросов.

## ЭРГОНОМИКА

Эргономика (от *греч.* ergon — работа и nomos — закон) — это отрасль знаний, изучающая оптимальные соотношения человека и оборудования, с которым человек взаимодействует в процессе деятельности. Так, например, школьные парты и офисная мебель должны соответствовать антропометрическим данным учащихся и сотрудников.

Объект изучения эргономики — эргатические системы, т. е. системы, в которых действует человек. Задача эргономики состоит в том, чтобы обеспечить соответствие размеров рабочего места, досягаемость пультов управления физиологическим возможностям оператора.

Эргономические требования пока недостаточно востребованы в обычных условиях обитания. Все, чем пользуется человек, должно быть эргономично. Это доставляет, кроме всего прочего, эстетическое удовлетворение и благотворно влияет на здоровье. Эргономику иногда отождествляют и объединяют с инженерной психологией, что неверно.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Перечень дисциплин, имеющих связь с безопасностью деятельности, можно было бы продолжить. Очевидно, что проблемы безопасности невозможно решать без знания математики, физики, химии, медицины, психологии и других дисциплин. Обусловлено это тем, что деятельность носит универсальный характер. Предоставляем возможность читателям самим показать связь безопасности деятельности с другими, не названными еще дисциплинами.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

По согласованию с преподавателем выберите одну из дисциплин и раскройте ее содержание с безопасностью деятельности. Оформите свою работу в виде реферата объемом 10–15 машинописных страниц, включая таблицы, формулы и рисунки (схемы).

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ

# ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

*Нет ничего практичнее,*
*чем хорошая теория.*

Л. Больцман

ГЛАВА 1

# ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ПРИНЦИПЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

*Итак, все вдумчиво обсудим,*
*Чтоб не трудиться наугад,*
*Презренье тем ничтожным людям,*
*Что необдуманно творят.*

Ф. Шиллер

## § 1.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

### ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ. ПАССИОНАРНОСТЬ

Человек обладает особым свойством, которое в научной литературе называется деятельностью (СЭС. М., 1980. С. 386).

*Деятельность* — специфически человеческая форма активного отношения к окружающему миру, содержание которой составляет его целесообразное преобразование.

Виды деятельности многообразны: игра, учеба, спорт, творчество. Высшей формой деятельности является труд. Деятельность человека начинается с рождения и продолжается всю жизнь. Деятельность является обязательным условием существования людей. Все материальные и культурные ценности создаются в процессе деятельности. Деятельность носит осознанный, целенаправленный характер.

Чем обусловлен всеобщий и объективный характер деятельности? Советский ученый Л. Н. Гумилев (1912–1992), создавший учение о человечестве и этносах, объяснял присущее человеку непреоборимое внутреннее стремление (осознанное или, чаще, неосознанное) к деятельности пассионарностью.

*Пассионарность* по Л. Н. Гумилеву — это внутреннее качество, свойственное Homo Sapiens и направленное на достижение какой-либо цели (нередко иллюзорной). Таким образом, пассионарность — это внутренняя причина деятельности. Поэтому человек не может не

действовать. Деятельность — постоянное, присущее всем людям качество, в основе которого лежат психические свойства, состояния и процессы человека.

Человек всегда осуществляет деятельность в определенной среде. Среда состоит из множества элементов, которые обладают определенными свойствами, воздействующими на человека. В свою очередь и человек представляет сложноорганизованный объект. Таким образом, деятельность можно определить как системный процесс взаимодействия человека с окружающей средой.

## СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД

Деятельность носит системный характер. Под *системой* понимается совокупность элементов, находящихся в определенных отношениях друг с другом и образующих некую целостность. К элементам системы относятся как материальные тела, так и всевозможные связи, свойства, знания, качества, отношения, информация. Во всех системах, связанных с деятельностью, человек является обязательным элементом по определению. Система обладает качествами, которых нет у образующих ее элементов. Это свойство систем называется *эмерджентностью*, то есть новым качеством, возникающим в результате взаимодействия элементов.

Это положение вытекает из принципа Берталанфи (1969), согласно которому «целое представляет собой нечто большее, чем сумма составляющих ее элементов». Другое свойство системы характеризует принцип Ле Шателье, гласящий, что «внешнее воздействие, выводящее систему из термодинамического равновесия, вызывает в ней процесс, стремящийся ослабить результаты этого воздействия, или применительно к безопасности: «Эволюция новой системы идет в направлении снижения потенциальной опасности».

Под *системным подходом* понимается рассмотрение целого как объективно существующей иерархии организованных и взаимодействующих систем. В соответствии с системным подходом целое понимается не как простая сумма, а как функциональная совокупность, обладающая целостностью и несводимостью к составляющим ее элементам.

В системном подходе выделяют три направления: 1) системологию, то есть теорию систем; 2) системотехнику, то есть практику; 3) системный анализ, то есть методологию.

Итак, системный подход в БЖД представляет совокупность методов и средств выработки, обоснования и принятия решений на основе учета необходимого и достаточного числа компонентов, влияющих на безопасность.

## ЭРГАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ. ДЕКОМПОЗИЦИЯ

Системы, в которых определенные функции выполняет человек, называются *эргатическими* (от *греч.* ergon — работа; деятельность как специфическое свойство, присущее только человеку). Примеры таких систем: «человек – окружающая среда», «человек – машина», «человек – рабочее место», «человек – производственная среда» и т. п. В эргатических системах человеку принадлежит приоритетное, центральное место. Известный психолог Б. Ф. Ломов назвал это принципом антропоцентризма (*Ломов Б. Ф.* Человек и техника. М.: Советское радио, 1966. 453 с.). Изучение деятельности объективно связано с анализом элементов эргатических систем. Для этого необходимо большие системы разделить на мелкие, выделив в них необходимые для анализа объекты, связи, отношения, качества. Этот процесс будем называть *декомпозицией*. Декомпозиция — это методический прием аналитического исследования рассматриваемой среды.

На рисунке 1.1 показаны варианты декомпозиции. Стрелками показано взаимодействие между человеком и окружающими элементами. Нетрудно видеть, что каждый из приведенных на рисунке элементов по своей природе системен и при необходимости может быть подвергнут дальнейшему процессу декомпозиции. Степень детализации зависит от целей и задач декомпозиции.

**Рис. 1.1**
*Декомпозиция системы «человек–окружающая среда»:*
*а* — бинарная; *б* — общая; *в* — производственная.

Декомпозиция позволяет с требуемой детализацией выделить необходимые для анализа объекты естественного и искусственного происхождения, из которых состоит система.

## ФАКТОРЫ И УСЛОВИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Обладая определенными свойствами, элементы окружающей среды оказывают воздействие на организм человека. Такие воздействия называются *факторами* (от *лат.* factor — делающий, производящий). Например, непременным элементом среды обитания является воздух. Одним из свойств воздуха является его температура, всегда оказывающая определенное влияние на организм человека. Температура воздуха — это фактор среды, в которой происходит деятельность. Человек живет в мире звуков. Звук — это тоже фактор среды. Элементом среды обитания и условием жизни и деятельности является такой фактор, как свет. Звук и свет доставляют человеку разнообразную информацию, которая влияет на человека и также относится к факторам. Рассмотренные факторы являются внешними по отношению к человеку, или экзогенными. Но человек может испытывать

**Рис. 1.2*а***
*Объекты окружающей среды, в которых образуются факторы, воздействующие на человека*

определенные воздействия и со стороны своего организма (эмоции, болевые ощущения, страх, усталость и т. п.). Эти воздействия также относятся к факторам. В отличие от внешних они являются внутренними по отношению к человеку, или эндогенными.

По природе факторы среды могут иметь вещественную (пыль, газ), энергетическую (вибрация, звук, свет) или информационную (речевые сообщения, условные сигналы) основу. Факторы образуются в различных сферах окружающей среды (рис. 1.2*а*).

*Окружающая среда* — это все то, что находится вокруг человека и может взаимодействовать с ним тем или иным способом, это среда обитания человека, включающая природные и искусственно созданные объекты с их свойствами и зависимостями между собой.

Резюмируя, подчеркнем, что *фактор — это любое воздействие, оказывающее влияние на организм человека*. Как правило, одновременно на человека влияет не один, а несколько факторов. Суммарное действие их может усиливаться или ослабляться. Совокупность факторов, воздействующих на человека, будем называть условиями, в которых осуществляется деятельность, или просто *условиями деятельности*. Выдающийся русский физиолог И. М. Сеченов (1829–1905) подчеркивал единство организма и факторов, воздействующих на человека.

### ФАКТОРЫ И ОПАСНОСТИ

Рассмотрим подробнее такие понятия, как опасность и фактор. Что объединяет эти понятия и в чем их различие? Как соотносятся они между собой?

Фактор может быть различным по величине — незаметным, слабым, сильным и т. д. При достижении некоторого значения фактор может оказать отрицательное воздействие на здоровье человека. Такой фактор называется *опасностью*.

Например, высокая температура может быть причиной теплового удара, а очень низкая — обморожения. Чрезмерный уровень звука может стать источником акустической травмы. Большая запыленность воздуха — потенциальная причина заболеваний пневмокониозом.

Не всякий фактор является опасностью, то есть понятие фактора шире, чем понятие опасности. Фактор — это любое воздействие, а опасность — это фактор, приносящий ущерб здоровью человека.

Существуют три механизма превращения фактора в опасность: 1) рост величины (например, электрическое напряжение); 2) малые воздействия в течение длительного времени, то есть кумулятивный эффект (например, ионизирующее излучение); 3) совместное действие факторов.

## ИСТОЧНИКИ И МЕТОДИКИ ПОЛУЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ О ФАКТОРАХ И ОПАСНОСТЯХ

К источникам информации об опасностях относятся все объекты окружающей среды, в том числе биосфера, техносфера, население, инфосфера, геосфера, антропосфера и др.

Применительно к анализу безопасности конкретной деятельности можно указать три источника, а именно:

- физические объекты, связанные с производственными и трудовыми процессами (предметы труда, сырье, оборудование, технологии, здания, сооружения, получаемая продукция, отходы производства, животный и растительный мир, траснпорт и др.);
- документальные источники, в которых отражаются вопросы безопасности (законы, правила безопасности, предписания органов контроля, акты расследования несчастных случаев, аварий, международные информационные листки опасностей по профессиям и др.);
- люди — живые носители опыта и информации (работники, инженерно-технический персонал, инспекторы, администраторы).

Методы получения информации разнообразны, к основным относятся следующие:

- органолептические (от орган и *греч.* leptikos — вбирающий), т. е. методы выявления свойств вещей и объектов с помощью органов чувств, в том числе инстинкт, интуиция, память, мозг;
- метрологические, основанные на измерениях;
- расчетные, основанные на аналитических зависимостях;
- экспертные, основанные на мнениях специалистов;
- социологические, основанные на опросах общественного мнения;
- контролирующие, основанные на результатах инспектирующих органов и др.

## ОПАСНОСТЬ И УЩЕРБ ЗДОРОВЬЮ

Под опасностью понимается все то, что может причинить непосредственный ущерб здоровью человека. Другими словами, опасность — это потенциальный источник ущерба здоровью человека.

В нашей версии под ущербом здоровью понимается только заболевание, травма или летальный исход. В некоторых источниках дополнительно рассматривается ущерб имуществу и окружающей среде (ГОСТ 51898-2002 «Аспекты безопасности. Правила включения в стандарты»), однако расширительное толкование ущерба противоречит принципу антропоцентризма. Опасности рассматриваются только по отношению к человеку.

## СИСТЕМА «ЧЕЛОВЕК–ОПАСНОСТЬ»

Опасность — это центральное понятие в области научных знаний, именуемой безопасностью деятельности. Выделение эргатических систем различных уровней преследует цель идентификации (нахождения) опасностей (потенциальных или реальных). Процесс декомпозиции состоит в последовательном расчленении среды обитания человека на эргатические системы и подсистемы. Заканчивается этот процесс выделением таких систем, как «человек–рабочее место», «человек–условия труда», «человек–опасность».

Система «человек – опасность» является предметом дальнейшего анализа, в результате которого осуществляется идентификация опасностей. Под *идентификацией* опасностей понимается процесс и результат распознавания вида опасностей, установление их возможных причин, пространственных и временных координат, частоты (вероятности) проявления, величины (мощности), возможных последствий, то есть необходимых и достаточных данных для организации превентивных мер.

Рассмотрим элементы системы «человек–опасность».

## ЧЕЛОВЕК КАК ЭЛЕМЕНТ СИСТЕМЫ «ЧЕЛОВЕК–ОПАСНОСТЬ»

В системе «человек–опасность» человек может выполнять следующие три роли: быть объектом, средством защиты и источником опасности (рис. 1.2*б*). Учет характеристик человека предоставляет огромный резерв возможностей в обеспечении безопасности. Человек от природы снабжен механизмами защиты в виде инстинкта, интуиции, систем анализаторов (зрение, слух, осязание, обоняние, вкус), гомеостаза, нервной системы. Психическая система человека характеризуется психическими свойствами, процессами и состояниями. Человек предопределяет условия совместимости с окружающей средой (антропометрические, биофизические, информационные, энергетические, психологические, социальные и др). Человек — система адаптирующаяся. Особое значение в процессе адаптации имеет обучение. Системы организма нормально функционируют лишь в определенных пределах.

**Рис. 1.2*б***
*Ипостаси человека в системе «человек–опасность»*

Закономерности функционирования нервной системы изучают психология, психология труда, инженерная психология, психология безо-

пасности. Известны результаты исследований таких психологов, как Г. Мюнстерберг (1863–1916), К. Марбе (1869–1953), В. Штерн (1871–1938), И. Н. Шпильрейн (1891–1941), С. Г. Геллерштейн (1896–1967), М. А. Котик (1920–1993), В. И. Барабаш (1925–2001) и др.

Для анализа систем безопасности знание закономерностей, которым подчиняется деятельность человека, очень важно.

## ОПАСНОСТЬ КАК ЭЛЕМЕНТ СИСТЕМЫ «ЧЕЛОВЕК–ОПАСНОСТЬ»

Человек подвергается опасностям в самых разных и порой неожиданных обстоятельствах в быту, на производстве, в военных действиях, в криминальных ситуациях, в террористических актах, на отдыхе, в спорте, в природных катаклизмах, в чрезвычайных условиях и т. п. Естественно, что при этом этиология опасностей и сами опасности крайне неоднородны. Методы и средства предотвращения опасностей и защиты от них требуют учета специфики обстоятельств и специальных знаний. Поэтому следует конкретизировать класс опасностей, изучаемых в той или иной области знаний. Невозможно исследовать столь разнородные опасности в одной дисциплине. Каждая область знаний имеет свои границы компетентности. Следует выделять объекты и предметы в конкретных дисциплинах, учитывая характер рассматриваемых опасностей. БЖД как учебная и научная дисциплина рассматривает *непосредственные* (по отношению к человеку) опасности *непреднамеренного* характера и разрабатывает адекватные превентивные мероприятия. Объектом изучения БЖД является деятельность, а предметом — система «человек–опасность». В то же время все опасности обладают определенными общими свойствами, которые рассмотрены далее.

В данном учебнике не рассматриваются опасности, связанные с преступной деятельностью. Это предмет специальных дисциплин.

## СВОЙСТВА ОПАСНОСТЕЙ

Рассмотрим более подробно свойства опасностей.

1. Опасности имеют потенциальный характер.

Понятие «потенциальный» (от *лат.* potentia — сила) означает возможность, которая может реализоваться при определенных условиях. Эти условия называются *причинами* реализации опасностей. В дальнейшем причины будут рассмотрены подробнее. Так как причины потенциальных опасностей до их реализации неизвестны, то слово «потенциальный» в контексте нашего анализа имеет еще значение «скрытый», «возможный».

2. Потенциальные опасности реализуются стохастически, то есть случайно, с некоторой вероятностью.

3. Опасности могут находиться в любой точке пространства. Это свойство называется *тотальностью*.

4. Опасности перманентны, то есть постоянны, непрерывны.

5. Опасности вариабельны, то есть изменяются по величине, что и является объективной предпосылкой управления безопасностью.

6. По определению опасности причиняют ущерб здоровью человека.

Итак, опасности потенциальны, тотальны, перманентны, стохастичны, вариабельны, причиняют ущерб здоровью.

## АКСИОМА (ПРЕЗУМПЦИЯ) ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ОПАСНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Благодаря постоянному воздействию опасностей у человека выработался безусловный рефлекс, называемый инстинктом. *Инстинкт* (*лат.* instinctus — побуждение) — совокупность сложных врожденных реакций (актов поведения) организма, возникающих в ответ на внешние или внутренние раздражения. Человеку свойственны оборонительные и пищевые инстинкты, инстинкт убегания, осторожности и др.

Практическая деятельность людей является основой *интуиции* (*лат.* intuitio — пристально смотрю), то есть способности чувствовать, воспринимать подсознанием опасность путем прямого ее усмотрения без каких-либо доказательств. Наличие инстинктов и интуиции является косвенным свидетельством того, что опасности всегда сопровождают все виды деятельности человека.

Многовековой опыт человечества и рассмотренные свойства опасностей позволяют сформулировать **аксиому о потенциальной опасности** любого вида деятельности. Аксиома может быть сформулирована в очень простой форме: **любая деятельность потенциально опасна**. В некоторых источниках аксиома называется презумпцией потенциальной опасности (например, в Федеральном законе «Об охране окружающей среды»). Аксиома предложена в 1982 г. (О. Н. Русак, Введение в охрану труда. Лекции. ЛТА, 1982, с. 14).

## НОМЕНКЛАТУРА ФАКТОРОВ И ОПАСНОСТЕЙ

*Номенклатура* (*лат.* nomenclatura — перечень) — это некоторый список факторов и опасностей, составленный в определенном порядке и относящийся к определенному объекту, пространству, периоду и т. п. Относительно полная номенклатура некоторых факторов и опасностей приводится далее. Некоторым аналогом полной номенклатуры

опасностей является Международная статистическая классификация болезней и проблем, связанных со здоровьем (МБК-10). Частные номенклатуры составляют для отдельных отраслей, производств, рабочих мест, профессий, видов работ и т. п. Под эгидой международных организаций разрабатываются международные информационные листки опасностей по профессии (http://cis.cotspb.ru). Номенклатуры составляются по материалам наблюдений и обследований соответствующих объектов. На основе номенклатуры упрощается ранжирование опасностей и составление планов превентивных мероприятий.

**Некоторые факторы и опасности.**

*Простые факторы*: температура воздуха; атмосферное давление; влажность воздуха; скорость (подвижность) воздуха; температура воды; температура нагретых поверхностей; инфракрасное излучение; ультрафиолетовое излучение; ионный состав воздуха; лазерное излучение; магнитное поле; геомагнитное поле; электрическое поле; ЭМИ, ЭМП; электрический ток; статическое электричество; пыль (аэрозоль); газы, пары; вибрация; освещение естественное; освещение искусственное; радиация; шум; инфразвук; ультразвук; невесомость; ускорение; высота; клаустрофобия; агорафобия; напряженность деятельности; тяжесть деятельности; наркотики; алкоголь; молнии; обезвоживание; микроорганизмы; макроорганизмы; звук; свет; падения (гравитация); ксенобиотики; давление (кессонная болезнь); падающие предметы; колющие, режущие предметы; кинетическая энергия; психические свойства; психические процессы; психические состояния; страх; курение и др.

*Сложные факторы*: взрыв; пожар; горение; паника; суициды; землетрясения; наводнения; вулканы; сели; снежные лавины; туман; осадки; гололед; гололедица; магнитные бури; оползни; цунами; ураганы; смерчи и др.

## КЛАССИФИКАЦИЯ (ТАКСОНОМИЯ) ФАКТОРОВ И ОПАСНОСТЕЙ

Как уже отмечалось, факторов и опасностей много. Они имеют различные свойства, что является объективным основанием для их классификации по определенным признакам. *Классификация* (от *лат.* classis — разряд, класс) — это деление некоторой совокупности объектов по определенным признакам на группы или таксоны. *Таксономия* (от *греч.* taxis — порядок и nomos — закон) — строение, систематизация. Термин предложен швейцарским ботаником О. Декандолом в 1813 г.

Все опасности по генезису можно разделить на 2 группы: естественные и искусственные. Многие факторы при этом могут относиться

*Таблица 1.1*

**Классификация опасностей**

| Признак классификации | Классы (таксоны) | Примеры |
|---|---|---|
| Генезис | Естественные | Извержение вулкана |
| | Искусственные | Электрический ток |
| Природа объекта, порождающая опасности | Антропогенные | Клаустрофобия |
| | Биогенные | Микроорганизмы |
| | Природные | Землетрясение |
| | Социогенные | Наркомания |
| | Техногенные | Вибрация |
| | Экологические | Кислотный дождь |
| Характер воздействия на человека | Биологические | Макроорганизмы |
| | Механические | Вращающиеся детали |
| | Психофизиологические | Утомление |
| | Физические | Лазерное излучение |
| | Химические | Вещества различной природы |
| Время реализации | Импульсивные | Взрыв |
| | Кумулятивные | Шум |
| Реализуемая энергия | Активные | Ультразвук |
| | Пассивные | Неподвижные колющие предметы |
| Носитель опасности | Вещество | Окись углерода |
| | Информация | Трагическое сообщение |
| | Энергия | Ультрафиолетовое излучение |
| Локализация | Атмосфера | Молния |
| | Гидросфера | Шторм |
| | Литосфера | Оползень |
| | Космос | Астероид |
| Структура | Простые | Звук |
| | Сложные | Пожар |
| Среда | Биосфера | Флора |
| | Техносфера | Инфразвук |
| | Социум | Голод |
| Характер происхождения | Непреднамеренные | Производственные опасности |
| | Преднамеренные | Диверсии, террор |
| Метрологический | Параметрические | Шум, освещение |
| | Стохастические | Пожар, падение |
| Относительность | Внешние (экзогенные) | Все, что воздействует извне организма |
| | Внутренние (эндогенные) | Ощущения, идущие изнутри организма |

к обеим группам. Например, звуки, свет, ионизирующие излучения бывают как естественного, так и искусственного происхождения. По структуре факторы и опасности условно делятся на простые и сложные. Простой фактор (опасность) оказывает одно воздействие (вибрация, шум). Сложные факторы оказывают несколько различных по своей природе воздействий. Например, такой сложный фактор, как пожар, характеризуется образованием вредных веществ, высокой температурой, тепловым воздействием, светом и др. Иногда факторы и опасности классифицируют по средам или сферам. Среда представляет собой совокупность компонентов, с которыми взаимодействует человек в процессе деятельности. Именно в этой среде и образуются факторы, воздействующие на человека. Условно можно выделить 3 сферы: биосферу, техносферу, социум.

Понятие *биосфера* в 1875 г. в научный обиход ввел австрийский геолог Э. Зюсс (1831–1914), понимая под ним все то пространство атмосферы, гидросферы и литосферы, где встречаются живые организмы. Русский ученый В. И. Вернадский (1863–1945) создал науку с аналогичным названием. Биосфера — это арена жизни и деятельности человека. Здесь совершаются все процессы, от которых зависит жизнь человека. Верхней границей биосферы является озоновый экран, или слой. Выше озонового слоя существование живых организмов невозможно из-за жесткого ультрафиолетового излучения солнца. Нижней границей биосферы считаются донные отложения океана и верхние горизонты литосферы. В биосфере образуются факторы, которые принято называть природными, или биосферными, — ветер, снег, дождь, молнии и множество других.

*Техносфера* — это совокупность всех созданных человечеством объектов (орудий труда, машин, зданий, сооружений, веществ, материалов и т. п.). Этот термин ввел в 1920-е гг. академик А. Е. Ферсман. В техносфере образуются факторы искусственного происхождения, например шум, вибрация, инфразвук, ультразвук и др. К техносфере относятся также все преобразованные человеком природные объекты (сельскохозяйственные угодья, парки, сады и т. п.).

*Социум* — это сообщество людей. В нем формируются специфичные факторы (психологические, организационные, социальные), например, войны, болезни, страх, эмоции, наркотики, голод, алкоголь, обман, шантаж, разбой, убийства и др.

Более детальная классификация опасностей приведена в таблице 1.1. Отметим, что эта таблица может быть расширена за счет увеличения числа признаков классификации.

## ПРИЧИНЫ (ЭТИОЛОГИЯ) ОПАСНОСТЕЙ

Как уже отмечалось, опасности носят потенциальный, скрытый характер. Чтобы опасность реализовалась и стала причиной ущерба здоровью людей, необходимы определенные условия. Эти условия будем называть причинами, или этиологией (от *греч.* aitia — причина и ...логия).

Если происходит несчастный случай, авария или любое другое опасное событие, то всегда следует установить, выявить причины. Это необходимо для того, чтобы предотвратить в дальнейшем возникновение подобных событий. Причины в общем случае можно разделить на организационные, технические, технологические, психофизиологические, природно-климатические. Чтобы использовать данную классификацию в условиях конкретной деятельности, необходимо составить более детальный перечень причин, относящихся к каждой группе. Наблюдениями установлено, что каждый инцидент, опасный случай имеет не одну, а несколько причин. Другими словами, реализующиеся опасности многопричинны. При этом причины образуют иерархическую структуру, то есть каждая причина в свою очередь имеет свою причину. Таким образом образуется цепочка причин. Причины имеют ключевое значение в решении проблем безопасности. Необходимо подчеркнуть, что причины это те же факторы, оказывающие опосредованное (через опасности) действие на человека. Без причин нет опасностей.

Анализ реализовавшихся опасностей и построение адекватных деревьев опасностей и причин (ДОП) позволяет наиболее полно расследовать обстоятельства событий и выявить все актуальные причины. Под актуальными для данного уровня управления понимаются причины, устранение которых возможно при помощи превентивных мероприятий. Еще раз необходимо обратить внимание на принцип многопричинности реализующихся опасностей. Если в результате расследования установлено менее четырех причин, то это однозначно свидетельствует о поверхностном анализе случившегося события. Чтобы убедиться в принципе многопричинности, достаточно к каждой установленной причине поставить вопрос «почему?». В результате такого последовательного анализа образуется иерархическая (соподчиненная, уровневая) цепочка причин.

Цепочка причин может быть очень длинной, если не ставить реальных ограничений. Анализ события и выявление причин следует заканчивать по мере снижения актуальности и уменьшения возможности влияния на устранение причин. Практически достаточно рассмотреть 5–6 причинных уровней.

В иерархической цепочке причин можно различить триаду «потенциальная опасность–причины–последствия». Элементы триады образуют логическую цепь событий. Как правило, происходит взаимопереход элементов триады: последствия могут стать причиной опасностей другого уровня, которые в свою очередь под влиянием причин вызовут новые последствия и т. д. (рис. 1.3*а*).

**Рис. 1.3*а***
*Триада «потенциальная опасность–причины–последствия»*

В основе профилактики несчастных случаев по существу лежит поиск причин.

В научной и технической литературе причины, связанные с человеком, называют «человеческим фактором». Приходится встречаться с мнением, что доля причин, приходящихся на человеческий фактор, составляет 90 и более процентов. Нужно понимать, что это относится к непосредственным причинам. Да, в подавляющем числе случаев человек сам является причиной реализации опасностей. Но если последовательно рассмотреть чем, какими обстоятельствами вызвана эта опасность, то выяснится, что причин, которые связаны непосредственно с человеком, гораздо меньше. Это очень важно учитывать при анализе.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте определение безопасности жизнедеятельности.
2. Определите понятия деятельности, безопасности и опасности.
3. Перечислите основные опасности, присущие тому или иному виду деятельности.
4. Укажите, в чем разница между фактором и опасностью.
5. Перечислите свойства опасностей.
6. Укажите классификацию опасностей по происхождению, характеру воздействия на человека, по локализации в пространстве.
7. Что понимается под идентификацией опасностей?
8. Как можно трактовать аксиому о потенциальной опасности деятельности?

## § 1.2. КВАНТИФИКАЦИЯ ОПАСНОСТЕЙ

### ПОНЯТИЕ О РИСКЕ

Для оценки сложных, качественно определяемых понятий применяется *квантификация*, то есть использование количественных показателей.

В определении опасности подчеркивается ее потенциальный характер. Отсюда естественным образом следует, что квантификация опасности должна обязательно включать вероятность или частоту события как элемент предсказательного описания для еще не произошедшего события.

Каждая опасность имеет свой характерный временной интервал — время воздействия. Опасности, связанные с факторами среды обитания или вредными производственными факторами, часто имеют большое время воздействия. С другой стороны, опасности, связанные с неконтролируемыми нежелательными событиями, такими как несчастные случаи и аварии, характеризуются очень короткими временами воздействия. Во многих случаях они могут рассматриваться как мгновенные.

Применяются численные, балльные и другие приемы квантификации.

Наиболее приемлемой оценкой стохастических опасностей является риск. Но его можно использовать также для оценки параметрических опасностей. Риск — это мера опасности, понимаемая как сочетание двух элементов: 1) частоты или вероятности опасного или неблагоприятного события и 2) тяжести (серьезности) его последствий (рис. 1.3*б*).

**Рис. 1.3*б***
*Понятие риска*

Прямой ответ на вопрос, как рассчитывать риски, дают методы теории надежности. Эти методы основываются на объединении блок-схем сложных технических устройств и теории вероятностей, при этом учитывается человеческий фактор. Среди других возможных методов оценки риска следует упомянуть матрицы риска, деревья причин, деревья событий и др.

В качестве простого примера приведем оценки рисков с помощью матриц, взятых из британского стандарта BS-8800-96.

В таблицах 1.2–1.4 приняты три уровня серьезности последствий и вероятности вреда. Сначала определяют серьезность последствий, причиненных ситуацией, с помощью трех разных позиций в верхней строке таблицы, а после этого оценивают вероятность причиненного вреда с помощью первого столбца. На пересечении выбранных направлений окажется величина найденного уровня риска. Возможны величины риска от минимальной — значение $R_1$ (малозначимый риск) до максимальной — значение $R_2$ (недопустимый риск).

По таблице 1.5 определяют необходимость проведения мероприятий по снижению риска.

В качестве иллюстрации перечислим некоторые наиболее употребительные концепции риска и соответствующие показатели, широко обсуждаемые в последнее время: страховой риск, профессиональный риск, индивидуальный риск, коллективный или групповой риск, потенциальный территориальный риск, социальный риск или F/N-кривая

*Таблица 1.2*

**Оценка риска стохастических опасностей**

| Вероятность | Последствия | | |
|---|---|---|---|
| | небольшие | средние | серьезные |
| Малая | Мало значимый риск $R_1$ | Малый риск $R_2$ | Умеренный риск $R_3$ |
| Средняя | Малый риск $R_2$ | Умеренный риск $R_3$ | Значительный риск $R_4$ |
| Высокая | Умеренный риск $R_3$ | Значительный риск $R_4$ | Недопустимый риск $R_5$ |

*Таблица 1.3*

**Критерии в определении вероятности события**

| Вероятность | Признаки вероятности событий |
|---|---|
| Малая | Событие, возникающее редко и нерегулярно, например, поверхность тротуаров зимой становится скользкой из-за льда |
| Средняя | Событие, возникающее время от времени, но нерегулярно, например, во время техобслуживания подъемника груз нужно поднимать вручную |
| Высокая | Событие, возникающее часто и регулярно, например, регулярное движение погрузчика вызывает опасность столкновения |

*Таблица 1.4*

**Критерии определения серьезности последствий**

| Последствия | Признаки последствий |
|---|---|
| Небольшие | Событие вызывает кратковременное заболевание или нарушение здоровья, которые не предполагают обращение за медицинской помощью. Возможно отсутствие на работе не более 3 дней (например, головная боль или синяк) |
| Средние | Событие приводит к значительным и длительным последствиям, предполагает обращение за медицинской помощью, отсутствие на работе от 3 до 10 дней (например, резаная рана или слабые ожоги) |
| Серьезные | Событие вызывает постоянные и необратимые повреждения, предполагает стационарное лечение и отсутствие на работе более 30 дней (например, профессиональные заболевания, стойкая нетрудоспособность или смерть) |

*Таблица 1.5*

**Значимость риска и необходимость мероприятий**

| Величина риска | Необходимые мероприятия для снижения риска |
|---|---|
| Малозначимый $R_1$ | Риск так мал, что мероприятия не требуются |
| Малый $R_2$ | Мероприятия не обязательны, за ситуацией нужно следить, чтобы риск был управляем |
| Умеренный $R_3$ | Мероприятия для уменьшения риска следует спланировать и провести точно по графику. Если риск вызывает серьезные последствия, необходимо выяснить вероятность события поточнее |
| Значительный $R_4$ | Обязательно снижение величины риска, мероприятия необходимо начать срочно. Работа в условиях риска должна быть немедленно прекращена и возобновлена только после уменьшения риска |
| Недопустимый $R_5$ | Ликвидация риска обязательна, мероприятия необходимо начать срочно. Работа в условиях риска должна быть немедленно прекращена и возобновлена только после уменьшения риска |

(кривая Фармера), ожидаемый ущерб или F/G-кривая, коэффициент риска (Hazard Coefficient), индекс риска (Hazard Index), классы условий труда по степени вредности и опасности, классы профессионального риска предприятий, категории доказанности риска и т. д.

В этом обилии концепций проявляется тенденция к возможно более тонкой дифференциации понятий и показателей риска.

Риск $R$ можно описать как обычное произведение частоты опасного события $P_{\text{опас.соб}}$ на тяжесть последствия $S_{\text{послед}}$: $R = P_{\text{опас.соб}} \cdot S_{\text{послед}}$.

Концепция тяжести (серьезности) последствия в определенном смысле может включать и ущерб данного последствия, выраженный в денежном эквиваленте.

*Индивидуальный риск* — это частота поражения отдельного человека в результате воздействия опасного фактора за определенный период времени. Как и всякий вид риска, индивидуальный риск дифференцируется по характеру или тяжести поражения. Например, различают индивидуальный риск общего травматизма и риск травматизма с летальным исходом, причем каждый из этих видов риска дополнительно дифференцируется по отраслям экономики и т. д.

Показатель индивидуального риска наиболее часто используется при анализе рисков благодаря простоте и наглядности данной концепции. Приведем **примеры расчета** индивидуального риска.

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

$$R_{\text{пр}} = \frac{n}{N} = \frac{7 \cdot 10^3}{70 \cdot 10^6} = 10^{-4}.$$

Пример 2. Ежегодно в России вследствие различных опасностей неестественной смертью погибает около 500 тыс. человек. Принимая численность населения страны равной 145 млн человек, определим риск гибели $R_{\text{стр}}$ жителя страны от опасностей:

$$R_{\text{стр}} = \frac{500 \cdot 10^3}{145 \cdot 10^6} \approx 3{,}45 \cdot 10^{-3}.$$

Пример 3. Определим, используя данные предыдущих примеров, риск $R_{\text{д}}$ попадания в фатальный несчастный случай, связанный с ДТП, если ежегодно погибает в этих происшествиях 35 тыс. человек:

$$R_{\text{д}} = \frac{35 \cdot 10^3}{145 \cdot 10^6} \approx 2{,}5 \cdot 10^{-4}.$$

Риск смерти в различных отраслях промышленности варьирует в очень широких пределах. От $1 \cdot 10^{-2}$ на человека в год при производстве горчичного газа до $1 \cdot 10^{-6} ... 1 \cdot 10^{-5}$ в швейной и обувной промышленности. Если же взять все отрасли промышленности, то средний риск смерти от профессиональной деятельности практически не изменился за последние 50–60 лет и составляет в настоящее время около $6 \cdot 10^{-4}$ на человека в год, то есть ежегодно из 1 млн работающих 600 умирают за счет воздействия факторов производственной деятельности.

Таким образом, оставшийся практически неизменным в течение продолжительного времени уровень риска, обусловленный суммой производственных факторов, несмотря на расширение производства, можно рассматривать как социально приемлемый. Иначе говоря, на данном этапе общество может мириться с уровнем риска $6 \cdot 10^{-4}$ на человека в год, учитывая пользу, которую оно извлекает от производственной деятельности. Приведенные значения соответствуют риску смерти от болезней в возрасте 30 лет (когда риск минимален).

Что же касается риска смерти, обусловленного внутренней средой обитания, то есть в результате различного вида заболеваний и старения, то он составляет в среднем на планете $1 \cdot 10^{-2}$ на человека в год. Это значит, что из 1 млн человек, включающих все возрастные группы, ежегодно умирает от болезней и старости 10 тыс. Следует отметить, что риск смерти от злокачественных новообразований различных органов и тканей составляет $2 \cdot 10^{-3}$ на человека в год, а ведущим является риск смерти от сердечно-сосудистых заболеваний, который равен $5 \cdot 10^{-3}$.

В процессе жизнедеятельности человек подвержен воздействию факторов естественной среды обитания. К ним относятся землетрясения, наводнения, ураганы, грозы и т. д. Они являются причиной смерти 10 человек из 10 млн ежегодно. Таким образом, риск смерти, обусловленный естественной средой обитания, составляет примерно $1 \cdot 10^{-6}$ на человека в год. Численные значения индивидуальных рисков для населения РФ и США представлены в таблицах 1.6 и 1.7.

*Коллективный, или групповой, риск* — это ожидаемое *количество* пораженных в результате воздействия опасного фактора за определенный промежуток времени. Заметим, что в данном случае «риск» не означает «вероятность». Этот показатель характеризует возможный ущерб.

Коллективный риск простым образом связан с индивидуальным риском: $K_{\text{кол}} = N \cdot R_{\text{инд}}$, то есть коллективный риск для группы людей равен индивидуальному риску (для одного человека), умноженному на число $N$ людей в группе.

Пример 4. Индивидуальный риск летального исхода при курении (одна пачка в день) составляет $3{,}6 \cdot 10^{-3}$ 1/год. Необходимо найти

коллективный риск летального исхода при курении в стране с населением 145 млн человек, если доля курящих составляет 0,4 всего населения. Согласно определению коллективного риска, для этой группы людей имеем:

$$R_{кол} = 0{,}4 \cdot 145 \cdot 10^6 \cdot 3{,}6 \cdot 10^{-3} \approx 210 \cdot 10^3,$$

то есть более 210 тыс. человек может ежегодно умирать от рака легких, вызванного курением.

Для характеристики условий труда (факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса), не отвечающих нормативным требованиям, целесообразно ввести понятие *производственного риска* (не путать с профессиональным риском, который определяется отношением финансовых показателей возмещения вреда и фонда зарплаты за определенный период).

*Таблица 1.6*

**Индивидуальный риск общего травматизма ($R_{травм}$) и травматизма с летальным исходом ($R_{см}$) по отраслям экономики РФ**

| Отрасли экономики | $R_{травм}$, 1/год | $R_{см}$, 1/год |
|---|---|---|
| Сельское хозяйство | $7{,}2 \cdot 10^{-3}$ | $2{,}0 \cdot 10^{-4}$ |
| Авиационный транспорт | $6{,}8 \cdot 10^{-3}$ | $3{,}1 \cdot 10^{-4}$ |
| Промышленность | $5{,}0 \cdot 10^{-3}$ | $1{,}2 \cdot 10^{-4}$ |
| Строительство | $5{,}0 \cdot 10^{-3}$ | $3{,}2 \cdot 10^{-4}$ |
| Автомобильный транспорт | $2{,}1 \cdot 10^{-3}$ | $2{,}0 \cdot 10^{-4}$ |
| Связь | $2{,}1 \cdot 10^{-3}$ | $5{,}0 \cdot 10^{-5}$ |
| Железные дороги | $7{,}5 \cdot 10^{-4}$ | $1{,}0 \cdot 10^{-4}$ |
| Транспорт (весь) | $3{,}7 \cdot 10^{-3}$ | $1{,}6 \cdot 10^{-4}$ |
| *Всего по России* | $4{,}5 \cdot 10^{-3}$ | $1{,}4 \cdot 10^{-4}$ |

*Таблица 1.7*

**Индивидуальный риск ($R_{см}$) летального исхода в год, обусловленный различными причинами, для населения США**

| Причины | $R_{см}$, 1/год | Причины | $R_{см}$, 1/год |
|---|---|---|---|
| Автомобильный транспорт | $3 \cdot 10^{-4}$ | Воздушный транспорт | $9 \cdot 10^{-6}$ |
| Падение | $9 \cdot 10^{-5}$ | Падающие предметы | $6 \cdot 10^{-6}$ |
| Пожар и ожог | $4 \cdot 10^{-5}$ | Электрический ток | $6 \cdot 10^{-6}$ |
| Утопление | $3 \cdot 10^{-5}$ | Железная дорога | $4 \cdot 10^{-7}$ |
| Отравление | $2 \cdot 10^{-5}$ | Молния | $5 \cdot 10^{-7}$ |
| Огнестрельное оружие | $1 \cdot 10^{-5}$ | Ядерная энергия | $2 \cdot 10^{-10}$ |
| Станочное оборудование | $1 \cdot 10^{-5}$ | Все прочие | $4 \cdot 10^{-5}$ |
| Водный транспорт | $9 \cdot 10^{-6}$ | *Общий риск* | $6 \cdot 10^{-4}$ |

Для упрощения можно учитывать наличие хотя бы одного вредного или опасного производственного фактора, не соответствующего требованиям нормативных документов. Наличие такого фактора может способствовать возникновению производственно обусловленного заболевания, привести со временем к профзаболеванию, стать предпосылкой для общих заболеваний либо спровоцировать несчастный случай на производстве.

Пример 5. По данным официальной статистики, в 2003 г. в России в промышленности, в строительстве, на транспорте и на предприятиях связи в условиях, не отвечающих требованиям санитарно-гигиенических норм, было занято 2,4 млн человек ($n$). Общая численность работающих в этих отраслях (тоже по статистическим данным) составляла 10,3 млн человек ($N_{раб}$).

Производственный риск в 2003 г. в соответствии с этими данными равнялся

$$R_{пр} = n/N_{раб} = 2{,}4 \cdot 10^6/(10{,}3 \cdot 10^6) = 0{,}23.$$

Заметим, что $R_{пр} = 0$, если все рабочие места соответствуют нормативным условиям труда, и $R_{пр} = 1$, если ни одно рабочее место не удовлетворяет санитарно-гигиеническим нормам хотя бы по одному параметру.

*Потенциальный территориальный риск* — это частота реализации поражающих факторов аварии, катастрофы, экологического бедствия в рассматриваемой точке территории.

Распределение потенциального территориального риска для данного опасного события напоминает топографическую карту, на которой с помощью изолиний и соответствующих цифр показаны максимальные значения частоты смертельного поражения человека за один год для каждой точки площадки объекта и прилегающей территории. Частота или риск смертельного поражения человека определяется при условии его постоянного местонахождения в данной точке.

Такие распределения потенциального территориального риска широко используются при анализе чрезвычайных ситуаций и проектировании мероприятий по их предотвращению. В случае взрывов и выбросов при авариях такие распределения риска должны включать как сценарии аварии с одинаковой массой выброса по всем направлениям ветра, так и зону поражения для отдельного сценария при заданном (предпочтительном) направлении ветра.

Пример 6. Зона 100%-го поражения при взрыве имеет радиус $r_0 = 2{,}3$ м. Предполагая изотропность взрыва и нормальное распределение поражающих факторов, необходимо найти радиусы изолиний

для значений потенциального территориального риска $10^{-3}$ 1/год и $10^{-6}$ 1/год. Нормальное распределение $R(r)$ потенциального территориального риска как функции от расстояния до эпицентра взрыва имеет вид

$$R(r) = 10^{-\alpha r^2}, \ \alpha = \frac{\lg e}{2r_0^2},$$

где $e = 2{,}718$ — основание натурального логарифма. Вычисление коэффициента $\alpha$ дает: $\alpha = 0{,}04$ 1/м$^2$. Подставляя значения заданных территориальных рисков при двух неизвестных радиусах изолиний, находим $r_1$ и $r_2$: $R_1 = 10^{-3} = 10^{-0{,}04 r_1^2}$, $r_1 = 8{,}7$ м, $R_2 = 10^{-6} = 10^{-0{,}04 r_2^2}$, $r_2 = 12{,}2$ м. Таким образом, в радиусе 9 м от эпицентра вероятность поражения человека остается очень высокой.

*Социальный риск* характеризует тяжесть или катастрофичность последствий реализации опасного события. Известный специалист в области безопасности и теории рисков Б. Маршалл определяет социальный риск как «зависимость риска (частоты возникновения)

**Рис. 1.4**
*Частота $R_N^{соц}$ возникновения аварий или чрезвычайных ситуаций с гибелью людей в зависимости от числа погибших, не менее N человек:*
*1* — Россия; *2* — США; *3* — Великобритания; *4* — Нидерланды.

событий, состоящих в поражении определенного числа людей, подвергаемых поражающим воздействиям определенного вида при реализации определенных опасностей, от этого числа людей; социальный риск характеризует масштаб катастрофичности опасности». Часто для анализа социального риска используются методы теории вероятностей, так как социальный риск представляет собой дискретное распределение вероятности опасного события по числу пострадавших $N$.

Пример социального риска приведен на рисунке 1.4. Показаны сравнительные уровни социального риска для России и других стран мира — частоты возникновения аварий или чрезвычайных ситуаций с гибелью людей в зависимости от числа погибших.

Следует обратить внимание на логарифмический масштаб по оси ординат. Следовательно, рис. 1.4 демонстрирует, что аварийность в РФ в 10 раз больше, чем в США, и в 100 раз больше, чем в Великобритании.

Пример 7. Используя линейную интерполяцию, графики на рисунке 1.4 можно представить в следующем виде:

$$\lg R_N^{\text{соц}} = \lg R_1^{\text{соц}} - \beta \lg N,$$

где $R_1^{\text{соц}}$ — социальный риск при одном пострадавшем, а $\beta$ — неизвестный коэффициент, описывающий наклон линий на рисунке 1.4. Очевидно, что наклон одинаков для всех линий, и $\beta = 2{,}3$. Отсюда

$$R_N^{\text{соц}} = \frac{R_1^{\text{соц}}}{N^{2,3}},$$

что еще раз подчеркивает принципиальное различие между социальным и коллективным рисками. Значение $R_1^{\text{соц}}$ для разных стран различается примерно в 10 раз.

Пример 8. На основе данных предыдущего примера можно найти ожидаемое полное число жертв в год от всех аварий в РФ. Интерполяция данных рисунка 1.4 приводит к следующему результату:

$$N_{\text{полн}} = \sum_{N=1}^{\infty} R_N^{\text{соц}};\ N_{\text{полн}} = 7 \cdot 10^3 \text{ чел/год}.$$

Число работающих в РФ равно 70 млн человек. Отсюда индивидуальный риск погибнуть в результате аварии на производстве равен

$$R_{\text{авар}} = \frac{7 \text{ тыс. чел}}{70 \text{ млн чел}} = 10^{-4} \frac{1}{\text{год}},$$

что сравнимо с индивидуальным риском летального исхода при несчастном случае (см. данные в таблице 1.6).

*Ожидаемый ущерб* — это математическое ожидание величины ущерба при возникновении опасного события за определенный период времени.

Ожидаемый ущерб обычно выражается в денежном эквиваленте и чаще всего учитывает ущерб материального имущества. Он подлежит обязательному страхованию, так как включает не только ущерб на производственном объекте, но и возможный экологический ущерб. В любой организации осуществляется также обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве.

Ожидаемый ущерб, как и социальный риск, — нетривиальная характеристика опасного события с точки зрения теории вероятностей, допускающая тонкую дифференциацию при анализе причин и последствий.

В таблице 1.8 приведены размеры социально-экономического ущерба от развития наиболее опасных природных процессов и явлений на территории России, рассчитанные на начало XXI в.

Для сравнения риска и выгод многие специалисты предлагают ввести экономический эквивалент человеческой жизни. Такой подход вызывает возражения определенного круга лиц, которые утверждают, что человеческая жизнь свята и не подлежит денежной оценке.

*Таблица 1.8*

**Ориентировочный социально-экономический ущерб от опасных природных процессов и явлений на территории России, приводящих к гибели людей**

| Процессы | Количество городов, подверженных воздействию | Ориентировочный ущерб, трлн руб/год, | |
|---|---|---|---|
| | | возможный разовый | средний многолетний |
| Наводнения | 746 | 7,2 | 13,5...14,63 |
| Ураганные ветры, смерчи | 500 | 0,135 | 0,36 |
| Цунами | 9 | 0,675 | 0,203 |
| Оползни и обвалы | 725 | 0,135 | 0,1...13,5 |
| Землетрясения | 103 | 135 | 6,75...10,35 |
| Лавины | 5 | 3,375 | 0,0675 |
| Сели | 9 | 0,675 | 0,00675 |

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 долларов США.

## КОНЦЕПЦИЯ ПРИЕМЛЕМОГО 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 риска и опасностей общественностью субъективно. Люди резко реагируют на события редкие, сопровождающиеся большим числом единовременных 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 небезграничны.

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.

Безопасность достигается путем снижения уровня риска до допустимого. Допустимый риск представляет оптимальный баланс между безопасностью и требованиями, которым должны удовлетворять продукция, процесс или услуга, а также такими факторами, как выгодность для пользователя, эффективность затрат и др. Допустимого риска достигают с помощью итеративного процесса оценки и уменьшения риска.

Теперь настало время спросить: что же такое безопасность? Понятно, что это желанная цель. Но достижима ли она? Ведь существует аксиома о потенциальной опасности любой деятельности. Мы не должны входить в противоречие с общепринятыми положениями.

Исходя из того, что было написано выше, можно дать такое определение понятия «безопасность». *Безопасность — это опасность, риск которой является приемлемым* (*допустимым*). Проще говоря, под безопасностью следует понимать незначительную опасность, которой можно пренебречь. Таким образом, безопасность — понятие условное, относительное. *Обеспечить безопасность* — это значит достичь допустимого риска.

Итак, нулевой риск недостижим. Всегда остается остаточный или допустимый риск, который может реализоваться (проявиться) в форме аварий, пожаров, взрывов, обрушения зданий и других опасных событий.

Практическая деятельность показывает, что даже при самом внимательном подходе к обеспечению безопасности (например, в космонавтике), катастроф с человеческими жертвами избежать не удается. Поэтому, разрабатывая и внедряя защитные меры, следует предусмат-

ривать действия в возможных чрезвычайных ситуациях, которые возникают из-за остаточного риска.

Для обеспечения заданного уровня безопасности необходимо решить три задачи: 1) идентифицировать опасности; 2) разработать превентивные и защитные меры; 3) предусмотреть действия на случай реализации остаточного риска, то есть в условиях чрезвычайных ситуаций.

В процессе идентификации выявляются: номенклатура опасностей, вероятность их проявления, пространственная локализация (координаты), возможный ущерб, риск и другие параметры, необходимые для решения второй задачи, то есть разработки защитных и профилактических мер.

Полностью идентифицировать опасности невозможно. Поэтому необходимо рассмотреть потенциальные проявления остаточного риска и разработать соответствующие мероприятия. Следует отметить, что процедура определения риска весьма приблизительна. Можно выделить четыре методических подхода к определению риска:

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. Эти методы основаны на расчетах, для которых не всегда есть данные;

3) экспертный, когда вероятность событий определяется на основе опроса опытных специалистов, то есть экспертов;

4) социологический, основанный на опросе населения.

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

Кроме того, при определении приемлемого риска следует быть критичными и осторожными, чтобы исключить возможность использования приемлемых рисков в спекулятивных целях.

Следует иметь в виду, что надежных методов определения приемлемого риска нет.

## УПРАВЛЕНИЕ РИСКОМ

Как повысить уровень безопасности?

Это основной вопрос теории и практики безопасности. Очевидно, что для этой цели можно расходовать средства 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. Использование понятия риска 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. Такой подход лежит в основе Киотского протокола, по которому установлены квоты для развитых стран по выбросу в атмосферу «парниковых» газов.

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

Необходимы 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.

Еще раз подчеркнем, что надежных методов управления рисками нет.

**Последовательность изучения опасностей:**

*Стадия I* — предварительный анализ опасности.

Шаг 1. Выявить источники опасности.

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

Шаг 3. Ввести ограничения на анализ, то есть исключить опасности, которые не будут изучаться.

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

*Стадия III* — анализ последствий.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем заключается концепция приемлемого (допустимого) риска?
2. Каково численное значение общепринятого приемлемого риска гибели человека?
3. Какие последовательные стадии выделяют при изучении опасностей?
4. Какие методы анализа безопасности системы существуют и в чем их разница?
5. Дайте определение риска и приведите несколько примеров его количественной оценки.
6. Нарисуйте схему риска и матрицу риска. Объясните способ определения риска с помощью матриц.

## § 1.3. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ

### МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ТЕОРИИ БЕЗОПАСНОСТИ

*Методология* — учение о структуре, логической организации, методах и средствах деятельности. В данном случае речь идет о деятельности в области безопасности. Представляется возможным выделить четыре методологических аспекта, которые реализуются при рассмотрении вопросов безопасности: диалектический подход, системный подход, синергетика, теория циклов.

#### ДИАЛЕКТИЧЕСКИЙ ПОДХОД

*Диалектика* — это теория и метод познания явлений действительности, наука о наиболее общих законах развития природы, общества и мышления. Диалектика развивается с древнейших времен (Гераклит) и современное развитие получила в трудах К. Маркса, Ф. Энгельса и В. И. Ленина.

Важнейшие категории диалектики: противоречие, качество и количество, случайность и необходимость, возможность и действительность. Основные законы диалектики: единство и борьба противоположностей, переход количественных изменений в качественные, отрицание отрицания.

Указанные категории и законы находят конкретное отражение в вопросах безопасности.

#### СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД

Системный подход базируется на диалектике и представляется более конкретным методологическим инструментом, чем диалектика. В определенном смысле системный подход можно назвать прикладной диалектикой. Существует множество определений понятия «система».

Диалектическое определение системы приводится в Большой советской энциклопедии: *система* — это объективное единство закономерно связанных друг с другом предметов, явлений, а также знаний о природе и обществе. Более конкретным является такое определение: *система* — это комплекс элементов, находящихся во взаимодействии. Под элементами понимаются как материальные объекты, так и различные связи, отношения, свойства, явления. Системный подход используют во всех областях знаний и сферах деятельности. Системность мира представляется в виде объективно существующей иерархии организованных взаимодействующих систем. В соответствии с систем-

ным подходом целое понимается не как простая сумма, а как функциональная совокупность, обладающая целостностью и несводимостью к составляющим элементам. Попытки разработать общие принципы системного подхода были предприняты русским врачом, философом и экономистом А. А. Богдановым (1873–1928) в работе «Всеобщая организационная наука (тектология)». Анализ научных работ в области системного подхода показал, что многие идеи и принципы, сформулированные Н. Винером, У. Росс Эшби, Л. фон Берталанфи и рядом последующих исследователей, были во многом предвосхищены А. А. Богдановым. Основная идея тектологии — признание необходимости подхода к любому явлению со стороны его организованности, то есть системности. Под организованностью понимается свойство целого быть больше суммы своих частей. Чем больше целое разнится от суммы своих частей, тем оно более организовано, системно.

Австрийский биолог и философ Л. фон Берталанфи (1901–1972) в 1940–1950 гг. разработал общую теорию систем, основанную на изоморфизме (одинаковости, схожести) законов в различных областях знаний.

В настоящее время считается общепризнанным, что системный подход является важнейшим методом познания. В системном подходе, как уже отмечалось, выделяют три направления: 1) системологию, то есть теорию систем; 2) системотехнику, то есть практику; 3) системный анализ, то есть методологию.

Значительный вклад в разработку и практическое применение системного анализа внесли специалисты американской фирмы «Рэнд корпорейшн», выполнявших исследования в интересах Министерства обороны США.

Требования системности заключаются в учете необходимого и достаточного числа компонентов, которыми определяется безопасность. Важнейшие принципы системного анализа сводятся к следующему:

1) процесс принятия решений должен начинаться с выявления и четкого формулирования конечных целей;

2) всю проблему необходимо рассматривать как единое целое;

3) необходим анализ альтернативных путей достижения целей;

4) 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 конечной цели. Это главная цель. Она подразделяется на подцели, которые ранжируются по степени важности.

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 защитные мероприятия, уменьшающие вероятность их появления.

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

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 рисунках 1.5–1.8 показаны примеры «деревьев» применительно к условиям космических летательных аппаратов (КЛА), заимствованные из книги Г. Т. Берегового и др.

Итак, системный анализ — это совокупность методов и средств выработки, принятия и обоснования решений. В 1980-е гг. системные исследования развивались очень бурно. Создавалось впечатление, что системный подход является универсальным методом. Однако выявленные ограничения и недостатки системного подхода заставили искать новые методологические пути. Так возникла новая междисциплинарная наука — синергетика.

**Рис. 1.5**

*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. 1.6**

*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 геомагнитного защитного поля; 3.3 — ошибка прогноза солнечной активности; 4.1 — нерасчетное время полета КЛА; 4.2 — отказ системы радиационной защиты.

**Рис. 1.7**
*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 концентратов теплового излучения.

**Рис. 1.8**
*Логическое дерево опасностей «взрыва»*

## СИНЕРГЕТИКА

Синергетика (в переводе с греческого означает «совместный, согласованно действующий») — это научное направление, изучающее связи между элементами той или иной структуры (подсистемами), которые образуются благодаря интенсивному обмену веществом и энергией с окружающей средой в неравновесных условиях. В таких системах наблюдается согласованное поведение подсистем, в результате чего возрастает степень их упорядоченности, которая характеризуется понятием *энтропии*. Это понятие широко используется в различных областях знания, в частности, в информационных, управляю-

щих системах. Процессы, стремящиеся привести систему к равновесному состоянию, сопровождаются ростом энтропии. Энтропия используется в различных областях науки как мера неопределенности, неупорядоченности, хаотичности. Термин «синергетика», введенный в 1970-е гг. Г. Хакеном, имеет определенную методологическую ценность. Однако она не позволила кардинально изменить способы и принципы анализа.

### ТЕОРИЯ ЦИКЛОВ

В 1985 г. появилась новая дисциплина — теория циклов.

Понятие *цикл* несет в себе несколько смысловых нагрузок, а именно, оно отражает:

1) законченность определенного процесса предполагаемым, планируемым результатом;

2) диахронность развития, то есть повторяемость определенных процессов развития;

3) наличие передачи системогенетической информации, «памяти» системы от одного поколения результатов к другому.

Под *теорией циклов* понимается системная теория, исследующая закономерности в формировании структуры циклов в процессах «жизни» различного типа систем живой и неживой природы. Такое понимание теории циклов определяет ее метатеоретическую (от греч. *мета* — вне, за пределами) направленность и присутствие ее элементов с соответствующими интерпретациями в различных научных направлениях: науковедении, теории управления, теории экономической эффективности капитальных вложений, хронометрии и т. п. Теория циклов представляет собой научное направление, осуществляющее синтез научных знаний с позиций изучения временных закономерностей больших систем. Получение единого знания требует осуществления органической взаимосвязи усилий всех специальных дисциплин, участвующих в изучении объекта, направленности их на достижение единой цели. Лишь при этом условии, то есть при условии тесного междисциплинарного содружества или комплексного подхода к изучению объекта, может быть получен не конгломерат специальных данных, а всестороннее, цельное, конкретное знание об объекте исследования, эффективное при решении сложных задач управления. Возрастание роли комплексных исследований, таким образом, обусловлено прежде всего тем, что объектами научного анализа становятся чрезвычайно сложные системы, всестороннее изучение которых выходит за пределы возможностей отдельных научных дисциплин.

Ориентированность на конечный результат составляет содержание принципа целевого подхода к построению информационного цикла исследований и разработок.

В управлении безопасностью можно выделить множество стадий жизненного цикла производств, изделий, сооружений. Основные из них следующие:

1) научно-исследовательские работы (НИР);
2) опытно-конструкторские работы (ОКР);
3) проектирование (несколько стадий);
4) строительство, изготовление;
5) эксплуатация;
6) реконструкция, модернизация;
7) консервация, захоронение.

## МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

*Методы* (от *греч.* methodos — путь исследования) *обеспечения безопасности* — это условные методические приемы, облегчающие поиск решений. Метод представляет собой способ достижения цели.

Введем некоторые определения.

Назовем *гомосферой* (ГС) пространство, в котором находится человек (оператор) в процессе рассматриваемой деятельности, и *ноксосферой* (НС) — пространство, в котором постоянно существуют или периодически возникают опасности.

Обеспечение безопасности достигается тремя основными методами.

*Метод А* состоит в пространственном или временном разделении гомосферы и ноксосферы (рис. 1.9). Это достигается средствами дистанционного управления, автоматизацией, применением роботов и др.

На рисунке 1.9*а* показан наиболее благоприятный случай, когда между ГС и НС существуют некоторые защитные средства *R* в форме расстояния, экрана, времени.

**Рис. 1.9**
*Пояснения к методу А*

На рисунке 1.9*б* показан предельный случай использования данного метода, при котором еще достигается с определенной вероятностью безопасность.

Случай на рисунке 1.9*в* представляет частичное совмещение сфер, при этом безопасность уже не обеспечивается.

Наихудший случай представлен на рисунке 1.9*г*, когда имеет

место полное совмещение указанных сфер, что недопустимо по условиям безопасности.

В последних двух случаях прибегают к методу Б или В или их комбинации.

*Метод Б* состоит в нормализации ноксосферы, снижении или полном устранении опасностей. На практике этот метод является основным. Уменьшение или исключение опасности достигается созданием техники с максимальным уровнем безопасности, комплексом мероприятий по защите человека от вредных и опасных факторов, применением средств коллективной защиты.

*Метод В* включает множество приемов и средств, направленных на адаптацию человека к соответствующей среде и повышение его защищенности. Данный метод реализует возможности медицинского и профессионального отбора, обучения, профессиональной ориентации, психологической подготовки, применения в необходимых случаях средств индивидуальной защиты (СИЗ).

Как правило, в конкретных условиях реализуются сочетания указанных выше методов. Реализация рассмотренных методов основывается на принципах и средствах, которые рассматриваются далее.

## ПРИНЦИПЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

*Принцип* (*лат.* principium — основополагающее первоначало) — основное положение, идея, предпосылка какого-либо предложения, решения. Принципы выполняют эвристическую функцию при решении творческих задач. О значении принципов как научных положений остроумно заметил французский философ-материалист Гельвеций (1715–1771): «Знание некоторых принципов легко возмещает незнание некоторых фактов».

Принципов, реализуемых в целях обеспечения безопасности, много. Это подчеркивает многоаспектный характер безопасности как области научных знаний. Условно принципы безопасности можно разделить на четыре группы: ориентирующие, технические, организационные, управленческие.

*Ориентирующие принципы*: 1) активности оператора; 2) гуманизации деятельности; 3) деструкции; 4) замены оператора; 5) классификации; 6) ликвидации опасности; 7) относительности; 8) системности; 9) снижения опасности.

*Технические принципы*: 1) блокировки; 2) вакуумирования; 3) герметизации; 4) защиты расстоянием; 5) компрессии; 6) прочности; 7) слабого звена; 8) флегматизации; 9) экранирования.

*Организационные принципы*: 1) защиты временем; 2) информации; 3) многопричинности; 4) несовместимости; 5) нормирования; 6) подбора кадров; 7) последовательности; 8) резервирования; 9) эргономичности; 10) обоснования.

*Управленческие принципы*: 1) адекватности; 2) контроля; 3) минимизации ущерба; 4) обратной связи; 5) ответственности; 6) плановости; 7) стимулирования; 8) управления; 9) эффективности; 10) оптимизации.

Рассмотрим эти принципы детальнее, дадим определения групп и каждого принципа, а также приведем примеры их 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 с системных позиций.

Если взаимодействие между элементами системы приводит к однозначному результату, то систему будем называть *определенной*. Если же совокупность элементов взаимодействует так, что возможны различные результаты, то система называется *неопределенной*, при этом 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.

Пример 1. Пожар как физическое явление возможен при наличии: 1) горючего вещества; 2) кислорода в воздухе не менее 14% по объему; 3) источника воспламенения определенной мощности, а также при 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.

Пример 2. 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. При этом 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, которой 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 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 эффект эмерджентности, о котором уже говорилось, принципиально отличающийся от эффекта 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 желаемой цели, 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 также о подсистемах и суперсистемах.

Принцип системности отражает универсальный закон диалектики о взаимной связи явлений.

Принцип системности требует учета всех элементов, формирующих рассматриваемый результат, и полного учета обстоятельств и факторов для обеспечения безопасности жизнедеятельности.

**Принцип деструкции** (от *лат.* destructivus — разрушающий) 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 это на примерах.

Пример 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, равном 14% от объема, а 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.

Пример 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.

Пример 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 опаснее вещество 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.

Пример 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°С. Температура сжатого газа должна быть на 70°С ниже температуры вспышки смазочного масла.

Пример 5. На основе принципа деструкции возможно предотвратить воспламенение горючей смеси. Воспламенение горючей системы происходит только в том случае, если количество энергии, сообщенное системе, достаточно для протекания реакции. Необходимость определенной предельной мощности импульса зажигания для воспламенения широко используют в технике безопасности 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, хотя и не обеспечивают достижения желаемого или требуемого по нормам уровня. Этот принцип в известном смысле носит компромиссный характер. Приведем примеры.

Пример 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°С (амилацетат, этиленгликоль, хлорбензол, ксилол, амиловый спирт и др.).

Пример 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.

Пример 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.

Пример 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.

Пример 5. Снижение вредного воздействия выбросов и степени взрыво- и пожароопасности достигается соответствующим расположением предприятий на генеральном плане с учетом преобладающего направления ветров (используется «роза 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.

Пример 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 КУ-2, что исключает опасность ожога кислотой.

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

Пример 3. При проведении многих технологических процессов выделяется 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 поступающие 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.

Пример 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.

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

**Принцип активности оператора (человека)** в научный обиход ввел проф. Б. Ф. Ломов.

В различных системах возможен такой режим взаимодействия между человеком и машиной, при котором человек физически не участвует в процессе управления. Например, самолет может управляться специальной системой (автопилотом). Схожие ситуации возможны и в других сферах деятельности. Однако во всех подобных случаях человек должен находиться в активном состоянии, готовым в любой момент вмешаться в процесс управления. В этом состоит требование принципа активности. Этот принцип должен знать каждый оператор. Дополнительно для поддержания человека в состоянии активной пассивности предусматриваются различные технические приспособления

и устройства (например, специальные устройства на железнодорожном транспорте).

**Принцип гуманизации деятельности** состоит в императиве приоритета безопасности жизнедеятельности. Этот принцип ориентирует на первоочередное рассмотрение проблем безопасности жизнедеятельности при решении основных вопросов деятельности. Иными словами, проектируя, организуя и реализуя деятельность, мы должны постоянно помнить о том, что деятельность должна быть максимально гуманизированной. Требования этого принципа отражены в законодательных актах (Конституция РФ, ТК).

**Принцип относительности** обусловлен тем, что вопросы безопасности, как правило, не имеют абсолютного строго детерминированного значения. По своей природе безопасность носит вероятностный (стохастический) характер. Это обстоятельство вносит существенную неопределенность при принятии решений в области управления риском. Императив принципа относительности состоит в том, чтобы феномен неопределенности, свойственный безопасности, компенсировать конкретными дефинициями, что позволит в конечном счете создать строгий понятийно-терминологический аппарат — основу научного подхода к управлению безопасностью.

Принцип относительности отвечает на призыв ученых, звучащий с древних времен до наших дней: «давайте определения — и это позволит избежать заблуждений».

Например, условия труда (работы) в современной нормативной литературе и законодательных актах определяются по уровню энергозатрат, по классам (оптимальные, допустимые, вредные, опасные) и т. д.

Каково соотношение между этими понятиями? В большинстве случаев отсутствуют критерии отнесения работ к той или иной группе.

**Принцип замены оператора** состоит в том, что функции оператора поручаются роботам, автоматическим манипуляторам или исключаются совсем за счет изменения технологического процесса.

Этот принцип реализуется в антитеррористической деятельности, атомной промышленности и других сферах деятельности.

**Принцип классификации.** Классификация (от лат. *classis* — разряд, класс, категория и *facere* — делать, раскладывать) представляет собой процесс и результат распределения понятий, предметов на классы согласно определенным признакам.

Классификация служит средством организации, хранения и поиска информации. В этом смысле классификация позволяет исключить прямое перечисление объектов и представить информацию о них в сжатой, компактной форме. Так, огромное число опасностей, с кото-

рыми сталкивается человек, исчерпывающим образом по признаку происхождения делится на 6 групп: природные, техногенные, антропогенные, биогенные, экологические, социальные.

В процессе классификации выделяют группы однородных понятий и объектов, определяя их как классы, разряды, группы, категории и др. При классификации необходимо учитывать тот факт, что в природе нет строгих границ, и переходы от одного класса к другому иногда носят условный характер. Классификация содействует переходу научного знания с эмпирического описательного уровня на уровень теоретического синтеза, системного подхода.

### 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.

Пример 1. Чтобы избежать распространения пожара, здания, сооружения и другие объекты располагают на определенном расстоянии друг от друга. Эти расстояния называют *противопожарными разрывами*.

Пример 2. Для защиты людей в жилых застройках от вредных и неприятно пахнущих веществ, повышенных уровней шума, вибраций, ультразвука, воздействия электромагнитных полей (ЭМП), 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 составляют, соответственно, 1000, 500, 300, 100, 50 м. Размеры санитарно-защитных зон могут быть увеличены или уменьшены при надлежащем технико-экономическом и гигиеническом обосновании.

Пример 3. Для того, чтобы люди во время пожара могли беспрепятственно и безопасно покинуть здание, регламентируется *расстояние от наиболее удаленного рабочего места до эвакуационного выхода*.

Пример 4. *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 допускаемой 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:

$$n_т = \frac{\sigma_т}{\sigma^*};\ n_в = \frac{\sigma_в}{\sigma^*};\ n_д = \frac{\sigma_д}{\sigma^*},$$

где $n_т$, $n_в$, $n_д$ — коэффициенты запаса прочности по пределу текучести, по временному сопротивлению и по пределу длительной прочности соответственно; $\sigma_т$ — минимальное значение физического предела текучести; $\sigma_в$ — минимальное значение предела временного сопротивления; $\sigma_д$ — среднее значение предела длительной прочности; $\sigma^*$ — 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.

Пример 1. Принцип прочности реализуется для защиты от электрического тока. Для защиты от поражения током в электроустанов-

ках применяют изолирующие средства, обладающие высокой механической и электрической прочностью.

Пример 2. Во многих случаях для обеспечения 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.

Пример 3. 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.

Пример 1. 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 легкосбрасываемые 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, он принимается равным 0,6...0,7.

Пример 2. 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 более, чем на 25%.

Пример 3. 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 менее 6 МПа, и более, чем на 10%, при давлении большем или равном 6 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.

Пример 1. 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 жесть, алюминиевую фольгу, оцинкованное железо. Теплоотводящие экраны изготовляют в виде конструкций с пространством (змеевиком) с находящейся в нем проточной водой. Теплопоглощающие экраны изготовляют из материала с большой степенью черноты. Если необходимо обеспечить возможность наблюдения (кабины, пульты 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).

Пример 2. 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.).

Пример 3. Экранирование широко используется для *защиты от электромагнитных полей*. Оно используется как у самого источника, так и на пути распространения поля и на рабочем месте. Для экранов 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 × 4 мм. Электромагнитное поле ослабляется металлическим экраном в результате создания в его толще поля противоположного направления.

Пример 4. 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.

Пример 5. 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. При этом справедлива следующая 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 акустической тени.

Пример 6. Принцип экранирования используется также и в *средствах индивидуальной защиты* (например, очки и щитки).

**Принцип блокировки** заключается в обеспечении механического, электрического или другого принудительного взаимодействия частей оборудования или параметров технологического процесса, при котором достигается требуемая степень безопасности.

Блокировочные устройства делят на запретно-разрешающие и аварийные.

*Запретно-разрешающие* устройства препятствуют неправильному включению и выключению аппаратов, механизмов, не допускают вскрытия оборудования, работающего под давлением без предварительного его снятия, не позволяют включить машину при отсутствии ограждений и т. д.

*Аварийные* блокировочные устройства срабатывают в тех случаях, когда нарушается заданный ход процесса, предотвращая развитие аварии.

**Рис. 1.10**
*Схема пневматической блокировки:*

*1* — реле давления; *2* — запорное устройство; *3* — электромагнит.

**Рис. 1.11**
*Пример механической блокировки:*

*1* — ограждение; *2* — рычаг тормоза; *3* — запорная планка; *4* — направляющая; *5* — опасная зона.

**Рис. 1.12**
*Схема электрической блокировки:*

*1* — корпус машины; *2* — ограждение; *3* — металлическая скоба; *4* — изоляционная колодка; *5* — контакты.

По принципу действия блокировки делятся на механические, электрические, фотоэлектрические, радиочастотные, радиационные, гидравлические, пневматические, комбинированные (некоторые примеры см. на рисунках 1.10, 1.11 и далее).

Принцип блокировки лежит в основе автоматических средств обеспечения безопасности. Учитывая особую важность этого принципа, приведем несколько примеров его реализации.

*Блокировки ограждения* срабатывают при открывании или снятии ограждения. По принципу работы они делятся на электрические, механические и комбинированные.

Пример 1. Для предотвращения ошибочного пуска машин и оборудования устанавливаемые ограждения блокируют с электроприводом (рис. 1.12). При этом ограждение *2* снабжается металлической скобой *3*, специальной изоляционной колодкой *4* от других токопроводящих материалов. В месте установки ограждения в корпусе *1* машины предусматриваются заглубленные контакты *5*, которые замыкают электрическую цепь при установленном ограждении, позволяя включать машину и работать на ней.

Пример 2. Электрической блокировкой является и конструкция ограждения стола слешера от случайных выбросов кусков древесины при пилении. При этом дверь для входа на стол сблокирована с кнопкой *Пуск* таким образом, что при ее открывании автоматически отключается электропривод пилы (рис. 1.13).

**Рис. 1.13**
*Схема электрической блокировки двери от попадания в опасную зону:*

*1* — ограждение; *2* — электроустановка; *3* — опасная зона; *МП* — магнитный пускатель; *БК* — блок-контакты.

**Рис. 1.14**
*Фотоэлектронная блокировка:*

*1* — луч света; *2* — линзы; *3* — опасная зона; *4* — фотоэлемент; *5* — контрольное реле; *6* — усилитель.

**Рис. 1.15**
*Радиоактивная блокировка:*

*1* — аварийное реле; *2* — контактное реле; *3* — тиратронная лампа; *4* — трубка Гейгера.

Пример 3. Широкое применение находят блокировки, работающие при помощи фотоэлементов (рис. 1.14). Луч проходит через опасную зону и попадает на фотоэлемент. При прерывании лучей и, следовательно, при прекращении освещения фотоэлемента разрывается электрическая цепь и машина выключается. Если рабочий, нарушая правила, зашел в опасную зону (например, опасную зону резательного станка), луч света прерывается и привод станка аварийно останавливается, предотвращая несчастный случай.

Пример 4. На практике также применяются радиоактивные блокировки (рис. 1.15), использующие эффект изменения количества ионизированных частиц при внесении руки в опасную зону.

**Принцип вакуумирования** заключается в проведении технологических процессов при пониженном давлении по сравнению с атмосферным. Вакуум используют в следующих случаях: для смещения точки кипения жидкости в сторону более низких температур; в аппаратах, в которых вакуум позволяет вести процесс более экономично и безопасно; для перекачки жидких агрессивных материалов; для транспортировки сыпучих пылеобразующих материалов.

Взрывоопасные, горючие и склонные к пылению материалы целесообразно сушить в вакуумных сушилках, так как в них температура сушки ниже.

Для перекачки агрессивных жидкостей применение давления опасно, так как возможен выброс или разлив жидкости. Безопаснее использовать вакуум.

Однако при применении вакуума возможен подсос наружного воздуха внутрь емкостей и образование взрывоопасных сред. Поэтому при вакуумировании необходим постоянный контроль за герметичностью и содержанием кислорода воздуха в вакуум-аппарате.

**Принцип герметизации** состоит в обеспечении такого уплотнения, при котором исключается утечка опасного количества вредного или опасного агента в окружающую среду из оборудования и коммуникаций.

Под *герметичностью* понимают способность оболочки (корпуса) оборудования препятствовать жидкостному или газовому обмену между средами, разделенными этой оболочкой. Испытаниям на герметичность подвергают газопроводы, оборудование, трубопроводы, работающие под давлением. Существуют различные способы обнаружения мест утечек. Разработаны различные методы уплотнений.

При работе с особо вредными продуктами, утечка которых абсолютно недопустима, принимают специальные методы уплотнения. В ряде случаев возникает необходимость в бесконтактных методах передачи движения с целью уменьшения утечек.

Пример 1. Разработан новый бесконтактный электромагнитный привод (рис. 1.16), обеспечивающий полную герметичность конструкции, состоящей из электродвигателя, соединенного с технологическими аппаратами (смесители, насосы, автоклавы). Ротор такого двигателя насажен на один вал с рабочим механизмом и вместе с подшипниками заключен в неподвижную экранирующую гильзу из немагнитного металла (аустенитной стали, нихрома и др.); ротор находится непосредственно в рабочей среде или вынесен из нее, но не изолирован. Гильза герметично присоединяется к машине или аппарату.

Статор с обмоткой находится с наружной стороны экранирующей гильзы; вращающееся магнитное поле воздействует сквозь стенки гиль-

зы на ротор, вращая его вместе с рабочим органом машины. Электромагнитный привод не имеет трущихся уплотнений и дает возможность развивать большое число оборотов.

Пример 2. Аналогичный принцип использован для лабораторных мешалок. На рисунке 1.17 показана герметично закрытая колба, в которую опущен стальной стержень *1*, запаянный в стеклянную трубку *2*. Вращающийся под дном колбы магнит *3* или перемещающееся магнитное поле водит за собой стальной стержень, перемешивая содержимое колбы.

**Принцип компрессии** состоит в проведении в целях безопасности различных процессов под повышенным давлением по сравнению с атмосферным. При этом могут изменяться температурные параметры, обеспечивая повышение безопасности. Обдуваемые под повышенным давлением электродвигатели применяются во взрывоопасных средах.

**Принцип флегматизации** заключается в применении ингибиторов и инертных компонентов в целях замедления скорости реакций или превращения горючих веществ в негорючие и невзрывоопасные.

Инертные газы (главным образом, азот, а также углекислый газ, аргон и др.) находят широкое применение в химической технологии в качестве средства, предупреждающего окисление продуктов, взрывы и загорания, а также для тушения возникших пожаров.

Для флегматизации часто используют очень небольшие количества

**Рис. 1.16**
*Бесконтактный электромагнитный привод мешалки с вращающимся магнитным полем:*

*1* — корпус; *2* — ротор электродвигателя, насаженный на ось мешалки; *3* — герметизирующий стакан из немагнитного металла; *4* — статор электродвигателя; *5* — колпак масляной ванны; *6* — масло; *7* — змеевик для охлаждения масла.

**Рис. 1.17**
*Схема бесконтактного перемешивания вращающимся магнитом:*

*1* — стальной стержень; *2* — стеклянная запаянная трубка; *3* — вращающийся магнит; *4* — привод для вращения магнита.

примесей (пассирование; например, реакция полимеризации винилацетата происходит в присутствии незначительной примеси стирола). Для подавления уже возникшего горения требуются значительно большие концентрации флегматизирующих веществ.

Приведем минимальные количества веществ, необходимые для предотвращения горения метана и других горючих веществ (в об.%): азот ($N_2$) — 30,8; углекислый газ ($CO_2$) — 21,2; тетрахлорметан (четыреххлористый углерод, $CCl_4$) — 8,0; сульфурилхлорид ($SO_2Cl_2$) — 6,5; тетрахлорид кремния ($SiCl_4$) — 5,5; изоамилбромид — 1,5.

Для предотвращения воспламенения и ликвидации горения используют также водяной пар, отходящие топочные и выхлопные газы четырехтактных карбюраторных и газогенераторных двигателей, очищенные от кислорода и горючих примесей. Выхлопные газы из двухтактных и дизельных двигателей не могут быть использованы для этих целей, так как они содержат много кислорода, продукты разложения горючего, а также продукты неполного сгорания.

## 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 продолжительности рабочего времени, отпусков и в других случаях. Рассмотрим несколько примеров.

Пример 1. Все работники получают *оплачиваемый отпуск*. Это снимает накопившуюся усталость и способствует улучшению здоровья и повышению жизненного тонуса.

Пример 2. Там, где пока не устранены вредные условия труда, действующее законодательство предусматривает систему компенсаций профессиональных вредностей. Одним из видов компенсаций является *продолжительность 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.

Пример 3. Принцип защиты временем применяется для *предотвращения 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 баллоны с сжиженными газами нельзя длительно хранить.

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

Пример 4. При внезапной остановке движущейся в трубопроводе жидкости происходит *гидравлический удар* — 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 маховика.

**Принцип информации** (от *лат.* information — осведомление, сообщение о чем-либо) состоит в отображении в той или иной форме свойств объективной реальности, необходимых для принятия решений, направленных на обеспечение безопасности.

Содержательный аспект принципа информации состоит в передаче для усвоения соответствующими лицами сведений о потенциальных опасностях и мерах защиты от них. Право человека на информацию об опасностях неразрывно связано с конституционными правами на жизнь, неприкосновенность личности и др. Информация должна содержать также требования, выполнение которых является обязательным в целях обеспечения безопасности личности, общества и государства.

Принцип информации предполагает получение исчерпывающих данных об опасностях, свойствах веществ и явлений, необходимых человеку для разработки защитных мер.

Значение принципа информации заключается в том, что он характеризует уровень наших знаний о таком свойстве окружающей реальности, как ее потенциальная опасность, с одной стороны, и применяемые средства обеспечения безопасности, с другой стороны. На основе имеющейся информации разрабатываются соответствующие мероприятия по созданию безопасных условий. Отсутствие нужной информации служит основанием для постановки научных исследований с целью получения необходимых данных.

Принцип информации универсален по своей природе и имеет большое методологическое значение. По содержанию информация в области безопасности делится на инструктивную, запрещающую, предупреждающую, предписывающую, указывающую.

По форме восприятия различают визуальную, аудио- и аудиовизуальную информацию. В области безопасности жизнедеятельности принцип информации реализуется световой, звуковой, знаковой сигнализацией, отличительной окраской (маркировкой) объектов, применением приборов, надписей, плакатов, организацией обучения и инструктирования, пропагандой, агитацией и другими формами информационного воздействия.

Мировое сообщество накопило огромные сведения об опасностях современного мира. В настоящее время информация об опасностях носит преимущественно национальный характер и рассеяна в многочисленных источниках. Наблюдается тенденция объединения национальных баз данных об опасностях с целью создания мировых информационных систем в области безопасности жизнедеятельности. Международные организации — Международная организация труда (МОТ), Международное агентство по использованию атомной энергии в мирных целях (МАГАТЭ), Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) и др. — разрабатывают рекомендации, носящие межгосударственный характер. Особое значение для реализации принципа информации принадлежит источникам, среди которых главная роль отводится официальным документам.

**Принцип многопричинности** основывается на иерархической структуре причинно-следственных связей. Согласно данному принципу каждое явление имеет несколько причин, находящихся на разных иерархических уровнях. Соблюдение этого принципа следует учитывать при расследовании обстоятельств несчастных случаев, аварий, катастроф и других нежелательных событий.

**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.

Пример 1. При *хранении веществ* различают 8 групп:

I группа — взрывчатые вещества;

II группа — селитры, хлораты, перхлораты, нитропродукты;

III группа — сжатые и сжиженные газы (горючие, поддерживающие горение и инертные);

IV группа — вещества, самовозгорающиеся при контакте с воздухом или водой (карбиды, щелочные металлы, фосфор);

V группа — легковоспламеняющиеся жидкости;

VI группа — отравляющие вещества (мышьяковистые соединения, цианистые и ртутные соли, хлор);

VII группа — вещества, способные вызвать воспламенение (азотная и крепкая серная кислота, бром, хромовая кислота, перманганаты);

VIII группа — легкогорючие материалы (нафталин, вата, древесная стружка).

Хранить совместно разрешается только вещества, входящие в одну и ту же группу. Кроме того, каждое из веществ VII группы также должно храниться изолированно. Отдельно следует хранить горючие газы и газы, поддерживающие горение (кислород, хлор).

Пример 2. *Аварийно химически опасные вещества* (АХОВ) по условиям безопасности делятся на 5 групп. Совместное хранение веществ разных групп не разрешается.

Пример 3. 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.

Пример 4. 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, производственную, подсобную, складскую, сырьевую и товарных емкостей.

Предзаводская зона включает заводоуправление, проходную, столовую, пожарное депо, стоянку 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 нормирования** состоит в регламентации условий, соблюдение которых обеспечивает заданный уровень безопасности. Необходимость нормирования обусловливается тем, что достичь абсолютной безопасности 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.

Примеры: ПДК, параметры микроклимата, шума, нормы переноски тяжестей и др.

Принцип нормирования реализуется практически во всех сферах деятельности. Нормативы установлены почти для всех видов опасностей.

**Принцип подбора кадров** состоит в том, что выполнение задач по обеспечению безопасности поручается лицам, имеющим специальную подготовку и соответствующую профессиональную склонность. Этот принцип в реальных условиях часто не соблюдается из-за недостатка подготовленных специалистов и игнорирования специфических условий деятельности в области безопасности. По нашему мнению, в вопросах безопасности кадры решают все.

**Принцип последовательности** состоит в том, что вопросы безопасности рассматриваются и решаются синхронно с вопросами технологии и организации производства. Характерные нарушения этого принципа заключаются в том, что вопросы безопасности решаются в последнюю очередь, по остаточному методу.

**Принцип резервирования (дублирования)** состоит в одновременном применении нескольких устройств, способов, приемов обеспечения безопасности, направленных на защиту от одной и той же опасности. В случае отказа устройства или приема, основанного на одном принципе, срабатывают устройства, реализующие другие принципы. Возможно также применение нескольких конструкций, основанных на использовании одного принципа.

Рассмотрим несколько примеров реализации рассматриваемого принципа.

Пример 1. В производственных зданиях и помещениях по условиям пожарной безопасности предусматривается, как правило, не менее двух *эвакуационных выходов*.

Пример 2. Предусматривается *аварийное освещение* на случай выключения рабочего. При этом аварийное освещение предназначается для обеспечения продолжения работы либо для эвакуации людей.

Пример 3. Своеобразной формой реализации принципа дублирования является так называемое *двурукое включение*, при котором машина включается только при нажиме одновременно двух пусковых устройств двумя руками.

В ряде случаев для защиты от потенциальной опасности запрещается деятельность одного человека (без дублера). Например, на особо опасных работах по поражению электрическим током — в частности, на высоковольтных установках — должно быть не менее двух работников. На некоторых особо ответственных технических объектах, таких как космические корабли, самолеты, предусмотрено не двух-, а многократное дублирование некоторых систем.

**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.

### УПРАВЛЕНЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ

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

**Принцип адекватности** заключается в том, что управляющая система по сложности должна быть сопоставима с управляемой. Только в этом случае возможно достичь требуемых уровней безопасности. Например, структура и штаты служб охраны труда на предприятиях зависят от масштаба предприятия, числа работающих, степени опасности производства и других показателей.

**Принцип контроля** заключается в организации системы надзора и проверок объектов на соответствие их регламентированным требованиям безопасности, осуществляемых специально предусмотренными

органами и лицами. В процессе контроля проверяется выполнение должностными лицами своих обязанностей.

**Принцип минимизации ущерба** состоит в сопоставлении затрат и выгод при решении проблем безопасности.

**Принцип обязательности обратной связи** заключается в организации системы получения информации о результатах воздействия управляющей системы на управляемую путем сравнения параметров соответствующих состояний.

**Принцип ответственности** означает обязательность регламентирования прав, обязанностей и ответственности лиц, занятых синтезированием систем безопасности. Каждый работник должен четко знать и выполнять порученные ему функции. За каждой функцией должен быть определенный исполнитель.

**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 управления безопасностью** состоит в организации такого воздействия на объекты управления, которое направлено на достижение целесообразно сформулированных конечных целей.

**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.

Принципов обеспечения безопасности деятельности, как видим, много, но много и опасностей. Каждый принцип имеет определенные пределы применения. Каким принципам отдать предпочтение в конкретном случае, прежде всего зависит от достигнутого уровня безопасности, а также от соответствующих технических и организационных мероприятий и средств.

## СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

*Средства обеспечения безопасности* — это конструктивное, организационное, материальное воплощение принципов и методов обеспечения безопасности, то есть их конкретная реализация. Они делятся на средства коллективной (СКЗ) и индивидуальной защиты (СИЗ).

СКЗ предназначены для защиты всех работающих в данном цехе или участке от конкретных опасных и вредных факторов, а СИЗ предназначены для защиты определенных органов (дыхания, зрения и т. п.) отдельного работника от воздействия тех же факторов.

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

Примерами СКЗ могут служить ограждения, тормозные и предохранительные устройства, сигнализация, вентиляция, отопление, освещение, заземление.

Примерами СИЗ являются респираторы, маски, противогазы, спецодежда и спецобувь, рукавицы, каски, шлемы, защитные очки, вкладыши для ушей, предохранительные пояса для работы на высоте и др.

Следует заметить, что ряд конструкций СИЗ органов дыхания, слуха, конструкций предохранительных поясов, касок и других защитных устройств, успешно прошедших испытания в лабораториях, не получают широкого применения на практике из-за того, что работать в них человеку неудобно, а это отражается на производительности и соответственно на оплате труда.

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.

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

## МЕТОДЫ АНАЛИЗА ОПАСНОСТЕЙ

Анализ безопасности систем преследует одну цель — предотвращение опасных событий. При этом анализ может осуществляться априорно или апостериорно, то есть до или после реализации опасного события. В обоих случаях используемый метод может быть прямым и обратным. Чаще используется *апостериорный обратный метод*. В этом случае анализ начинается с изучения реализовавшегося события и определяются его причины. *Апостериорный прямой метод* заключается

в изучении причин и установлении их адекватности реализовавшемуся событию.

*Априорный анализ* заключается в рассмотрении гипотетического опасного события и причин обратным или прямым методом.

Причинно-следственные связи изображаются графически в виде так называемых деревьев отказов, событий, опасностей, причин и т. д. Этот способ был впервые предложен известной корпорацией RAND (США).

«Дерево причин» — это аналог «дерева отказов», давно применяемый в теории надежности. В принципе, причинно-следственные связи бесконечны, как бесконечен и сам процесс познания. Поэтому процесс ветвления «дерева» требует ограничений, которые зависят от целей исследования.

Как правило, нетрудно принять решение о прекращении наращивания новых «ветвей дерева» исходя из условий практической целесообразности. Процесс построения «дерева причин» трудно формализуем и является своего рода искусством. Применение графического метода является очень эффективной процедурой.

При построении того или иного дерева используются специальные логические символы (знаки), которые соответствуют определенным операциям (рис. 1.18).

**Рис. 1.18**
*Примеры обозначений логических символов и знаков:*

*а* — логическое произведение;
*б* — логическая сумма.

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.

Другими словами, операция «И» означает, что событие А возможно, если произойдут оба события Б и В; операция «ИЛИ» означает, что событие Г будет иметь место, если произойдет хотя бы одно из событий Д или Е (или оба).

На рисунке 1.18*а* показано логическое произведение А = Б·В, вероятности определяются по формуле $P$(А) = $P$(Б)·$P$(В).

На рисунке 1.18*б* приведена логическая сумма Г = Д + Е, вероятности определяются по формуле $P$(Г) = $P$(Д) + $P$(Е) – $P$(Д)·$P$(Е).

В общем случае, если события связаны оператором «И», то вероятность выходного события $P$(вых) равна произведению вероятностей входных событий $P_i$(вх):

$$P(\text{вых}) = \prod_i P_i(\text{вх}).$$

Если события связаны оператором «ИЛИ», то вероятность выходного события $P$(вых) определяется по формуле

$$P(\text{вых}) = 1 - \prod_i (1 - P(\text{вх})).$$

Построение дерева причин и опасностей основано на элементарных логических соображениях.

**Рис. 1.19**
*Пример дерева опасностей и причин (ДОП)*

Например, рассматривая некоторое апостериорное событие, следует установить все события, причины, которые необходимы для его возникновения. Затем выяснить причины этих причин и т. д.

В строящихся деревьях, как правило, имеются ветви причин и ветви опасностей, что полностью отражает диалектический характер причинно-следственных связей.

Разделение этих ветвей нецелесообразно, а иногда и невозможно. Поэтому такие графические изображения называют «деревьями опасностей и причин» (ДОП).

На рисунке 1.19 приведен пример ДОП, а в таблице 1.9 — исходные события и их вероятности. По этим данным можно определить вероятность вершинного события. Предлагаем произвести необходимые вычисления по приведенным формулам и определить вероятность вершинного события.

*Таблица 1.9*

**Исходные события «Дерева отказов»**

| № | Наименование события или состояния модели | Вероятность события $P_i$ |
|---|---|---|
| 1 | Система автоматической выдачи дозы (САВД) оказалась отключенной (ошибка контроля исходного положения) | 0,0005 |
| 2 | Обрыв цепей передачи сигнала от датчиков объема дозы | 0,00001 |
| 3 | Ослабление сигнала выдачи дозы помехами (нерасчетное) | 0,0001 |
| 4 | Отказ усилителя-преобразователя сигнала выдачи дозы | 0,0002 |
| 5 | Отказ расходомера | 0,0003 |
| 6 | Отказ датчика уровня | 0,0002 |
| 7 | Оператор не заметил световой индикации о неисправности САВД (ошибка оператора) | 0,005 |
| 8 | Оператор не услышал звуковой сигнализации об отказе САВД (ошибка оператора) | 0,001 |
| 9 | Оператор не знал о необходимости отключения насоса по истечении заданного времени | 0,001 |
| 10 | Оператор не заметил индикации хронометра об истечении установленного времени заправки | 0,004 |
| 11 | Отказ хронометра | 0,00001 |
| 12 | Отказ автоматического выключателя электропривода насоса | 0,00001 |
| 13 | Обрыв цепей управления приводом насоса | 0,00001 |

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие методологические направления используются в теории безопасности? Охарактеризуйте их.
2. Укажите важнейшие принципы системного анализа безопасности.
3. Дайте определение метода, принципа и средства обеспечения безопасности.
4. На каких стадиях жизненного цикла должны учитываться требования безопасности?
5. Что такое гомосфера и ноксосфера?
6. Какие методы обеспечения безопасности вы знаете? Объясните их реализацию.
7. На какие классы по признаку реализации можно разделить принципы обеспечения безопасности?
8. Дайте определение ориентирующих принципов обеспечения безопасности и приведите несколько примеров их реализации.
9. Объясните, в чем суть технических принципов обеспечения безопасности, и дайте примеры этих принципов.
10. Что такое управленческие принципы обеспечения безопасности? Приведите примеры и объясните их содержание.
11. Какие организационные принципы обеспечения безопасности вы знаете? Приведите примеры их реализации.
12. Какие средства обеспечения безопасности можно отнести к коллективным, а какие — к индивидуальным? Приведите примеры.
13. Объясните принцип анализа безопасности с помощью «дерева опасностей и причин».

ГЛАВА 2

# МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

*Человек есть мера всех вещей.*
Протагор

## § 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.

По определению Всемирной организации здравоохранения (Устав ВОЗ, 1948), здоровье — состояние полного физического, душевного и социального благополучия, а не только отсутствие 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.

В. В. Худолей 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 показателе 20–40%).

Н. А. Агаджанян отмечает, что здоровье человека, как и состояние 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 самым серьезным результатом загрязнения биосферы являются генетические последствия: уже сейчас известно более 2500 видов нарушений здоровья, локализованных на генном 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.

Жизнь испытывает человека путем чрезмерного дискомфорта и гораздо реже — комфорта, 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 — вероятную продолжительность жизни. Комплексными оценками состояния здоровья человека считают также показатели биологического возраста человека — основной обмен, жизненную 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 рисунке 2.1 приведена структурная схема по влиянию 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 людей приобретает особенно важное значение при разработке проектов и планов освоения новых районов, новой бытовой техники, новых технологий, синтезировании новых химических соединений,

**Рис. 2.1**
*Влияние факторов и условий окружающей среды на состояние здоровья*

производстве 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 природным, климатогеографическим, 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* путями, причем главная роль в этих реакциях принадлежит высшей нервной деятельности.

---

* Гуморальные процессы — физиологические и биохимические процессы, осуществляемые через жидкие среды (кровь, лимфу, тканевую жидкость) с помощью гормонов и различных продуктов обмена веществ.

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* (см. рис. 2.2) 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

**Рис. 2.2**
*Общая схема функциональной системы (по П. К. Анохину)*

органы динамически объединяются для достижения конечного приспособительного результата.

Взаимодействуя по принципу иерархии результатов, различные функциональные системы составляют в конечном счете слаженно работающий организм. При этом 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 др.) 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 непрерывно корригируется в соответствии с изменениями внешней среды и 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 подразделить на следующие три группы.

*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.

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

*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 рисунке 2.3 представлена схема возникновения субъективного ощущения в результате воздействуя на организм человека фактора окружающей среды (сенсорного стимула).

**Рис. 2.3**
*Возникновение субъективного ощущения в результате воздействия сенсорного стимула*

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, он выражается уравнением

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

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

Закон утверждает, что при линейном увеличении интенсивности раздражителя ($I$) интенсивность ощущения ($E$) растет логарифмически. Необходимо заметить, что закон соблюдается только при средних интенсивностях раздражителя, сильно искажаясь при пороговых и очень больших уровнях.

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. Так, 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.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте определение здоровья, регламентированное Всемирной организацией здравоохранения.
2. Какие основные факторы и в какой пропорции влияют на здоровье населения?
3. Какой интегральный показатель здоровья населения вы можете указать?
4. Что понимают под адаптацией организма к внешним условиям?
5. Как объясняет Л. К. Анохин реакцию целого организма и его устойчивость на изменения внешней среды?
6. От чего зависит эффективность адаптации организма?
7. Как происходит восприятие ощущения того или иного внешнего раздражителя?
8. Что такое латентный период?
9. По какому закону выражается зависимость между интенсивностью ощущения и интенсивностью раздражения?

## § 2.2. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

### ЗРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

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 в 30...40° условия для видения оптимальны. В этом секторе 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 внеш-

ним 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 обусловливает стробоскопический эффект. Если время, разделяющее дискретные акты наблюдения, меньше времени гашения зрительного образа, то наблюдение субъективно ощущается как непрерывное. При этом 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...760 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), «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 СИСТЕМА

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: наружного уха, среднего уха и внутреннего уха. Звуковые волны направляются в слуховую систему через наружное ухо к барабанной перепонке, колебания которой механическим путем через среднее ухо передаются 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...20000 Гц. Слуховое восприятие изображается на диаграмме кривой порога слышимости с помощью нанесения величин звукового давления, при которых на каждой частоте возникает ощущение звука. Кривая зависит 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. Это яв-

ление 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 при уровне 1 дБ и при запаздывании 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 центральной нервной системой для подавления фонового шума и выделения полезных звуков (например, позволяют сосредоточиться на нужном разговоре в многолюдном собрании).

### ВЕСТИБУЛЯРНАЯ СИСТЕМА

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

Выделяют статические и статокинетические рефлексы. *Статические* рефлексы обеспечивают адекватное взаиморасположение конечностей, а также устойчивую ориентацию тела в пространстве, то есть позные рефлексы. *Статокинетические* 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 статокинетическая устойчивость снижается вследствие изменения структуры их труда. Труд современного человека становится все более умственным, а физическая его доля неудержимо уменьшается. Человек стал значительно меньше активно передвигаться в пространстве. В этих условиях статокинетическая 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 водительском 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 СИСТЕМЫ

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; с помощью *терморецепции* воспринимаем тепло и холод; с помощью *ноцицепции* (процесс восприятия повреждения) ощущаем боль, распознаем потенциально опасные стимулы.

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 лежащие глубже 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 тысяч), другие — только на тепло (около 30 тысяч). Температура кожи несколько ниже температуры тела и различна для отдельных участков. Продолжительное ощущение тепла при температуре кожи выше 36°С тем сильнее, чем выше эта температура. При температуре около 45°С чувство тепла сменяется болью от горячего. Когда обширные области тела охлаждаются до температуры ниже 30°С, возникает ощущение холода. Боль от холода возникает при температуре кожи 17°С 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 см$^2$ 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 см$^2$ кожи находится 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.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Укажите достоинства зрения для оценки получаемой человеком информации и для анализа потенциальной опасности.
2. Укажите особенности зрительного анализатора для восприятия внешней среды.
3. В каком диапазоне электромагнитных волн происходят цветовые ощущения и какие отклонения от нормального восприятия цвета наблюдаются у людей? Как эти отклонения могут сказаться на безопасности?
4. В каком диапазоне частот происходит восприятие человеком звуков и какая особенность слуха имеет прямое отношение к безопасности?
5. Как отражается на людях нарушение вестибулярного аппарата и к каким последствиям с точки зрения БЖД могут они привести?
6. Какие функции безопасности выполняет кожа человека?
7. Какую роль играет боль в жизнедеятельности организма?

## § 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.

**Рис. 2.4**
*Адаптация и управление здоровьем человека*

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. 2.4).

В деле управления качеством окружающей среды и ограничения неблагоприятного влияния различных ее факторов на организм важное значение имеет гигиеническое нормирование. 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 немыслимо их благополучие. Таким образом, оно непосредственно выходит на конечную, целевую социально-биологическую ценность — здоровье человека и популяции.

Рассмотрим основные принципы нормирования.

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

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

*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.

*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.

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

*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.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Объясните раздельное, комбинированное, комплексное и сочетанное действие на организм человека факторов окружающей среды.
2. Какие цели имеет гигиеническое нормирование?
3. Какие основные принципы используются при гигиеническом нормировании?
4. Какие устанавливаются уровни гигиенических нормативов?
5. Как осуществляется гигиенический контроль за факторами окружающей среды, условиями труда и быта?

## § 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, то есть ненанесение 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.

Как уже отмечалось, человек в системах безопасности выполняет три роли: 1) является объектом защиты; 2) выступает средством обеспечения безопасности; 3) 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 порождать 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 низкого или очень высокого человека. На рисунке 2.5 приведены минимальные зоны 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. 2.5**
*Минимальное пространство (см), необходимое для выполнения работы при различных положениях тела*

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 2.1 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

*Таблица 2.1*

**Ощущения человека 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 (напряженной) работы |
| 30 | 25 | Отсутствие неприятных ощущений |
| | 50 | Нормальная работоспособность |
| | 65 | Невозможность выполнения тяжелой (напряженной) работы |
| | 81 | Повышение температуры тела |
| | 90 | Опасность для здоровья |

*Таблица 2.2*

**Физическая нагрузка оператора**

| Виды нагрузки | Мощность внешней механической работы, Вт | | Максимальный вес, поднимаемый вручную, Н | | Среднее значение прилагаемых усилий при частом их применении (М), Н | Перемещение (переходы) за смену, км |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | М | Ж | М | Ж | | |
| Оптимальная (легкая) | до 20 | до 12 | до 50 | до 30 | до 20 | до 4 |
| Допустимая (средней тяжести) | до 45 | до 27 | до 150 | до 90 | до 60 | до 10 |
| Неблагоприятная (тяжелая) | $\geqslant$ 45 | $\geqslant$ 27 | 150 | 90 | $\geqslant$ 60 | $\geqslant$ 10 |

М — мужчины; Ж — женщины.

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 2.2 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. С помощью СОИ и сенсомоторных устройств человек осуществляет управление самыми сложными системами.

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

**Социальная** совместимость предопределена 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. Особенностями психики обусловлены такие явления, встречающиеся у некоторых людей, как боязнь замкнутых (клаустрофобия) или открытых пространств (агорафобия).

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие роли может выполнять человек в системах безопасности?
2. В чем заключается антропометрическая совместимость человека со средой и какие задачи при этом должны быть выполнены?
3. Что понимается под биофизической совместимостью человека и среды?
4. Что предусматривается при энергетической совместимости человека и среды? Приведите примеры.
5. Как осуществляется информационная совместимость человека и машины и какие характеристики человека используются для ее обеспечения?
6. Объясните социальную совместимость.
7. Что такое технико-эстетическая совместимость? Приведите примеры.
8. В чем заключается психологическая совместимость и как отражается на аварийности и травматизме ее невыполнение?

РАЗДЕЛ ВТОРОЙ

# ЧЕЛОВЕК В МИРЕ ОПАСНОСТЕЙ

*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 счастии 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

ГЛАВА 3

# АНТРОПОГЕННЫЕ ОПАСНОСТИ (ПСИХОЛОГИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ)

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

Н. Гумилев

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) смертность от несчастных случаев занимает третье место после сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний. В Российской Федерации летальные исходы от несчастных случаев вышли на второе место. Однако, если в результате болезней умирают в основном пожилые люди, то от несчастных случаев гибнут трудоспособные люди молодого и среднего возраста, а также дети. Сюда же можно добавить тяжелые экологические последствия, возникшие от технических катастроф, происшедших по вине человека. Поэтому роль человеческого фактора в безопасности деятельности очень велика, особенно важны психофизиологические особенности виновников и жертв несчастных случаев.

В связи с этим психофизиологические аспекты безопасной деятельности составляют разделы психологии и физиологии, где изучаются закономерности происхождения и функционирования психического отражения индивидом объективной реальности в процессе безопасной трудовой деятельности.

Организм человека является целостным образованием органов, взаимосвязанных между собой и с окружающей средой. Они образуют естественную систему защиты человека от опасных и вредных производственных факторов.

Однако естественная система защиты человека от опасностей, представленная анализаторами и функциональными системами, не всегда может обеспечить требуемую безопасность в условиях техносферы.

Необходимы искусственные средства защиты. Чтобы разрабатывать искусственные системы безопасности, средства коллективной

и индивидуальной защиты, необходимо знать характеристики человека и его роль в системах безопасности.

Как уже отмечалось, человек в системе безопасности может выполнять три роли: 1) являться объектом защиты; 2) выступать средством обеспечения безопасности; 3) сам может быть источником опасности.

## § 3.1. ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ

*Психология* — это наука о психическом отражении действительности в процессе деятельности человека. В психологии выделяется несколько направлений, 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 Вильяма Штерна (1903) психотехникой. Первую попытку оформления психотехники как науки сделал Гуго 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. Психология безопасности изучает психологические, то есть зависящие от человека, причины несчастных случаев и разрабатывает методы и средства защиты от них.

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 Карл Марбе (1869–1953). Этот ученый своей теорией утверждал, что отдельные люди рождаются с природной 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.

С учетом изложенных выше теоретических положений к психофизиологическим факторам, влияющим на травматизм, можно отнести аномалии анализаторов. Так, для слухового анализатора, травматогенным свойством является глухота, которая приводит к следующим неприятным последствиям: неточному определению источника шума; несвоевременному и неправильному распознаванию звукового сигнала; отсутствию восприятия звукового раздражителя.

К основным травматогенным свойствам зрительного анализатора принято относить отклонения от нормального восприятия. К ним относятся цветовая слепота и дальтонизм, куриная слепота, световая адаптация, зрительная иллюзия, стробоскопический эффект.

К психологическим травматогенным факторам можно отнести расстройства мышления, памяти, восприятия, внимания и эмоционально-волевой сферы.

В настоящее время в структуре психики, связанной с сознанием и поведением, выделяют три компоненты: *психические процессы* (восприятие, внимание, мышление, память и др.); *свойства* (темперамент, характер и др.); *состояние* (утомление, психическая напряженность, стресс, пароксизмальное состояние, лекарственная, наркотическая или алкогольная астения и др.).

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что является предметом изучения психологии безопасности деятельности?
2. Как объяснял К. Марбе предрасположенность некоторых людей к несчастным случаям?
3. Укажите, к каким травмоопасным последствиям приводит глухота.
4. Перечислите травматогенные свойства зрительного анализатора.
5. Какие травматогенные факторы относятся к психологическим?
6. Какие компоненты выделяют в психике?

## § 3.2. ПСИХИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА БЕЗОПАСНОСТЬ

*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.).

*Память* — это свойство запоминания, сохранения и последующего воспроизведения индивидуумом информации, непосредственно связанной с безопасностью, особенно оперативного характера. Запоминание тесно связано с забыванием, определяемым закономерностью Эббингауза («кривая забывания» изображена на рисунке 3.1).

Аналитически «кривая забывания» представляется следующей зависимостью:

$$m = 1/(\ln\tau - 0{,}1),$$

где $m$ — количество сохраненной в памяти информации; $\tau$ — время сохранения информации в памяти, $\tau$ = 3...96 час.

**Рис. 3.1**
*График зависимости от времени объема информации, сохраненной в памяти человека*

Из этой закономерности следует, что за первые 9 часов информация уменьшается от 100% до 35%. В дальнейшем она стабилизируется на уровне 20%. Следовательно, чтобы восполнить утраченную информацию, необходимо проводить обучение, инструктажи и т. д. Таким образом, «кривая забывания» может служить научной основой для организации учебно-инструктивной подготовки работников по охране труда, особенно в отношении периодичности.

*Внимание* — это направленность сознания на определенные объекты, имеющие для личности устойчивую или ситуативную значимость, а также сосредоточение сознания, предполагающее повышенный уровень сенсорной, умственной или двигательной активности.

Для привлечения внимания к опасностям используются различные средства — звуковые, зрительные и т. д. Визуальная информация по безопасности представлена в виде плакатов, надписей, знаков, световых сигналов, различных видов окраски опасных объектов и др. Сенсорная информация, в основном зрительная, слуховая и тактильная, организуется при помощи восприятия.

*Восприятие (перцепция)* — это полисенсорное отражение в сознании человека предметов или явлений при их непосредственном воздействии на органы чувств. Перцептивные образы имеют в основном полисенсорный характер, так как используется информация от нескольких видов анализаторов (зрительного, слухового, тактильного).

Исследованиями установлено, что качественное восприятие информационных средств по технике безопасности должно соответствовать определенным правилам, в частности, должны обеспечиваться актуальность и новизна информации, эмоциональность воздействия, лаконизм оперативных сообщений (текст из 3–6 слов), композиционная оригинальность и т. д.

На основе перцептивного образа осуществляется выбор решения, непосредственно связанный с *мышлением*, под которым понимается процесс познавательной активности, характеризующийся обобщенным и опосредованным отражением действительности.

Ошибочный выбор решения может происходить по причине неправильной оценки ситуации, недостаточности опыта, неправильного осмысления полученной информации на этапах от целеобразования до актуализации в сознании элементов деятельности с учетом их безопасности. Ошибочное принятие решения может привести к авариям, связанным с несчастными случаями. Наряду с речемыслительным уровнем важную роль в принятии решения играет эмоционально-чувственная сфера, включающая чувства, эмоции, аффекты, настроение и волю.

*Чувства* — это оперативное отражение в сознании человека его реальных отношений, то есть потребностей субъекта, к значимым для него объектам. Чувства выполняют сигнальную и регулятивную функцию во взаимоотношениях субъекта с окружающей средой. Основными чувствами, способствующими травматогенным ситуациям, служат чувство утраты реальности (аутистичность), ложный страх (фобии) и т. д. Формой протекания чувств являются чувственный тон, эмоции, аффекты и настроения.

*Чувственный тон* — это своеобразная эмоциональная окраска протекания психического процесса. Травматогенным фактором чувственного тона считаются идиосинкразии, то есть болезненное отвращение к определенным раздражителям, приводящее к аллергиям. Напротив, положительный чувственный тон, возникающий от эмоционально привлекательных звуков, запахов, цвета и движения снижает степень риска и уменьшает утомляемость человека. На этих явлениях основано эстетическое оформление рабочей зоны, включая светоколористическое оформление помещений, функциональную музыку, фотодизайн.

*Эмоции* — это непосредственное переживание какого-либо чувства. Основными видами эмоций являются стенические и астенические. Стенические эмоции (решимость, радость, воодушевление, азарт) побуждают к активным действиям, преодолению препятствий и устранению причин угрозы для человека.

Астенические эмоции (боязнь, опасение, страх, испуг, ужас) характеризуются уходом от борьбы, замыканием в себе, излишними переживаниями.

Проявление эмоций связано с темпераментом и характером. Эмоциональные проявления учитываются при допуске на определенные виды ответственных работ (авиаполеты, хирургия и т. д.).

С эмоциями тесно связаны *аффекты*, то есть эмоциональные процессы, быстро овладевающие человеком, бурно протекающие, характеризующиеся значительным изменением сознания, нарушением контроля за действиями (утратой самообладания), а также изменением всей жизнедеятельности человека.

Аффект служит главной эмоциональной травматогенной формой. В состоянии аффекта, например отчаяния, может возникнуть ступор (застывание в неподвижной позе) или обморок. После аффективной вспышки может внезапно наступить аффективный шок, характеризующийся разбитостью, упадком сил, неподвижностью, вялостью. Людей, склонных к аффектам, нельзя допускать к особо ответственным работам.

*Настроение* — это общее эмоциональное состояние, окрашивающее в течение длительного времени протекание отдельных психических процессов и поведение человека. Настроение в меньшей степени является эмоциональной основой в травматогенных ситуациях. Однако длительное эмоционально-отрицательное настроение может привести к фрустрациям, то есть к состоянию неспособности к активным действиям при наличии объективно непреодолимых (или субъективно воспринимаемых) трудностей, что в свою очередь может привести к ослаблению организма и служить причиной несчастных случаев.

*Воля* — это форма психической активности человека, которая предполагает регулирование человеком своего поведения, торможение ряда других стремлений и побуждений; предусматривает организацию различных действий в соответствии с сознательно поставленными целями. Основными особенностями волевой деятельности являются: осознанность, детерминированность как жизненными обстоятельствами, так и складом личности. Основным элементом волевой деятельности служит волевой акт.

Антиподы волевых качеств — внушаемость, нерешительность, безволие, импульсивность — являются источниками травматогенных ситуаций.

Наиболее опасным считается групповое внушение, когда сильная, но антисоциальная личность внушает большому количеству людей идеи нанесения телесных повреждений и даже самоуничтожения.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие психические процессы выделяют в психологии?
2. Как зависит от времени сохранение в памяти определенной информации?
3. Что включает в себя эмоционально-чувственная сфера?
4. Что из себя представляет аффект и каковы его последствия?

## § 3.3. ПСИХИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, ВЛИЯЮЩИЕ НА БЕЗОПАСНОСТЬ

Основными психическими свойствами, влияющими на безопасность человека, считаются характер и темперамент.

Важную роль в обеспечении безопасности человека играет его *характер*, под которым понимается совокупность индивидуально-психологических свойств, проявляющихся в типичных для данной личности способах действия при определенных обстоятельствах, а также своеобразным отношением личности к этим обстоятельствам. Физиологической основой характера служат динамические стереотипы. Ряд характерных свойств человека объединяются в симптомокомплексы, или факторы, которые в совокупности образуют структуру характера.

В настоящее время существует много вариантов многофакторных структур характера, выявляемых с помощью тестирования, например методом 16-факторного определителя личности Кеттелла.

Для рассматриваемой темы представляют интерес следующие факторы: робость–смелость, нерешительность–решительность, ригидность–пластичность. Эти факторы тесно связаны с эмоционально-волевой сферой и были частично раскрыты выше. Характер учитывается при профориентации и профотборе.

Определенное отношение к безопасной деятельности имеет *темперамент*. В психологии под темпераментом понимают сочетание таких характеристик человека, как интенсивность, скорость, темп, ритм психических процессов и состояний, зависящих от свойств нервной

системы этого человека — силы, подвижности и возбудимости. Согласно общепринятой дифференциации по темпераменту выделяются холерики, меланхолики, флегматики и сангвиники.

*Сангвиник* — человек уравновешенный, активный, подвижный, легко переживающий неприятности и неудачи, практичный.

*Флегматик* — человек с замедленными реакциями, невозмутимый, постоянный в своих чувствах, размеренный в действиях и речи.

*Холерик* — возбудимый, порывистый, несдержанный в эмоциях, с частыми сменами настроения, быстро говорящий человек.

*Меланхолик* — человек со слабым типом нервной системы, очень впечатлительный, обидчивый, глубоко все переживающий, но способный тонко чувствовать и воспринимать больше информации, чем другие, отчего он быстрее устает.

Чтобы психологически подготовиться к встрече с опасностью, надо обратить внимание на свой характер. В отличие от социально приобретенного характера, темперамент обусловлен генетически. Темперамент может иметь определенное значение для возникновения травматогенных ситуаций в более длительных отрезках времени в отличие от характера.

Например, общеизвестно, что при неблагоприятных обстоятельствах меланхолик чаще становится жертвой собственной трусости, чем холерик или сангвиник.

Чем человек старше, тем в большей степени формирование характера зависит от него самого.

На безопасность влияют психологические свойства, объединяемые понятием *фобия* (от *греч.* phobos — страх, боязнь), в частности:

*агорафобия* — боязнь открытого пространства и скопления людей;

*акрофобия* — страх высоты;

*клаустрофобия* — боязнь закрытых, тесных пространств;

*пантофобия* — боязнь всего вокруг, всего, что может произойти;

*псевдофобия* — боязнь, вызванная когда-то пережитыми событиями; страх перед машинами после пережитой автокатастрофы, аварии; остающийся страх после несчастных случаев и др.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие основные психические свойства влияют на безопасность?
2. Как определяется понятие характера?
3. Что определяет темперамент человека?
4. Какие основные типы темперамента различают в психологии?
5. Чем обусловлены темперамент и характер?
6. Каким образом темперамент может влиять на возникновение травматогенной ситуации и на последующее поведение?

## § 3.4. ПСИХИЧЕСКИЕ СОСТОЯНИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА

*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 XX в. Р. Йеркс 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. 3.2).

Как следует из этой кривой, стресс оказывает положительное влияние на результаты труда (мобилизует организм и способствует преодо-

**Рис. 3.2**
*Закон Йеркса–Додсона, связывающий активацию нервной системы A с продуктивностью действий W:*

*I* — приращение активации $\Delta A_1$ ведет к приросту продуктивности $+\Delta W_1$; *II* — приращение активации $\Delta A_2$ ведет к снижению продуктивности $-\Delta W_2$.

лению 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 лишь 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:

1) интенсивность работы;

2) давление фактора времени (штурмовщина, срочная аккордная работа и т. п.);

3) изолированность рабочих мест и недостаточные межличностные контакты между рабочими (операторы современного предприятия часто удалены один от другого, находятся в изолированных помещениях);

4) однообразная и монотонная работа (на конвейере, у приборных пультов);

5) недостаточная двигательная активность (многие часы оператор находится в состоянии готовности к действию, тогда как необходимость действия возникает редко);

6) 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.

К психическим состояниям человека относят, главным образом, утомление, психическую напряженность, стресс, дистресс и особые состояния.

В научной практике нередко используют также понятие *фрустрация*, которое представляет психическое состояние человека, вызываемое объективно непреодолимыми или субъективно воспринимаемыми трудностями, возникающими на пути к достижению цели или к решению задачи, а также переживание неудачи. Фрустрацию можно рассматривать как одну из форм психологического стресса.

*Утомление* — это временное состояние органов или целого организма, характеризующееся снижением работоспособности в результате длительной или чрезмерной нагрузки. Различают физическое и психическое утомление.

В выраженных случаях утомления у человека могут появиться невротические признаки (повышенная отвлекаемость, рассеянность, затруднение концентрации внимания).

Крайней формой утомления служит *тяжелое утомление*, граничащее с патологическими формами реакций на стимулы. При тяжелом утомлении человек совершает ошибочные действия, которые могут привести к несчастным случаям. Выявлено, что около 40% несчастных случаев на производстве, связанных с психологическими факторами, вызвано утомлением.

Развитие утомления связано с изменением работоспособности и в течение рабочей смены проходит три этапа: I — врабатывания, II — устойчивой работоспособности, III — наступления утомления (рис. 3.3).

Основной задачей психофизиологических исследований является сокращение фазы пониженной трудоспособности за счет уменьшения периода врабатывания и снижения утомления. Основными мерами для достижения таких результатов служат: рационализация рабочих

**Рис. 3.3**
*Развитие утомления и изменение работоспособности в течение смены у станочников*

**Рис. 3.4**
*Изменение числа несчастных случаев в течение рабочего дня*

мест и рабочих движений, улучшение показателей микроклимата и т. д. Изменение числа несчастных случаев в течение рабочего дня показано на рисунке 3.4.

Сравнение графиков (рис. 3.3 и 3.4) свидетельствует о «скачках» несчастных случаев в первый час работы (период врабатываемости) и после обеденного перерыва, а также за час до обеда и перед окончанием рабочей смены (период наступления утомления). Поэтому повышение работоспособности и снижение утомления способствуют уменьшению числа несчастных случаев.

К наиболее распространенным психическим состояниям человека, приводящим к несчастным случаям, относят психическую напряженность, то есть состояние повышенной психофизиологической активности, и неадаптивность, вызванные экстремальными для данной личности факторами и предвосхищением неблагоприятных для нее ситуаций. Длительная психическая напряженность может привести к стрессам.

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

*Умеренное напряжение* — нормальное рабочее состояние, оно 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. Такой режим работы осуществляется в комфортных условиях, при нормальной работе технических устройств, в привычной обстановке. В состоянии умеренного напряжения 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 при этом 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 работа в условиях, выходящих за пределы оптимума. Отклонения от оптимальных

условий деятельности требуют повышенного волевого усилия или, иначе говоря, вызывают напряжение.

К неблагоприятным факторам, повышающим напряжение, относятся:

1) физиологический дискомфорт, то есть 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 решения;

9) недогрузка информацией (сенсорная депривация);

10) перегрузка информацией;

11) конфликтные условия, то есть 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 и 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 частых переключений внимания 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.

## МОТИВАЦИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

К психическим состояниям относится *мотивация*, которая очень тесно соприкасается с эмоционально-волевой сферой. Под мотивацией понимается совокупность желаний, устремлений, побуждений, мотивов, установок и других побудительных сил личности. Мотивационная сфера имеет определенную структуру в виде иерархии мотивов. Согласно мнениям ученых, например А. Маслоу, одним из важных мотивов является обеспечение безопасности. Неразвитость или ослабление этого мотива может вовлечь человека в травмогенную ситуацию.

Основные элементы теории мотивации психологии безопасности труда следующие: структура, сила мотивации, конфликт мотивов, усиление мотивов и др.

Т. Томашевский установил следующую пятизвенную мотивационную структуру: выгода, безопасность, удобства, удовлетворенность и нивелирование. Представитель гуманистической психологии А. Маслоу предложил другую мотивационную структуру поведения: биологические мотивы, безопасность, привязанность и ласка, оценка и признание, актуализация творческих потенций.

Как видно из этих примеров, на втором месте у обоих ученых находится мотив безопасности, что свидетельствует о его важности. Поэтому рассмотрим основные разработки в этой области.

Связь силы мотивов и трудности жизненных задач можно представить такой концептуальной альтернативной схемой: либо стремление к успеху, например к заработку, либо избегание неудач и несчастий, например травм.

Графическая модель разработанной концепции изображена на рисунке 3.5 ($M$ — сила мотива).

Следующий элемент мотивационной сферы — это расхождение и замещение мотивов, связанных с когнитивным диссонансом, возникающим из-за расхождения между поведением, предпочитаемым индивидом, и навязанном извне. Когнитивный диссонанс вызывает у человека психологический дискомфорт. Поэтому человек меняет один

**Рис. 3.5**
*Зависимость мотивации от доминирования либо стремления к успеху* $D_s$ *(*$D_s > D_f$*), либо стремления к избеганию неудач* $D_f$ *(*$D_f > D_s$*)*

**Рис. 3.6**
*Изменение силы мотива по мере приближения к цели*

из указанных мотивов и устраняет диссонанс, что служит проявлением мотива сохранения прошлого опыта. Это явление изучал Л. Фестингер.

Конфликт мотивов отметил Ж. Фаверж в виде альтернативы: сегрегация, то есть выделение мотивов, или конгрегация, то есть слияние мотивов, например, конфликт между экономической выгодой и несоблюдением безопасных правил поведения.

Усиление мотивов установил Дж. Халл, связавший его с «градиентом цели», означающим, что с приближением к цели сила мотива увеличивается. Например, градиент выгоды зачастую оказывается больше градиента опасности при завершении работ.

Ч. Ундейч это положение изобразил с помощью графика, представленного на рисунке 3.6.

Мотивация связана с другим базовым понятием безопасности деятельности — *риском*, который означает либо действие, сопряженное с опасностью, либо действие в условиях неопределенности. Причинами рискованного поведения считаются выгода и опасность проигрыша.

А. В. Петровский ввел понятия мотивированного риска и немотивированного риска (бескорыстного риска).

Согласно мнениям ученых, например Х. Гейма, субъективная готовность к риску индивида определяется следующими его качествами: наличием мотива выгоды, доминантностью в общении, экстравертированностью, ригидностью, эгоцентризмом, легкомыслием и боязливостью.

Укажем на одну закономерность мотивации, которую исследовал американский психолог Дж. Аткинсон (1957). Он изучал, как влияет

трудность задания на силу мотивации к его выполнению. 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 мотивация, как показали опыты Дж. Аткинсона, возникала к выполнению действий средней трудности, когда имелось достаточно надежд на успех, но присутствовали и трудности, делающие такой успех привлекательным. Полученная автором закономерность изменения силы мотива ($M$) как функции трудности задачи (вероятности $p$ недостижения цели) представлена на рисунке 3.7.

**Рис. 3.7**
*Зависимость мотивации M к выполнению задания от степени его трудности p (по Аткинсону)*

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 $p < 0{,}5$, то есть где имелось больше надежды на успех. Испытуемые, отличающиеся более сильной нервной системой, напротив, стремились 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 удается 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.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое стресс и как он влияет на результаты деятельности?
2. Какие отрицательные факторы производственной среды могут привести к длительным психическим напряжениям, ошибочным действиям и неправильному поведению работника в сложной обстановке?
3. В какой форме могут выражаться запредельные психические состояния человека?
4. Как влияют умеренное и повышенное психические напряжения на эффективность и безопасность деятельности?
5. Какие виды психических напряжений возникают в различной профессиональной деятельности и отрицательно проявляются в неблагоприятных условиях?
6. Какие пять основных мотивов проявляются в деятельности человека?
7. Объясните зависимость мотивации к выполнению задания от степени его трудности, полученную в исследованиях Дж. Аткинсона.
8. Каким образом зависит связь между трудностью задания и силой мотива к его выполнению от свойств нервной системы индивидуума?
9. Чем объясняется стремление людей со слабой нервной системой к решению задач высокой сложности?

## § 3.5. ОСОБЫЕ ПСИХИЧЕСКИЕ СОСТОЯНИЯ

Наряду с утомлением и стрессом ученые выделяют особые психические состояния, включая пароксизмальные расстройства сознания, изменения настроения; состояния, связанные с приемом психотропных средств (стимуляторов, транквилизаторов, алкогольных напитков и т. д.).

*Пароксизмальные состояния* характеризуются утратой сознания от нескольких секунд до нескольких минут, например абсанс. Причинами таких состояний служат заболевания, монотонный труд, работа в ночное время. Из-за таких состояний происходит много аварий на транспорте.

*Психогенные изменения настроения* возникают под влиянием стрессовых состояний и трагических событий. Ухудшение настроения выражается в безразличии, вялости, скованности, заторможенности, затруднении переключения внимания, замедлении темпа мышления. Снижение настроения сопровождается также ухудшением самоконтроля и может быть причиной производственного травматизма.

Практический опыт свидетельствует, что прием легких стимуляторов (чая, кофе) помогает в борьбе с сонливостью и может способствовать повышению работоспособности на короткий период. Употребление *транквилизаторов* — препаратов, смягчающих психоэмоцио-

нальные 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 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 к 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 наклонностью к пароксизмальным состояниям.

Не менее опасны *аффективные состояния* (аффект — взрыв эмоций), возникающие вследствие обид, оскорблений, профессиональных неудач и бытовых конфликтов. 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 с повышенным риском 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 в 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 стереотип 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 закостенелости 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.). В такой обстановке 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, о 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.

Очень негативное влияние на психологическую безопасность деятельности оказывают *активные стимуляторы* (первитин, фенамин), которые способствуют первоначально повышению активности, но позднее вызывают отрицательные эффекты (ухудшение самочувствия, уменьшение подвижности и скорости реакций), что зачастую приводит к ошибкам в поведении и несчастным случаям.

Большую опасность для человека оказывает при определенных обстоятельствах алкоголь. Установлено, что прием даже небольшого количества алкоголя уже ухудшает качество работы и увеличивает количество допускаемых ошибок.

Длительное употребление алкоголя приводит к *алкоголизму*, то есть болезненному привыканию к алкоголю, сопровождающемуся деградацией личности. Начавшись с волевых и характерологических расстройств, алкогольная деградация по мере нарастания органического поражения головного мозга ведет к инвалидности.

В настоящее время можно считать, что пьянство и алкоголизм являются главными причинами производственного травматизма.

Для устранения психологических причин несчастных случаев применяются технико-организационные способы, а также воспитание и обучение безопасному поведению.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое пароксизмальные расстройства сознания и как они могут отразиться на безопасности деятельности?
2. Каков механизм воздействия спиртных напитков на деятельность человека и его подверженность опасности?
3. Что такое аффективное состояние человека и к каким последствиям оно может привести?
4. Какие реакции могут возникнуть у человека в опасной для него ситуации?
5. Что представляет собой паника и как она влияет на возможные ошибочные действия человека?
6. Чем обусловлено поведение толпы в условиях паники и какие события и ситуации могут привести к массовой панике?

## § 3.6. ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ 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: 1) по незнанию этих требований; 2) по нежеланию выполнять известные ему требования безопасности; 3) в связи с неумением выполнить требования; 4) в связи с невозможностью выполнить требования (по причинам, не зависящим от человека).

В психологической классификации причин возникновения опасных ситуаций и несчастных случаев выделяют три класса в соответствии с функциональными частями действий человека.

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 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: пропаганду и воспитание — для мотивационной части; обучение, отработку навыков — для ориентировочной; профотбор, медицинское обследование — для исполнительной.

Рассмотрим одно из основных звеньев в профилактике производственного травматизма — обучение и закрепление навыков и умений.

Обучение безопасному поведению происходит в форме передачи опыта, состоящего из знаний, умений и навыков. В связи с тем, что психомоторную основу безопасной деятельности составляют действия и навыки как автоматизированные действия, а также операции как алгоритмизированные действия, рассмотрим обучение навыкам.

Формирование навыка как элемента когнитивно-ориентировочной части деятельности проходит в 4 этапа: 1) ознакомительный, 2) подготовительный (аналитический), 3) стандартизирующий (синтетический), 4) варьирующий (ситуативный). На ознакомительном этапе происходит осмысление действий; на подготовительном — сознательное, но неумелое их выполнение; на синтетическом — автоматизация действий и на ситуативном — пластичное приспособление действий к изменяющимся условиям.

**Рис. 3.8**
*«Кривые упражнений» станочников:*

*а* — уменьшение количества пропусков при обучении совмещению действий; *б* — длительность пауз при обучении трудовым навыкам.

Наибольшее число несчастных случаев отмечено на подготовительном этапе. На синтетическом этапе происходит вторичный скачок числа несчастных случаев из-за излишней адаптации.

На ситуативном этапе для психологии безопасности труда представляет интерес интерференция навыков, то есть отрицательный их перенос, например: при замене схемы пульта управления машиной, изменения правил дорожного движения и т. д. При формировании профессиональных умений и навыков, согласно исследованиям ряда ученых (В. Брайян, Н. Хартер, В. В. Чебышева), отмечены закономерности, представленные графически в виде «кривых упражнений» (рис. 3.8).

Анализ этих графиков позволяет сделать вывод о быстром совершенствовании умений и навыков в начальный период («скачок»), что выражается в уменьшении числа пауз и сокращении их длительности.

Однако на первоначальном этапе обучения (подготовительном и стандартизующем) отмечается значительное число несчастных случаев. По мнению ряда ученых (М. Я. Котик, М. К. Маренго и др.) необходимо на этих этапах вырабатывать комплексную культуру деятельности, включающую как технологичность, так и безопасность.

Наряду с этим на графике имеются участки стабилизации («плато»), свидетельствующие о задержке роста результатов упражняемости и поиске новых путей овладения навыками («творческая пауза»). Для устранения «плато» необходимо применять новые методы и приемы обучения, в том числе безопасные.

Таким образом, с учетом упражняемости можно выделить взамен указанных выше четырех этапов обучения три следующих: 1) первоначальное овладение действиями, 2) уточнение и объединение действий и 3) закрепление действий вплоть до автоматизации.

Чтобы система «человек–производственная среда» функционировала эффективно и не наносила ущерба здоровью человека, необходимо обеспечить совместимость характеристик среды и человека.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие три функциональные части, влияющие на безопасность деятельности, выделяют психологи в действиях человека?
2. В чем проявляются нарушения мотивационной части действий и какими профилактическими методами можно их устранить или уменьшить?
3. Как проявляются нарушения ориентировочной части действий и как можно их устранить или уменьшить?
4. Как выражаются нарушения исполнительной части действий и чем можно их устранить или уменьшить?

ГЛАВА 4

# СОЦИАЛЬНЫЕ ОПАСНОСТИ

*Толпа на людей не похожа. Колышется, хрипло сопя,*
*Зевак и случайных прохожих неслышно вбирая в себя.*
*Затягивает, как трясина, — подробностей не разглядеть...*
*И вот пробуждается сила, которую некуда деть...*
*Толпа превращается в стаю. И капает пена с клыков.*

Р. Рождественский

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

Социум — это особая система, развивающаяся 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 противоправные (незаконные) формы насилия, употребление веществ, нарушающих психическое и физиологическое равновесие человека (алкоголь, наркотики, курение), суициды, мошенничество, шарлатанство — все, что может нанести ущерб здоровью людей.

В своей основе 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.

## § 4.1. КЛАССИФИКАЦИЯ СОЦИАЛЬНЫХ ОПАСНОСТЕЙ

Социальные опасности могут быть классифицированы по определенным признакам.

*По природе и форме воздействия* на человека выделяются:

1) опасности, связанные с психическим воздействием на человека (шантаж, мошенничество, воровство и др.);

2) опасности, связанные с физическим насилием (разбой, бандитизм, террор, изнасилование, заложничество);

3) опасности, связанные с употреблением веществ, разрушающих организм человека (наркомания, алкоголизм, курение);

4) опасности, связанные с болезнями (СПИД, венерические заболевания, туберкулез и др.);

5) опасности суицидов.

*По масштабу событий* социальные опасности можно разделить на: локальные; региональные; глобальные.

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

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

## § 4.2. ВИДЫ СОЦИАЛЬНЫХ ОПАСНОСТЕЙ

### ПСИХИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ

*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.

### ФИЗИЧЕСКОЕ НАСИЛИЕ

*Бандитизм* в соответствии с уголовным правом — 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, опасным для жизни и здоровья лица, подвергшегося нападению.

*Изнасилование* — половое сношение с применением физического насилия, угроз или с использованием беспомощного состояния потерпевшей. Уголовное право (УК РФ, ст. 131) предусматривает суровое наказание за изнасилование — от 2 до 15 лет при отягчающих обстоятельствах.

*Заложничество* представляет собой форму преступления, суть которого состоит в захвате людей (нередко это дети и женщины) одними лицами с целью заставить выполнить определенные требования другими лицами.

*Террор* — физическое насилие вплоть до физического уничтожения. Применяется чаще всего с требованиями политического характера. Подробнее терроризм рассмотрен в § 10.4.

*Экстремизм* — деятельность, направленная на насильственное изменение основ конституционного строя, создание незаконных вооруженных формирований, осуществление террористической деятельности, осуществление массовых беспорядков, пропаганду нацистской символики и др. Принципы противодействия экстремизму аналогичны принципам борьбы с терроризмом. Борьба с экстремизмом регламентируется Федеральным законом «О противодействии экстремистской деятельности» от 25.09.2002 № 114-ФЗ.

### УПОТРЕБЛЕНИЕ РАЗРУШАЮЩИХ ОРГАНИЗМ ВЕЩЕСТВ

*Наркомания* (от *греч.* 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 нарушению 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-алкогольную, опийно-барбитуровую и др.).

Возникновение наркомании связано с эйфоризирующим, приятно оглушающим или стимулирующим эффектом наркотика. 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. Он характеризуется физической и психической зависимостью от алкоголя, психической и социальной деградацией, патологией внутренних органов, обмена веществ, центральной и периферической нервной системы. Нередко возникают алкогольные психозы. К сожалению, в России, по данным Роспотребнадзора, почти 2,5 млн человек больны алкоголизмом.

Большое число несчастных случаев и аварий связано с употреблением спиртных напитков. Алкоголь оказывает сильное влияние на нервную систему, психофизиологические процессы даже в том случае, если внешне поведение человека не отличается от нормального. В таблице 4.1 приведены сведения о состоянии человека в зависимости от содержания спирта в крови.

Алкоголь быстро всасывается в кровь и разносится по всему телу. Примерно через 5 минут после употребления он достигает головного мозга. Проникая внутрь живых клеток, алкоголь замедляет, ослабляет и даже останавливает их деятельность, нарушает работу органов и тканей. Особенно пагубно действует алкоголь на нервные клетки. Он имеет все признаки наркотического вещества. Особенно опасно употребление алкоголя людьми, выполняющими работы, требующие внимания, 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 организ-

*Таблица 4.1*

**Функциональная оценка состояния опьянения**

| Содержание спирта в крови, в промилле* | Функциональная оценка состояния опьянения |
|---|---|
| Менее 0,2 | Все функции в пределах физиологической нормы |
| 0,2...0,3 | 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 |

* Промилле — одна тысячная часть. Здесь — единица концентрации вещества; 1 г спирта на 1 кг крови.

*Таблица 4.2*

**Токсические и канцерогенные вещества в дыме сигарет**

| Вещество | 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 |

ма 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, опиум и др.). Курение табака — одна из наиболее распространенных вредных привычек (получила распространение в Европе начиная с XVI в., в России с XVII в.). Действие на организм некоторых веществ, содержащихся в табачном дыме, приведено в таблице 4.2.

Оксид углерода CO 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 оксидом углерода 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, не способный транспортировать кислород.

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 скоропостижные 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 накуренном помещении) некурящие люди за 1 час вдыхают столько никотина и оксида углерода, сколько они могли получить, если бы сами выкурили одну сигарету. Оказалось также, что жены курящих мужчин чаще болеют раком легких, чем жены некурящих. Такой же опасности подвергаются дети.

Согласно статистике, в развитых странах смертность от курения меньше, чем в развивающихся. Чем выше жизненный и образовательный уровень страны, тем меньше курильщиков. Россия, увы, по распространению курения находится на положении развивающейся страны, в ней курят около 60% населения. По данным ВОЗ, от болезней, вызванных курением, умирает в России каждый год 350 тыс. человек. Как показывает опыт многих стран, проблема курения решается на уровне законодательной и исполнительной власти. Больших успехов в борьбе с курением достигли США и Канада. В США в 40-х гг. XX в. курильщики составляли 60% населения. В последние годы процент курящих снизился до 24% среди мужчин и 21% — среди женщин.

Наиболее действенно в борьбе с курением на государственном уровне законодательное ограничение курения в общественных местах. После запрета на курение в общественных местах концентрация канцерогенов снизилась на 90%. В России в настоящее время также вносятся подобные ограничения. Во многих странах в первую очередь берут на работу некурящих работников, а в некоторых странах доплачивают к заработной плате 15%. Кроме того, страховые компании страхуют курящих работников на меньшие суммы, учитывая риск заболеваний.

Высокие цены на табачную продукцию, в том числе за счет высоких пошлин на импорт и акцизы, более строгий контроль за соблюдением закона о рекламе табака и табачных изделий, практика распространения льготных или бесплатных препаратов от табачной зависимости, активная пропаганда здорового образа жизни — таковы меры борьбы с курением.

### СОЦИАЛЬНЫЕ БОЛЕЗНИ

*Туберкулез.* Это серьезное инфекционное заболевание, передающееся воздушно-капельным способом. Бациллы туберкулеза, названные «палочками Коха» в честь первооткрывателя — австрийского врача Роберта Коха, под действием солнечных лучей и высокой температуры погибают. Туберкулез получил широкое распространение в социальных средах с неблагополучными условиями жизни: среди бомжей, заключенных, опустившихся людей. Туберкулез представляет серьезную социальную проблему, по уровню его распространенности можно однозначно судить о благополучии или неблагополучии в обществе. В России, к сожалению, достаточно высок процент больных туберкулезом, особенно по сравнению с 80-ми гг. XX в.

*Венерические болезни.* Этот термин был предложен в 1527 г. французским ученым Ж. де Бетанкуром. Венерические болезни были известны с глубокой древности (2500 лет до н. э.), однако их рассматривали

как одно заболевание. В конце XV в. 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 хроническую форму и приводят 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. По сравнению с 1989 г. в России заболеваемость сифилисом возросла в 40 раз, а среди девочек до 14 лет — в 85 раз. В 20 раз увеличилось число случаев врожденного сифилиса.

Для организации 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 периодические профилактические осмотры работников пищевых предприятий, бань, детских учреждений, осуществлялось обязательное и бесплатное лечение венерических болезней, санитарное просвещение. По советскому праву была установлена уголовная ответственность за заражение другого лица венерической болезнью лицом, знавшим о наличии у него этой болезни (наказывалось лишением свободы на срок до 3 лет). По действующему Уголовному кодексу РФ (ст. 121) за это деяние полагается арест от 3 до 6 месяцев.

*СПИД* (синдром приобретенного иммунодефицита). Первое сообщение об этой новой, прежде неведомой болезни появилось в американском «Еженедельном вестнике заболеваемости и смерти» в 1982 г. А теперь зараженные, больные и умершие от СПИДа есть во многих странах.

В 1988 г. 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. В конце XX в. полтора миллиона американцев являлись носителями вируса этой болезни.

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

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

Директор американского Института вирусологии человека Роберт Галло, один из первых видевших вирус СПИДа, считает, что некоторые страны находятся под угрозой настоящего геноцида, истребления своих народов.

Самый эффективный путь борьбы со СПИДом, если не единственный, — это обучение, информация. Заражение другого лица ВИЧ-инфекцией (вирусом иммунодефицита человека, вызывающего СПИД) лицом, знавшим о наличии у него этой болезни, согласно Уголовному кодексу РФ (ст. 122) наказывается лишением свободы на срок до 5 лет.

### САМОУБИЙСТВА (СУИЦИД)

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

Особая жестокость заключена в агрессии, направленной 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 данным ВОЗ, в мире ежегодно совершается более 500 тыс. самоубийств и примерно 7 млн попыток. Уровень самоубийств оценивается числом совершенных суицидов на 100 тыс. населения. Эти цифры в 1990-е гг. выглядели 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. В 1990-е гг. социально-экономическая ситуация изменилась к худшему и показатели выглядели следующим образом: 1990 — 43,9; 1991 — 44,5; 1992 — 53,2; 1993 — 66,2; 1994 — 74,1; 1995 — 77,3. В последние годы этот показатель равен примерно 40.

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 — здоровые люди. Специалисты убеждены, что суициды — это результат влияния социальной среды, подрывающей веру человека. Намерение лишить себя жизни появляется у человека в условиях, когда он оценивает ситуацию как неразрешимый конфликт.

Причин самоубийств много — 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 четыре 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 их ликвидацию. 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.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что понимают под социальными опасностями? Приведите примеры социальных опасностей.
2. Как можно классифицировать социальные опасности?
3. Укажите виды социальных опасностей, связанные с психическим воздействием и физическим насилием. Приведите примеры из жизни.
4. Объясните, чем опасна наркомания для человека и общества.
5. Объясните механизм воздействия алкоголя на человека и укажите, к каким последствиям ведет его чрезмерное употребление.
6. Укажите, в чем вред курения табака.
7. Какова социальная опасность венерических болезней?
8. Как можно уберечься от СПИДа?
9. Что является причиной самоубийств и какими профилактическими мерами можно уменьшить их число?

ГЛАВА 5

# ПРИРОДНЫЕ ОПАСНОСТИ

*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 — землетрясения, извержения вулканов, снежные лавины, сели, оползни, камнепады, наводнения, штормы, цунами, тропические циклоны, смерчи, молнии, туманы, космические излучения и 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, холод и др.

К природным относятся такие факторы, как шум, инфразвук, вибрация, если они возникают в результате процессов, происходящих в природе.

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

1) для каждого вида опасностей характерна определенная пространственная приуроченность;

2) чем больше интенсивность (мощность) опасного явления, тем реже оно случается;

3) каждому виду опасностей предшествуют некоторые специфические признаки (предвестники);

4) при всей неожиданности той или иной природной опасности ее проявление может быть предсказано;

**Рис. 5.1**
*Примеры гидрографов рек со слабо залесенными (1) и сильно залесенными (2) бассейнами (по А. П. Дедкову и др., 1962 г.):*

*1* — р. Малая Кокшага, разъезд Куяр, залесенность 39%, площадь бассейна 2630 км$^2$; *2* — р. Малый Кундыш, деревня Кундыш, залесенность 64%, площадь бассейна 1210 км$^2$; *W* — процент от объема годового стока.

**Рис. 5.2**
*Схема «цепного» взаимодействия стихийных явлений*

5) 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 человечества, приводящие к усилению опасных воздействий. Так, согласно международной статистике, происхождение около 80% современных оползней связано с деятельностью человека. В результате вырубок леса возрастает активность селей, увеличивается паводковый расход (рис. 5.1).

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 владения. 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 в виду в хозяйственной деятельности. 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. 5.2).

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 $10^{-5}$, то есть 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 рисунке 5.3 графически отображена примерная зависимость между изученностью опасностей, их прогнозом и защитой от них.

**Рис. 5.3**
*Примерная зависимость между изученностью опасностей, их прогнозом и защитой от них:*

*1* — возникновение и механизм; *2* — прогноз; *3* — защита.

По вертикальной оси расположена шкала, показывающая уровни знания сущности процесса (ноль 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).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что относят к природным опасностям? Приведите примеры.
2. Какие можно отметить общие закономерности природных опасностей?
3. Какова роль человека в возникновении природных опасностей?
4. Приведите примеры взаимодействия стихийных явлений.
5. Какие можно использовать меры защиты от природных опасностей?

## § 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. 5.4), 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°С, а давление находится в пределах 1...130 ГН/м$^2$. 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 разры-

вов 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 воспринимается как очень длительная. 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. 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 (см. табл. 5.1).

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. Ч. Рихтер исходил именно из этой шкалы, предлагая свою усовершенствованную 9-магнитудную шкалу.

*Таблица 5.1*

**Шкала силы землетрясений**

| Сила в баллах | Интенсивность | Последствия |
|---|---|---|
| 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.

*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.

Результатом записи сейсмических колебаний является *сейсмограмма*, на которой записываются продольные и поперечные волны. Наблюдения над землетрясениями осуществляются сейсмическими службами стран. Некоторые данные о физических параметрах прошедших землетрясений приведены в таблицах 5.2–5.5.

Энергия землетрясения $E$ связана с магнитудой $M$ соотношением $\lg E = 4 + 1{,}6M$ или (по другим авторам) $\lg E = 11{,}4 + 1{,}5M$.

Величину $K = \lg E$ называют энергетическим классом. При землетрясении, для которого $M = 5$, из очага выделяется энергия $E = 10^{12}$ Дж, $K = 12$; при $M = 8$ энергия $E = 10^{17}$ Дж, $K = 17$. В Ашхабаде в 1948 г.

*Таблица 5.2*

**Некоторые разрушительные землетрясения на сейсмотектонических разломах в XX в.**

| 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 |
| 07.03.27 | Оку-Танго | – | IX–X | 18 и 7 | 2…4 |
| 01.09.62 | Иран | 7,2 | > VIII | > 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 |
| 09.05.74 | Изу-Ханто-оки | 6,9 | IX–X | 5,5 | 2…3 |
| 14.03.83 | Кум-Даг | 5,4 | VIII | 22 | 0,15…0,4 |
| 07.12.88 | Спитак | 7,0 | IX–X | > 13 | 5,5 |

*Таблица 5.3*

**Параметры колебаний различных категорий грунтов при разрушительных землетрясениях с магнитудой $M = 8$**

| Категория грунта | Ускорение сдвига грунта, см/с², на расстоянии от гипоцентра | | Скорость сдвига грунта, см/с, на расстоянии от гипоцентра | | Видимый период ускорения, с | Видимый период скорости, с |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 85 км | 100 км | 85 км | 100 км | | |
| Скальный | 175 | 148 | 7,5 | 6,5 | 0,2 | 1,3 |
| Средний | 190 | 161 | 17 | 14 | 0,3 | 1,1 |
| Рыхлый | 220 | 187 | 26 | 22 | 0,5 | 1,1 |

*Таблица 5.4*

**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 | 2–3 | 30…90 | 80…160 |

*Таблица 5.5*

**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 |

*Таблица 5.6*

**Примерное соотношение магнитуды и балльности в зависимости от глубины очага землетрясения**

| Глубина, км | Интенсивность в баллах при магнитуде | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 10 | VII | VIII–IX | X | XI–XII |
| 20 | VI | VII–VIII | IX | X–XI |
| 40 | V | VI–VII | VIII | IX–X |

*Таблица 5.7*

**Зависимость между магнитудой и интенсивностью землетрясений**

| Магнитуда | Интенсивность | Магнитуда | Интенсивность |
|---|---|---|---|
| 1 | 0–I | 5 | VI–VII |
| 2 | I–II | 6 | VII–VIII |
| 3 | III | 7 | IX–X |
| 4 | IV–V | 8 | XI |

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, интенсивность землетрясения в баллах и глубина очага связаны между собой (табл. 5.6).

Примерное соотношение между магнитудой и интенсивностью землетрясений показано в таблице 5.7.

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

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

Пока не решена проблема прогноза, то есть определения времени будущего землетрясения. Основной путь к решению этой проблемы — регистрация «предвестников» землетрясения — слабых предварительных толчков (форшоков), деформаций 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 составляет 7 баллов и более. Строительство в районах с сейсмичностью, превышающей 9 баллов, неэкономично. Поэтому правила и нормы ограничиваются 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. 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 относятся, 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. Наиболее благоприятными в сейсмическом отношении считаются скальные грунты.

Землетрясение — грозная стихия, не только разрушающая города, но и уносящая тысячи человеческих жизней. Так, в 1908 г. землетрясением с магнитудой 7,5 был 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, погибло около 150 тыс. человек. В 1948 г. землетрясением с магнитудой 7 и силой IX баллов был разрушен Ашхабад, погибло 110 тыс. человек. Сильнейшее землетрясение XX в. произошло 28 июля 1976 г. близ г. Танчшань в Китайской Народной Республике. По одним данным погибло 240 тыс. человек, по другим потери составили более полумиллиона человек, ущерб — 2 млрд долларов. Жилые дома, заводы превратились в руины. После этого были пересмотрены строительные правила и нормы для районов северной части Китая. Усилено около 70 млн $м^2$ зданий.

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. К таким эффектам относятся оползни и селевые потоки, цунами (сейши), снежные лавины, наводнения, разломы в скальных породах, пожары, коробления земной поверхности.

Проблема защиты от землетрясений стоит очень остро. Основная мера — регистрация предвестников землетрясения и проведение соответствующих профилактических мероприятий.

Различают две группы антисейсмических мероприятий: 1) предупредительные, профилактические мероприятия, осуществляемые до возможного землетрясения; 2) мероприятия, осуществляемые непосредственно перед, во время и после землетрясения, то есть 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, эффективности системы оповещения и обученности населения.

При первом толчке землетрясения необходимо срочно покинуть здание (в запасе есть 10...15 секунд) либо занять наиболее безопасное место внутри здания: под дверным проемом, в проемах капитальных внутренних стен или в углах от этих стен, под балками каркаса. В любом случае нельзя поддаваться панике, суетиться и действовать необдуманно.

### ИЗВЕРЖЕНИЯ ВУЛКАНОВ

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

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

*Лава* отличается от магмы отсутствием газов, улетучивающихся при извержении.

*Вулканы* (названы по имени бога огня Вулкана) представляют геологические образования, возникающие над каналами и трещинами в земной коре, по которым извергается на земную поверхность магма. Магматические очаги находятся в мантии на глубине 50...70 км или в земной коре на глубине 5...6 км. Обычно вулканы представляют отдельные горы, сложенные продуктами извержений (см. рис. 5.4).

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.

Вулканы располагаются в сейсмоактивных поясах. Особенно много их в Тихоокеанском поясе. В Индонезии, Японии, Центральной Америке насчитывается по несколько десятков активных вулканов.

В России опасности вулканических извержений подвергаются Камчатка, Курильские острова, остров Сахалин. Потухшие и уснувшие вулканы находятся на Кавказе, в частности, гора Казбек относится к уснувшим, а Эльбрус — к потухшим вулканам.

Извержения вулканов бывают длительными и кратковременными. Продукты извержения (газообразные, жидкие и твердые) выбрасываются на высоту 1...5 км и переносятся на большие расстояния.

**Рис. 5.4**
*Строение вулканов*

Концентрация вулканического пепла бывает настолько большой, что возникает темнота, подобная ночной. Объем излившейся лавы достигает десятков кубических километров.

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

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. Продукты пепло-газовых столбов разносятся на сотни километров, уменьшают освещенность, оказывая отрицательное влияние на окружающую среду. Известно, например, что частицы пепла от извержения вулкана Кракатау у о. Суматра в Индонезии в 1883 г. достигли Европы и стали причиной эколого-синоптических нарушений. Объем выброшенной массы при взрыве вулкана Кракатау составил 70 км$^3$.

Взрывы вулканов могут инициировать оползни, обвалы, лавины, а на морях и океанах — цунами. Возникшая во время извержения Кракатау морская волна высотой 20 м накрыла находившиеся вокруг острова, что привело к гибели 36 тыс. человек.

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. Наиболее надежный способ уберечься от извержения вулкана — выбор места жительства далеко от действующих вулканов.

### СЕЛИ

*Сели* — кратковременные бурные паводки на горных реках, имеющие характер грязекаменных потоков. К селеопасным относится около 20% территории России.

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/час.

По мощности селевые потоки делят на мощные (вынос более 100 тыс. $м^3$ селевой массы), средней мощности (от 10 до 100 тыс. $м^3$), слабой мощности (менее 10 тыс. $м^3$). Селевые потоки происходят внезапно, быстро нарастают и продолжаются обычно от 1 до 3 часов, иногда 6–8 часов. Сели прогнозируются по результатам наблюдений за прошлые годы и по метеорологическим прогнозам. В Кармадонском ущелье (Северная Осетия) 20 сентября 2002 г. в результате селя погибли более 100 человек.

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.

**Рис. 5.5**
*Способы и типы противолавинных укреплений*

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 возникают 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 около 100 человеческих жизней.

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

*Пассивные методы* состоят в использовании опорных сооружений, дамб, лавинорезов, надолбов, снегоудерживающих щитов, посадках и восстановлении леса и др. (рис. 5.5).

*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, орга-

низуются 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.

## ОПОЛЗНИ

*Оползень* — скользящее смещение масс грунта вниз по уклону под действием силы тяжести (рис. 5.6). Оползни формируются, как правило, на участках земли, сложенных чередующимися водоупорными и водоносными породами. Масса породы начинает движение, когда силы сцепления на поверхности скольжения становятся меньше составляющей силы тяжести. По скорости движения оползни бывают быстрые (время развития измеряется секундами или минутами) и медленные (время измеряется днями или годами). Опасность оползней заключается в том, что огромные массы пород, внезапно смещаясь, могут разрушать здания, сооружения, приводя к большим жертвам. Оползневым районом является Поволжье. Оползням подвержены более 700 городов России.

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 (объему) вовлекаемой в процесс массы горных пород оползни делятся на 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$^3$.

**Рис. 5.6**
*Строение оползня*

*Таблица 5.8*

**Результаты влияния основных природных факторов на оползневые процессы**

| Природные факторы | Характер воздействия факторов на пласты земных пород | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Обводнение пород | Подмыв основания | Перегрузка | Подсечка | 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.

*Таблица 5.9*

**Активные противооползневые мероприятия**

| Причины, вызывающие оползни | Меры борьбы | |
|---|---|---|
| | Мероприятия | Виды работ |
| Изменение напряженного состояния глинистых пород (перепад давления) | Выполаживание 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 дренаж — сплошная прорезь, дренажная галерея, горизонтальные скважины-дрены. Вертикальный дренаж — забивные и сквозные фильтры, колодцы |
| Поверхностные воды | Защита берегов от абразии (соскабливания) и от эрозии (разъедания) | Волноотбойные стены. Волноломы подвижные и подводные. Буны. Завоз пляжного материала. Мощение откоса. Каменная наброска. Струенаправляющие сооружения |
| Атмосферные осадки | Регулирование поверхностного стока | Микропланировка. Лотки, кюветы, каналы, быстротоки, 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 | Подпорные стены. Свайные ряды, шпунты. Земляные контрбанкеты (небольшие валы). Замена грунтов поверхности скольжения |
| | Изменение физико-технических свойств грунтов | Подсушка и обжиг глинистых грунтов, электрохимическое закрепление грунтов |

*Продолжение табл. 5.9*

| Причины, вызывающие оползни | Меры борьбы | |
|---|---|---|
| | Мероприятия | Виды работ |
| 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» |

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

Причины оползневых явлений: подземные воды, атмосферные осадки, выветривание, утечка водопроводных вод, некоторые виды деятельности человека. Побудителями оползневых процессов являются землетрясения, вулканы, строительные работы и др. Основные природные факторы, влияющие на оползневые процессы, приведены в табл. 5.8.

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 возведение 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 (табл. 5.9).

К мерам защиты относятся также: перехват подземных вод выше оползня, выполаживание склонов, укрепление откосов, сооружение каналов и кюветов для стоков поверхностных вод и т. д.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какова природа землетрясений?
2. Как оценивают силу землетрясений?
3. Каким образом учитываются при проектировании и строительстве сейсмические силы?
4. Какие меры профилактики и защиты от землетрясений можно указать?
5. Что такое сели и какие мероприятия используются для их предупреждения и защиты?
6. Что представляют собой снежные лавины и какие противолавинные мероприятия вы знаете?
7. Каковы основные опасности при извержении вулканов?
8. Что такое оползни? Укажите меры защиты от них.

## § 5.3.
## ГИДРОСФЕРНЫЕ ОПАСНОСТИ

### НАВОДНЕНИЯ

*Наводнение* — затопление пониженных частей речной поймы, дельты, береговой зоны моря, носящее катастрофический характер.

Главная причина наводнения на берегах рек — половодье или паводки редкой повторяемости, а иногда ледяные заторы и зажоры. Пойма — часть дна речной долины, затопляемая только в половодье.

*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.

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 *нагонными*.

Наводнения такого типа наблюдались в дельте Невы (1824, 1924 гг.), в Голландии, в Англии, в Германии 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 75% земной суши. По данным ЮНЕСКО от речных наводнений погибло в 1947–1967 гг. около 200 тыс. 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 5600 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 тыс. человек. В 1957 г. начато строительство новых защитных сооружений. Гамбург, отстоящий на 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 300 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 возникло из-за того, что Нева не могла пробиться к морю и текла вспять.

Но ветер — не единственная причина наводнений. 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 ими, 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 (см. табл. 5.10).

Частота наводнений различна в разных 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 до 80–90 дней.

*Таблица 5.10*

**Классификация наводнений**

| Вид наводнения | Основные причины возникновения | Возможная высота подъема воды, м | Средняя продолжительность | Регионы СНГ, наиболее подверженные наводнениям |
|---|---|---|---|---|
| Половодье | 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 | Большинство рек на всей территории бывшего СССР |
| Паводковое | 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 |
| Ливневое | Интенсивные кратковременные ливни | До 20…30 | Несколько дней | Реки Украины, Нижнего Дона, Кавказа, Дальнего Востока |
| Запорное | Зажоры — осенне-зимнее скопление шуги. Заторы — скопление льда при ледоходе | 3…4, редко до 6…8 | До 4–5 дней | Реки Северо-Запада, Карелии, Сибири, Средней Азии |
| Селевое | 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 |
| Нагонное | 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 |
| Завальное | Перекрытие русла ледниками, обвалами, оползнями склонов | От нескольких десятков до сотен метров | Несколько часов при прорыве завала | Реки Памира, Кавказа, Камчатки, Тянь-Шаня |
| Авария на гидротехническом сооружении | Ошибки инженерных расчетов, гидрологических прогнозов и эксплуатации сооружения | Десятки и сотни метров | До нескольких дней | Вся территория бывшего СССР |

Защита людей в условиях наводнений включает оповещение, эвакуацию людей и другие мероприятия в соответствии с планами борьбы с наводнениями и защиты населения. На рисунке 5.7 показана образцовая организация работы во время наводнения в Шрус-

**Рис. 5.7**
*Схема оповещения и план мероприятий при наводнении в Шрусбери*

бери (Великобритания), который находится на р. Северн примерно в 250 км от Лондона.

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

**Рис. 5.8**
*План защитных сооружений в Невской губе*

Для защиты от наводнений в Голландии, Германии, Англии и других странах строят специальные защитные сооружения. Для защиты от водной стихии в дельте Невы построен защитный комплекс длиной более 25 км в створе 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 закрывает акваторию, преградив путь длинной волне к городу. На рисунке 5.8 показан план защитных сооружений в Невской губе.

### ЦУНАМИ

*Цунами* — это гравитационные волны очень большой длины, возникающие в результате сдвига вверх или вниз протяженных участков дна при сильных подводных землетрясениях, реже при 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 кли-

нообразных бухтах, долинах рек — свыше 50 м. В глубь суши такие волны могут распространяться до 3 км. Это и есть цунами (япон.).

Известно более 1000 случаев цунами, из них около 100 с катастрофическими последствиями. В 1952 г. цунами был полностью разрушен город Северо-Курильск, погибли 14 тыс. человек.

Основные районы, 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.

Катастрофическое цунами произошло 26 декабря 2004 г. в результате сдвига плит на дне Индийского океана. Грандиозные волны обрушились на курортное побережье и острова Юго-Восточной Азии, где в это время находились массы отдыхающих, прежде всего из Западной Европы, в том числе известные политики, бизнесмены, спортсмены. В Индонезии погибло и пропало порядка 130 тыс. человек, огромное количество курортников, приехавших на рождественские каникулы, погибло в Таиланде. Всего по различным данным число жертв превысило 250 тыс. человек. Волны цунами достигли берегов Восточной Африки. Огромное впечатление от трагедии было связано со страшной картиной катастрофы и ее последствий, растиражированное средствами массовой информации, а также причастности к несчастью людей из многих стран Европы, оказавшихся в эпицентре события.

Более страшное и разрушительное наводнение случилось 12 ноября 1970 г. в районах островов и прибрежной полосы Бенгальского залива, населенных крестьянами. Мощная волна высотой в 10 м в течение нескольких десятков минут накрыла площадь до 20 тыс. квадратных метров. Погибло 500 тыс. человек, 300 тыс. голов скота, разрушено 400 тыс. домов. Реакция мировой прессы была неадекватна случившейся беде с местным населением.

Надежной защиты от цунами нет. Мероприятиями по частичной защите являются 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. Время между землетрясением и порожденным им цунами, в частности, на Дальневосточном побережье, колеблется от нескольких минут до суток. Этого запаса времени достаточно, чтобы спрогнозировать возникновение и момент прихода цунами и оповестить о его опасности жителей

прибрежных районов. Система предупреждения цунами в Индийском океане так и не создана. В России она действует с 1958 г. и входит в международную службу предупреждения о цунами, расположенную на Гавайских островах в Гонолулу.

При извещении о цунами необходимо срочно покинуть зону возможного удара волны и территорию затопления на расстояние 2...3 км.

Если это невозможно сделать, следует подняться на самое возвышенное место или на верхние этажи наиболее прочных домов. В случае отсутствия поблизости необходимых строений нужно спрятаться за любую преграду, которая может защитить от движущейся воды (дорожную насыпь, большие камни) и постараться держаться за крепкое дерево, камень или другие выступающие предметы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое паводок, половодье и наводнение?
2. Каковы причины наводнений?
3. Какие виды наводнений существуют?
4. Какие меры защиты людей и имущества следует принимать при наводнении?
5. Что такое цунами и как можно от него спастись?

## § 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 другие газы. В нижних 20 км содержится водяной пар (3% в тропиках, $2 \cdot 10^{-5}$% 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.

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.

Атмосферное давление распределяется неравномерно, что приводит к движению воздуха относительно Земли от высокого давления к низкому. Это движение называется *ветром*. 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

*Таблица 5.11*

**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, м/с | Действие ветра | |
|---|---|---|---|---|
| | | | на суше | на море |
| 0 | Штиль | 0…0,2 | Штиль. Дым поднимается вертикально | Зеркально гладкое море |
| 1 | Тихий | 0,3…1,5 | Направление ветра заметно по относу 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 развевает флаги | Короткие, хорошо выраженные волны. Гребни, опрокидываясь, образуют пену, изредка образуются маленькие белые барашки |
| 4 | Умеренный | 5,5…7,9 | Ветер поднимает пыль и листья, 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» провода воздушных линий | 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 |

| Баллы Бофорта | Словесное определение силы ветра | Скорость ветра, м/с | Действие ветра | |
|---|---|---|---|---|
| | | | на суше | на море |
| 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 |

**Рис. 5.9**
*Структура тропического циклона:*

$v$ — скорость ветра; $H$ — циркуляция воздуха; $p$ — давление; $T$ — температура.

**Рис. 5.10**
*Схема антициклона (а) и циклона (б) в Северном полушарии:*

линии — приземные изобары; цифры — атмосферное давление (мбар); стрелки — направление ветра; Ц — центр.

в 1963 г. была принята Всемирной метеорологической организацией и широко применяется в синоптической практике (табл. 5.11).

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. 5.9).

*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.

Схемы циклонов и антициклонов показаны на рисунке 5.10.

В процессах рассеивания вредностей скорость движения воздуха имеет определяющее значение.

Ветер характеризуется как скоростью, так и направлением. Направление ветра в данном месте изображают в виде векторной диаграммы, называемой «розой ветров». Обычно используется восьмирумбовая роза ветров (С, СВ, В, ЮВ, Ю, ЮЗ, З, СЗ). Длины лучей, идущих по этим направлениям к центру диаграммы, пропорциональны повторяемости ветров (в %), вычисленной по многолетним наблюдениям. Повторяемость ветров приводится в нормативной и справочной литературе.

*Румб* — это угол между меридианом и данным направлением, отсчитываемый от меридиана в обе стороны от 0 до 90°. В метеорологии окружность делится на 16 румбов, в морской навигации — на 32 румба.

На рисунке 5.11 представлена «роза ветров» для Санкт-Петербурга. 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.

**Рис. 5.11**
*«Роза ветров» Санкт-Петербурга*

*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°С, но иногда и более низких. Корка намерзшего льда может достигать толщины нескольких сантиметров и вызывать обламывание сучьев, обрывы проводов и т. п. Гололед создает опасность для пешеходов, движения транспорта.

*Гололедица* — это лед, образовавшийся на земной поверхности после оттепели или дождя в результате наступившего похолодания, а также при замерзании мокрого снега, дождя или мороси на сильно охлажденной поверхности.

*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 (так называемых ядрах конденсации). Туман из водяных капель наблюдается, главным образом, при температурах воздуха выше –20°С. При температуре ниже –20°С 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 см$^3$ воздуха колеблется от 50–100 в слабых туманах 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 атмосферными фронтами. Преобладают туманы внутримассовые.

В большинстве случаев образуются 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/см$^3$. В 1 мин на 1 м$^2$ падает 500–1000 градин. Продолжительность выпадения града обычно 5...10 мин, очень редко — до 1 часа.

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. Гром вызывается колебаниями воздуха под влиянием мгновенного повышения давления на пути молнии, оказывает пугающее психологическое воздействие на людей.

*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 (1711–1754) и Г. Рихман (1711–1753), погибший от удара молнии при исследованиях атмосферного электричества.

Молнии делятся на *внутриоблачные*, то есть проходящие в самых грозовых облаках, и *наземные*, то есть ударяющие в землю. Процесс развития наземной молнии состоит из нескольких стадий (рис. 5.12).

**Рис. 5.12**
*Схема развития наземной молнии:*

*а, б* — две ступени лидера: *1* — облако; *2* — стримеры; *3* — канал ступенчатого лидера; *4* — корона канала; *5* — импульсная корона на головке канала. *в* — образование главного канала молнии (К).

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* (см. рис. 5.12*а*, *б*). Движение лидера к земной поверхности происходит ступенями в несколько десятков метров со скоростью примерно $5 \cdot 10^7$ м/с, после чего его движение приостанавливается на несколько десятков микросекунд, а свечение сильно ослабевает.

В следующей 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 $2 \cdot 10^5$ м/с. 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 (см. рис. 5.12*в*) следует обратный, или главный, разряд молнии, характеризующийся токами от десятков до сотен тысяч ампер, сильной яркостью и большой скоростью продвижения — $10^7 ... 10^8$ м/с. Температура канала при главном разряде может превышать 25 000°С, длина канала молнии составляет 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, длина таких молний 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 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 (телефоны, выключатели) на землю и другие предметы, что может привести к пожарам и поражению людей электрическим током. Прямые удары молний в высоковольтные линии электропередач могут быть причиной коротких замыканий. Опасно попадание молний в самолеты. При ударе молнии в дерево могут быть поражены находящиеся вблизи него люди.

### УРАГАНЫ И БУРИ

*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 во время бури превышает 20 м/с и может достигать 50 м/с (с отдельными порывами до 100 м/с). Кратковременные усиления ветра до скоростей 20...30 м/с называются *шквалами*. Сильная буря на море называется штормом или тайфуном, а на суше — *ураганом*.

Ураган — это циклон, у которого давление в центре очень низкое, а ветры достигают большой и разрушительной силы. Скорость ветра во время урагана достигает 30 м/с и более.

Ураганы представляют собой морское явление, и наибольшие разрушения от них бывают вблизи побережья. Но ураганы могут проникать и далеко на сушу. Они могут сопровождаться сильными дождями, наводнениями, штормовыми нагонами, в открытом море образуют волны высотой более 10 м. Особой силой отличаются тропические ураганы, радиус ветров которых может превышать 300 км (см. рис. 5.13).

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

**Рис. 5.13**
*Схема движения воздушных потоков во время урагана*

Осенью 2005 г. ураган «Катрина», налетевший на США, в считанные часы разрушил дамбы, защищавшие г. Новый Орлеан, в результате чего миллионный город оказался под водой. По официальным данным погибло 1228 человек, эвакуировано было свыше одного миллиона жителей.

Разрушительная сила урагана огромна. Кинетическая энергия урагана в радиусе 160 км от его центра эквивалентна ядерному взрыву мощностью 100–150 мегатонн. Энергия сильного урагана такова, что Братская ГЭС может выработать ее лишь за 30 тыс. лет.

### 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. 5.14).

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, происходит конденсация водяного пара. При наличии пыли и воды смерч становится видимым.

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

Смерч возникает обычно в теплом секторе циклона и движется вместе с ним со скоростью 10...20 м/с. Смерч проходит путь длиной от 1 до 40...60 км, 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 десятки километров. Смерчем легко поднимаются предметы даже в несколько сотен килограммов. На море смерч представляет опасность для судов.

Смерчи над сушей называются *тромбами*, в США их называют *торнадо*. Как и ураганы, смерчи опознают со спутников погоды.

**Рис. 5.14**
*Типичная хоботообразная мощная воронка, еще не коснувшаяся земли, каскада нет (Небраска, 24 июня 1930 г.)*

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое циклон и антициклон?
2. Какие атмосферные опасности угрожают человеку?
3. Какова природа молний и какие опасности они несут?
4. Что общего между ураганом и бурей и в чем их отличие?
5. Как возникает смерч и какую опасность он несет?
6. Приведите классификацию силы ветра по Ф. Бофорту.

## § 5.5. КОСМИЧЕСКИЕ ОПАСНОСТИ

### АСТЕРОИДЫ И КОМЕТЫ

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. По оценкам 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 $10^{23}$ 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 равна примерно $10^{-8}...10^{-5}$. 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: 1) изменении траектории ОКО; 2) разрушении 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 объект 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.

Попытка смоделировать возможную ситуацию была предпринята 4 июля 2005 г. В маленькую комету Темпеле диаметром 6 км, находившуюся в тот момент на расстоянии 130 млн км от Земли, прицельно попал снаряд весом 372 кг, выпущенный с американского космического аппарата Deep Impact-1. Произошел взрыв, эквивалентный 4,5 т взрывчатки. Образовался кратер размером с футбольное поле,

высотой с многоэтажный дом. Однако траектория кометы не изменилась. Расчеты были выполнены в РАН академиком Фортовым, взрыв сфотографирован (Российская газета, 05.07.2005).

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.

## СОЛНЕЧНАЯ РАДИАЦИЯ

Огромное влияние на земную жизнь оказывает *солнечная радиация*. Не останавливаясь на положительных моментах солнечной радиации, обратим внимание на некоторые опасности, связанные с солнечной активностью.

*Солнце* — центральное тело Солнечной системы, раскаленный плазменный шар. Источник солнечной энергии — ядерное превращение водорода в гелий. В центральной области Солнца температура превышает 10 млн градусов Кельвина.

Земля находится на расстоянии 149 млн км от Солнца и получает около $2 \cdot 10^{17}$ Вт солнечной лучистой энергии. Количество лучистой энергии Солнца, поступающей за 1 мин на 1 см$^2$ площади, перпендикулярной к солнечным лучам и находящейся вне земной атмосферы на среднем расстоянии Земли от Солнца, называется *солнечной постоянной*, ее значение равно 1,95 кал/(см$^2$·мин).

Солнце — очень динамичный объект. Совокупность явлений, наблюдаемых на Солнце, называют *солнечной активностью*. К ним относятся солнечные пятна, факелы, протуберанцы, солнечные вспышки, увеличение ультрафиолетового, рентгеновского и корпускулярного излучений и др. Интенсивность солнечной активности характеризуется условными индексами — числами Вольфа. Числа Вольфа изменяются со средней периодичностью 11 лет.

Солнечная активность оказывает существенное влияние на земную жизнь. Установлена корреляция между 11-летним циклом солнечной активности и землетрясениями, колебаниями уровня озер, урожаем сельскохозяйственных культур, размножением и миграцией насекомых, эпидемиями гриппа, тифа, холеры, числом сердечно-сосудистых заболеваний.

Влияние солнечно-земных связей на биологические процессы и объекты изучает гелиобиология. Одним из основоположников гелиобиологии является советский ученый А. Л. Чижевский (1897–1964). Его перу принадлежит интересный труд «Земное эхо солнечных бурь».

*Солнечный ветер* представляет собой истечение плазмы солнечной короны. Термин «солнечный ветер» предложен американским физиком Паркером (1958).

Излучение Солнца, имеющее электромагнитную и корпускулярную природу, называется *солнечной радиацией*. Корпускулярная солнечная радиация состоит в основном из протонов. Основная часть электромагнитного излучения Солнца лежит в видимой части спектра. Рентгеновское излучение Солнца состоит из сплошного спектра излучения и излучения в отдельных линиях. Обнаружено также гамма-излучение Солнца.

Наиболее активной в биологическом отношении является ультрафиолетовая (УФ) часть солнечного спектра, которая у поверхности Земли представлена потоком волн в диапазоне 290...400 нм. Более короткие волны поглощаются озоном, кислородом. Интенсивность УФ-излучения у поверхности Земли зависит от географической широты, времени года, погоды, прозрачности атмосферы и может изменяться в широких пределах.

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.

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 конъюнктивы, 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 терморецепторы; 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 на соответствующих предприятиях является предупреждение возникновения заболеваний, связанных с неблагоприятными воздействиями ИК-излучения.

### ЗЕМНОЙ МАГНЕТИЗМ (ГЕОМАГНЕТИЗМ)

Магнитные поля обнаружены у большинства небесных тел.

Магнитное поле Земли (геомагнетизм) имеет исключительное значение для земных процессов: оно регулирует солнечно-земные взаимодействия, защищает поверхность Земли от частиц высокой энергии, летящих из космоса, намагничивает горные породы и почвы, оказывает влияние на живую и неживую природу. Магнитное поле используется для ориентирования в навигации, при разведке полезных ископаемых.

Различают основное (главное) и переменное магнитные поля (соотношение 99% и 1%). Главное геомагнитное поле обусловлено действием постоянных источников, расположенных внутри Земли. Переменное геомагнитное поле обусловлено действием магнитосферы и ионосферы.

*Магнитосфера* Земли — это область околоземного пространства, физические свойства которой определяются магнитным полем Земли и его взаимодействием с источниками заряженных частиц космического происхождения.

*Ионосфера* представляет собой ионизированную часть верхней атмосферы, расположенной выше 50 км. Верхней границей ионосферы является внешняя часть магнитосферы Земли. Ионосфера представляет собой слабоионизированную плазму, находящуюся в магнитном поле Земли. Благодаря ионосфере возможна радиосвязь на дальние расстояния. В ионосфере постоянно протекают процессы ионизации

и рекомбинации. Основным источником ионизации ионосферы является коротковолновое излучение Солнца.

Геомагнитное поле характеризуется определенными параметрами, которые отражаются на специальных картах. Полная напряженность геомагнитного поля от экватора к полюсу растет с 33,4 до 55,7 А/м (от 0,42 до 0,70 Э, Э — эрстед). Геомагнитное поле испытывает вековые вариации, которые могут достигать $15 \cdot 10^{-4}$ Э в год. Точки пересечения магнитной оси Земли с ее поверхностью называются геомагнитными полюсами. Координаты северного магнитного полюса в 1970 г.: долгота — 101,5° западной долготы, широта — 75,7° северной широты; южного магнитного полюса: долгота — 140,3° восточной долготы, широта — 65,5° южной широты; магнитная ось составляла угол примерно 11,5° с осью вращения Земли.

В некоторых местах Земли наблюдаются магнитные аномалии, которые могут быть вызваны, например, неравномерным распределением в земной коре ферромагнитных минералов (Курская магнитная аномалия).

Из-за вековых колебаний и дрейфа полюсов возникает необходимость заново составлять магнитные карты. С этой целью с помощью специальных приборов (компаса, магнитометра, инклинатора, магнитных весов и др.) проводятся мировые магнитные съемки.

Фотографическая регистрация непрерывных изменений геомагнитного поля осуществляется в магнитных обсерваториях при помощи магнитографов. Наличие геомагнитного поля легко обнаруживается при помощи магнитной стрелки, которая располагается в плоскости магнитного меридиана.

Переменное геомагнитное поле, как уже отмечалось, обусловлено действием источников, расположенных в магнитосфере и ионосфере. Сложные процессы в переменных геомагнитных полях вызывают колебания геомагнитного поля на поверхности Земли в широком диапазоне частот и амплитуд.

*Магнитная буря* — одно из проявлений возмущений магнитосферы, которое сопровождается полярными сияниями, ионосферными возмущениями, рентгеновским и низкочастотным излучением.

Магнитные возмущения, охватывающие всю Землю и продолжающиеся от одного до нескольких дней, называются мировыми магнитными бурями.

Геомагнитное поле влияет на живые организмы, растительный мир и человека. В периоды магнитных бурь увеличивается количество сердечно-сосудистых заболеваний, ухудшается состояние больных, страдающих гипертонией и т. д.

Общепризнано, что геомагнитные поля при определенных параметрах представляют опасность для человека. Следовательно, необходимо разрабатывать средства предупреждения и защиты от этой опасности.

Известно, что магнитные возмущения опережают на несколько часов изменения, которые происходят под их влиянием в околоземном пространстве. Следовательно, магнитные прогнозы могут быть использованы в профилактических целях.

В СанПиН 2.2.4.1191–03 «Электромагнитные поля в производственных условиях» впервые установлены временные допустимые уровни ослабления геомагнитного поля.

Оценка и нормирование ослабления геомагнитного поля (ГМП) на рабочем месте производится на основании определения его интенсивности внутри помещения, объекта, технического средства и в открытом пространстве на территории, прилегающей к месту его расположения, с последующим расчетом коэффициента ослабления ГМП. Интенсивность ГМП оценивают в единицах напряженности магнитного поля ($H$) в А/м или в единицах магнитной индукции ($B$) в Тл (мкТл, нТл), которые связаны между собой соотношением $H = B/\mu_0$, где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м — магнитная постоянная.

Коэффициент ослабления интенсивности ГМП ($K^{\text{ГМП}}$) равен отношению интенсивности ГМП открытого пространства ($B_\text{о}$ или $H_\text{о}$) к его интенсивности внутри помещения ($B_\text{в}$ или $H_\text{в}$): $K^{\text{ГМП}} = |B_\text{о}|/|B_\text{в}|$ или $K^{\text{ГМП}} = |H_\text{о}|/|H_\text{в}|$.

Временный допустимый коэффициент ослабления интенсивности геомагнитного поля ($K^{\text{ГМП}}$) на рабочих местах персонала в помещениях (объектах, технических средствах) в течение смены не должен превышать 2: $K^{\text{ГМП}} < 2$.

К сожалению, в 2010 г. этот фактор паллиативно был исключен из перечня обязательных для оценки условий труда. Но неблагоприятное воздействие ослабленного геомагнитного поля на организм человека никуда не исчезло.

### РАДИАЦИОННЫЕ ПОЯСА ЗЕМЛИ

Внутренние области земной магнитосферы, в которых магнитное поле Земли удерживает заряженные частицы (протоны, электроны, альфа-частицы), называется радиационным поясом Земли. Выходу заряженных частиц из радиационного поля Земли мешает особая конфигурация силовых линий геомагнитного поля, создающая для заряженных частиц магнитную ловушку. Захваченные в магнитную ловушку Земли частицы совершают колебательное движение в плоскости, перпендикулярной силовым линиям.

Радиационные пояса Земли представляют собой серьезную опасность при длительных полетах в околоземном пространстве. Длительное пребывание во внутреннем поясе может привести к лучевому поражению живых организмов внутри космического корабля.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое астероиды и в чем их опасность для землян?
2. Как можно бороться с астероидами и кометами?
3. Укажите положительные и отрицательные стороны солнечной радиации для человека.
4. В чем заключается благоприятное влияние ультрафиолетового излучения на человека и окружающую среду?
5. Какие заболевания глаз и кожи может вызвать воздействие чрезмерного УФ-излучения?
6. Какова природа и воздействие коротковолнового и длинноволнового инфракрасного излучения?
7. Какие вредные биологические действия ИК-излучения проявляются в производственных условиях?
8. Как нормируется геомагнитное поле на рабочих местах в производственных условиях?

ГЛАВА 6

# БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОПАСНОСТИ

*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...*

А. С. Пушкин

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

*Биологическими* (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) относятся к отдельному виду живого мира.

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 *родов*, а роды делятся на *виды*.

Каждый живой объект имеет свое название, которое на латинском языке 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, бацилла туберкулеза носит научное название Mycobacterium tuberculosis, дрожжи — Saccharomyces cerevisiae, бацилла 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. н. э.).

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

Выдающийся итальянский врач Джироламо Фракасторо (1478–1553) 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 7,5 млн человек, то есть 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, Джованни Боккаччо в своем «Декамероне» описал эпидемию во Флоренции. Великие утописты Томас Мор и Томмазо 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 в. в науке проявляются два антисхоластических течения: эмпиризм и рационализм.

Корифеем первого был Фрэнсис Бэкон (1561–1626), второго — Рене 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.

## МИКРОБИОЛОГИЯ

Как вы уже знаете, 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 Антони ван Левенгуку. Это случилось в 1676 г. Известно, что первый микроскоп был построен в 1590 г. З. Янсеном (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. На рисунке 6.1 приведены зарисовки бактерий, сделанные Левенгуком.

Случайное открытие Левенгука стало началом новой науки — микробиологии. Ее основоположником признается выдающийся французский ученый Луи Пастер (1822–1895). По образованию Пастер был химиком. Увлекшись 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

**Рис. 6.1**
*Зарисовки бактерий, выполненные Левенгуком*

заболевания, создает иммунитет в организме человека или животного, которому сделана прививка.

Поисками возбудителей инфекционных болезней занимался не менее знаменитый врач Роберт 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.

### ВИДЫ ПАТОГЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ

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

**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 бо-

лезнью (африканский трипаносомоз) или болезнью 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 Карл Линней, описав их как один род, названный «хаос инфузориум».

Лишь через два столетия после открытия Левенгука ученые установили, что такие тяжелые заболевания, как малярия и сонная болезнь, преследовавшие человека с древних времен, вызываются простейшими.

Обычные размеры простейших — $^1/_{20}$...$^1/_7$ мм. Их можно видеть без микроскопа (глаз человека различает предметы размером до 0,1 мм).

Простейшие размножаются делением каждые 3 часа.

**Бактерии** — типичные представители микроорганизмов. Бактерии, имеющие форму правильных шариков, называются кокками. Разновидности кокков — стафилококки, стрептококки и пр. 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°С, в вечной мерзлоте Арктики, где они пробыли более 2 млн лет, не погибают они 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 приготовляют его из-под крана...

Сейчас случаи холеры редки.

*Столбняк* поражает нервную систему. Болезнь побеждена с помощью профилактических прививок.

Случаи заболевания *проказой* стали редкими. Заболевших попрежнему помещают в лепрозории.

**Вирусы** (от лат. *virus* — яд) — мельчайшие неклеточные частицы, состоящие из нуклеиновой кислоты (ДНК или РНК) и белковой оболочки (капсида).

Вирусы бывают палочковидной, сферической и др. формы. 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 вирусология.

Вирусы обладают следующими особенностями по сравнению с бактериями.

Для вирусов характерно такое свойство, как *фильтруемость*, то есть они проходят через фильтры. Ученик Пастера Шарль Шамберлан использовал для фильтрования жидкостей, в которых бактерии размножались, 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-хозяйке. «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 являются 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 Эдвард Дженнер в 1796 г. предложил свой метод оспопрививания (вакцинацию), 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 Луи 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.

*СПИД*. 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 получила название 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 двадцатого века».

Эпидемия *гриппа* описана Гиппократом еще в 412 г. до н. э.

В XX в. были отмечены три пандемии гриппа. В январе 1918 г. в Испании появились сообщения об эпидемии гриппа, получившей название «испанка». Эта эпидемия 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 гг. на Земле 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, вирус гриппа очень быстро изменяется. Не успевают врачи сделать вакцину против одной формы гриппа, как возбудитель болезни появляется уже в новом облике.

**Риккетсии** (названы по имени американского ученого Х. Т. Риккетса) — мелкие болезнетворные бактерии, размножаются в клетках хозяина (так же, как вирусы), возбуждают риккетсиозы (сыпной тиф, ку-лихорадку и др.) у человека и животных.

Ку-лихорадка (риккетсиоз Q) — острая инфекционная болезнь человека и животных. 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 других 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, увидевшем под микроскопом, как микроб делится пополам, был Лаззаро Спалланцани (1729–1799), это произошло 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 $a_n = a_1 q^{n-1}$ и

$$S_n = \frac{a_n q - a}{q - 1},$$

где $a_1$ и $a_n$ — соответственно первый и $n$-й 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.

**Рис. 6.2**
*Кривая роста бактерий*

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 (рис. 6.2, часть А). Затем следует фаза быстрого размножения по логарифмическому закону (лог-фаза, часть Б), после чего наступает стационарная фаза (В), когда среда обогащается продуктами жизнедеятельности бактерий, тормозящими процесс размножения и, наконец, бактерии начинают отмирать (фаза отмирания, Г).

Причиной гибели бактерий являются неблагоприятные условия среды:

1) обычно микроорганизмы нормально живут при температуре 0...90°С; для некоторых видов этот предел гораздо шире;

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 микробов, находящихся 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°С 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 небезгранично. Многие клетки гибнут, не дожив до деления. Микробы враждуют между собой (антагонизм). Микробы гибнут от солнечного света, ультрафиолета. Некоторые микробы (сапрофиты) питаются отмершими частями растений, другие (паразиты) нападают на живые организмы.

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 Альтона до содержания в ней не более 100 микробов в 1 мл обеспечивала населению безопасность во время этой 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. Второй 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 трех, 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 трем 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 агрессины, 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. Причиной было попадание сточных вод из канализации в водопроводную сеть.

Человек имеет хорошую естественную защиту от болезнетворных микробов. Первая линия обороны — кожа. Однако 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 — *лизоцим*. Лизоцим имеется и в слезах. Это установил А. Флемминг. В 1965 г. биохимики определили состав лизоцима, в его молекуле находится 129 различных аминокислотных остатков. Лизоцим растворяет клеточные стенки ряда бактерий, уничтожая их.

Если микробам удается проникнуть в организм, то они попадают в кислую среду желудка, уничтожающую большую часть микроорганизмов. Тем не менее, некоторые микробы 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 г. английский врач Дженнер открыл метод предохранительных прививок, который он назвал *вакцинацией*, а материал для прививок — *вакциной* (от *лат.* vacca — 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 применяется настойка йода, ультрафиолетовые лучи, хлор и др. Дезинфекция является непосредственным средством борьбы с микробами.

Против переносчиков микробов направлены дезинсекция и дератизация.

Дезинсекция — средство борьбы с насекомыми. Препараты, применяемые при дезинсекции, называются инсектицидами. Существует множество различных инсектицидов, но во всех в качестве составной части присутствует 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 заболеваний, состояний носительства, интоксикации, сенсибилизации и травм, вызываемых микроорганизмами.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. На какие условные царства делятся объекты живого мира?
2. Укажите, какие болезни, уносившие в прошлом тысячи людей, вызываются патогенными микроорганизмами.
3. Каким способом Л. Пастер предложил бороться против возбудителей болезней?
4. Какие бывают виды патогенных микроорганизмов?
5. Как выглядят бактерии в электронном микроскопе, каковы их свойства и какие тяжелые болезни имеют бактериальный характер?

6. Каковы особенности вирусов по сравнению с бактериями, из чего состоят вирусы и какие болезни они могут вызывать?
7. Что такое синдром приобретенного иммунодефицита и какие профилактические меры могут быть использованы против СПИДа?
8. Почему нет надежных прививок против гриппа?
9. Что является причиной гибели микроорганизмов?
10. Каковы пути проникновения микробов в организм и какими средствами естественной защиты располагает человек?
11. Укажите ученых, сделавших крупные открытия в борьбе с болезнетворными микробами, и поясните суть их открытий.
12. Какие эффективные средства борьбы с микробами и их переносчиками вы знаете? Объясните, как они действуют.

## § 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 тысяч видов грибов. От бактерий грибы отличаются наличием ядра в клетке. Грибы имеют три формы размножения: вегетативное, бесполое и половое. 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*.

Почти каждый съедобный гриб имеет своего несъедобного или ядовитого двойника. Это представляет серьезную опасность для неопытного грибника. Самый ядовитый гриб на свете — бледная поганка. Яд этого гриба не разрушается ни при кипячении, ни при жаренье. Бледная поганка представляет собой смертельную опасность для человека. Также человек может отравиться красным мухомором, но смертельные исходы редки.

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: например, страшный неурожай картофеля обрушился на Ирландию в 1845 г.

Опасен гриб-паразит спорынья. Он растет на колосьях ржи, содержит знаменитый и очень опасный наркотик ЛСД. У человека вызывает тяжелое заболевание — «антонов огонь».

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как можно охарактеризовать грибы и чем они отличаются от бактерий?
2. Как называются болезни человека и животных, вызываемые паразитическими грибами?
3. Какие формы размножения существуют у грибов?
4. В чем опасность бледной поганки?
5. Какие ядовитые и несъедобные грибы вы знаете?

## § 6.3. РАСТЕНИЯ

Еще в древности люди подмечали, что некоторые растения обладают лечебными и ядовитыми свойствами. Но, как утверждал Парацельс, только одна доза делает вещество ядом или лекарством. Например, такие растения, как наперстянка, олеандр, кокаиновый лист, ядовиты и в то же время из них получают лекарства.

*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 15 м. 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.

*Белена.* Плоды белены черной представляют опасность. Они содержат алкалоиды, вызывающие помутнение рассудка. Отсюда выражение «белены объелся».

*Табак.* Появление в XVI в. табака в Европе связывают с именем француза Жана Нико, который как будто привез семена этого растения с острова Тобаго. Отсюда латинское название табака — Nikotiana tabacum.

В табаке содержится 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 телу курящего. В мозг он попадает через 5...7 секунд после первой затяжки.

Смола, образующаяся при сгорании табака, вызывает опухоли. 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». Знаменитый поэт Гёте сказал: «Образованный человек не курит». Было время, когда в России за курение наказывали плетьми.

Кроме курения, 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). Засохший сок соскребали и получали горький коричневый порошок — 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 опийных сортов мака запрещен решением ООН.

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 и цветов, 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. Дурман легко отличить по большим воронкообразным цветкам.

*Клещевина.* Семена этого кустарника в крапинку белого и коричневого цвета так красивы, что могут использоваться для ожерелья, пояса и т. д. Однако достаточно прожевать одно семечко, чтобы получить смертельное отравление.

*Олеандр.* Ветки, листья и цветы этого растения содержат смертельный яд. Используется для производства некоторых лекарств.

*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.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие растения являются ядовитыми?
2. В чем опасность табака для человека?
3. Укажите особенности растений, содержащих наркотик: мака, конопли, дурмана.
4. Перечислите садовые растения, являющиеся ядовитыми или токсичными.
5. Какие растения обладают лечебными свойствами и служат сырьем для лекарств?

## § 6.4. ЖИВОТНЫЕ

Рассмотрим некоторых животных, которые представляют потенциальную опасность для человека.

*Медузы.* 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.* Один из самых опасных пауков — каракурт (в переводе «черная смерть») — имеет в длину чуть больше одного сантиметра. 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, так как 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. Клещи 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 отпадет сам. Весьма зловредны крошечные чесоточные клещи, вызывающие одну из социальных болезней — 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.

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.

Акулы видят мир в черно-белом изображении и плохо слышат. На голове у акул есть дополнительный орган — так называемые клетки

Лоренцини, с помощью которых они ощущают изменение давления, электромагнитной проницаемости и температуры.

По официальной статистике от акул ежегодно погибает 35 человек. Акулы 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, кишащем акулами, и те их не трогают. Жак-Ив Кусто, более ста раз встречавшийся с акулами, свидетельствовал, 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 расплющенными акулами. Для человека представляют опасность скаты-хвостоколы, манты, рыба-пила.

*Пираньи.* Это небольшие, до 30 см в длину, рыбки, живущие в реках и озерах Южной Америки. Пираньи нападают на все живое, оказавшееся в пределах их досягаемости: крупных рыб, домашних и диких животных, человека. Даже аллигаторы стараются избегать с ними встреч. Стая пираний способна в считанные минуты обглодать быка, оставив лишь голый скелет.

Пастухи, перегоняющие скот через реки, где водятся пираньи, вынуждены отдавать им на растерзание одно из животных. Пока пираньи расправляются с несчастной жертвой, стадо благополучно переходит на противоположный берег.

19 сентября 1981 г. более 300 человек, оказавшихся в воде в результате аварии пассажирского судна, были съедены пираньями у бразильского порта Обидус.

*Электрические рыбы.* Существует около 30 видов электрических скатов, электрический угорь, электрический сом. Характерными

особенностями этих животных является наличие у них электрических органов. Электрические органы — это видоизмененные мышцы.

Напряжение электрических разрядов этих рыб 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 свете 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 эти сведения 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. Укушенный ею человек может умереть очень быстро, всего через полчаса после укуса. Рекордная длина королевской кобры составляет 5,7 м.

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 — одни из самых ядовитых змей Африки. Были случаи смерти людей через 20 мин после укуса мамбы.

Змей очень много. Лишь небольшая часть из них — ядовитые. Укусить змеи 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 три семейства: аллигаторы, настоящие крокодилы и гавиалы. Крокодилы могут напасть внезапно, поэтому находиться человеку в непосредственной близости от крокодила очень опасно.

*Млекопитающие (звери)*. Единственными ядоносками зверями на нашей планете считают ехидн и утконосов.

При определенных условиях опасность для человека могут представлять хищники — львы, гиены, тигры, леопарды и др.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Укажите реакции человека на укус скорпиона и паука каракурта и способы противоядия от укусов.
2. В чем опасность энцефалитных клещей? Как можно избежать клещевого энцефалита? Как нужно действовать при попадании клеща на кожу?
3. Какие меры защиты используются против акул?
4. Укажите, какие змеи являются ядовитыми и как действовать при встрече с ними.
5. Какие ядовитые млекопитающие вам известны?
6. Какие хищники представляют опасность для человека?

ГЛАВА 7

# ТЕХНОГЕННЫЕ ОПАСНОСТИ

*Единственная проблема современности заключается в том, сумеет ли человек пережить свои собственные изобретения*

Л. де Бройль

К *техногенным* относятся опасности, связанные с объектами, которые созданы человеком.

Иначе говоря, техногенными называются опасности, связанные непосредственно с природой механизмов, машин, сооружений, технических устройств и других искусственных объектов. Необходимо отметить, что техногенные опасности имеют природные аналоги (шум, вибрация, инфразвук и др.).

В профилактическом отношении чрезвычайно важно различать антропогенные и техногенные опасности. Различия между этими опасностями можно проиллюстрировать на примере дорожно-транспортных происшествий, которые могут происходить из-за ошибок человека и из-за неисправности автомобиля. 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: механическими, физическими, химическими, психофизиологическими и т. д.

## § 7.1. МЕХАНИЧЕСКИЕ ОПАСНОСТИ

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 какой-либо другой опасности.

Величину механических опасностей можно оценить по-разному: например количеством движения $mv$, кинетической энергией $0{,}5mv^2$, 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, ушибов).

Механические опасности распространены во всех видах деятельности людей всех возрастных групп: среди детей, школьников, домохозяек, людей старшего возраста, в спортивных играх, в бытовой и производственной деятельности.

Защита от механических опасностей осуществляется разными способами, характер которых зависит от конкретных условий деятельности.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие опасности принято считать механическими?
2. Какие природные явления относят к естественным механическим опасностям?
3. Какие объекты являются носителями механических опасностей?
4. По какому признаку можно разделить объекты, представляющие механическую опасность?
5. Что относится к потенциальным механическим опасностям?

## § 7.2. ВИБРОАКУСТИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ

К виброакустическим 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), в строительстве (вибраторы) и в других областях науки и техники. 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), соответствующих $\alpha$-ритмам головного мозга.

**Параметры.** 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 последовательными одинаковыми состояниями системы; частота $f$, связанная с периодом известным соотношением $f = 1/T$.

В силу специфических свойств органов чувств человека для характеристики вибрации используют среднеквадратичные значения действующей скорости: $\overline{V}^2 = V_д^2$.

Абсолютные значения параметров вибрации изменяются в широких пределах. Поэтому удобнее пользоваться уровнем параметров. *Уровень параметра* — это удесятеренный логарифм отношения абсо-

лютной величины параметра к некоторой величине, принятой за начало отсчета (порог, опорное значение). Измеряются уровни в децибелах (дБ).

Уровень $L_V$ колебательной скорости (дБ) определяется по формуле

$$L_V = 10\lg\frac{\bar{V}^2}{V_o^2} = 20\lg\frac{V_д}{V_o},$$

где $V_o$ — опорное значение колебательной скорости. Согласно международному соглашению $V_o = 5\cdot10^{-8}$ м/с.

Уровень $L_V$ является основной характеристикой вибрации.

Спектры вибрации показывают зависимость между уровнями составляющих и частотой. Спектры бывают дискретные, сплошные и смешанные (рис. 7.1). Дискретный спектр характерен для периодического или квазипериодического колебательного процесса, сплошной — для случайного, смешанный — для их сочетания.

Изображение сплошного спектра требует обязательной оговорки о ширине $\Delta f$ 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 $f_{сг} = \sqrt{f_1 f_2}$. Анализ вибрации ведется в октавных полосах, при этом $f_2/f_1 = 2$, или в третьоктавных полосах, при этом $f_2/f_1 = \sqrt[3]{2}$, а $f_{сг} = \sqrt[6]{2}f_1$. Среднегеометрические частоты октавных полос стандартизированы и находятся в пределах 1...1000 Гц.

**Измерение.** Для измерения вибрации используют виброметры и шумомеры с дополнительным приспособлением. Широко используются отечественные приборы ВШВ 003-М2 и приборы датской фирмы «Брюль и Кьер». Измерение параметров вибрации проводится в соответствии с ГОСТ 12.4.012-83 «Вибрация. Средства измерения и контроля вибрации на рабочих местах».

**Рис. 7.1**
*Спектры вибрации:*
*а* — дискретный; *б* — сплошной; *в* — смешанный.

**Нормирование.** Для вибрации различают санитарно-гигиеническое и техническое нормирование.

ГОСТ 12.1.012-90 «Вибрационная безопасность» регламентирует уровни общей и локальной вибрации. Нормирование осуществляется в октавных диапазонах с различными среднегеометрическими частотами и различается величинами допустимых уровней колебательных скоростей.

**Рис. 7.2**
*Нормирование вибраций:*
*а* — общие вибрации; *б* — локальные вибрации.

**Рис. 7.3**
*Методы и средства защиты от вибрации*

Предельно допустимое значение общей вибрации нормируется по виброускорению в октавных и третьоктавных полосах (от 0,8 до 80 Гц) по координатным осям ($x$, $y$, $z$).

Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий нормируется санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.566-96. Нормы устанавливают классификацию вибрации; методы гигиенической оценки вибрации; нормируемые параметры и их допустимые величины; санитарные правила при работе с вибрирующим оборудованием, организационно-технические мероприятия по ограничению вибрации.

Пример нормирования производственной вибрации показан на рисунке 7.2. По оси абсцисс отложена частота в логарифмическом масштабе.

**Предупреждение.** Разработка мероприятий по защите от вибрации рабочих мест должна начинаться на стадии проектирования технологических процессов и машин, разработки плана производственного помещения, схемы организации работ.

Методы уменьшения вредных вибраций можно разделить на две группы: 1) уменьшение интенсивности возбуждающих сил в источнике их возникновения; 2) ослабление вибрации на путях распространения.

Классификация методов и средств защиты от вибрации приведена на рисунке 7.3.

### ШУМ

Всякий нежелательный звук принято называть шумом. Шумы бывают природного, антропогенного, техногенного и иного происхождения. Шум оказывает вредное воздействие на весь организм и, в первую очередь, на центральную нервную и сердечно-сосудистую системы человека, снижает уровень безопасности, уменьшает работоспособность. Звук представляет собой упругие волны, распространяющиеся в газах, жидкостях и твердых телах, которые воспринимаются ухом человека и животных. В воздухе звук распространяется со скоростью 344 м/с. Звук — это фактор среды обитания, а шум — опасность.

Как физическое явление шум — это механические колебания, распространяющиеся в твердой, жидкой или газообразной среде. Частицы среды при этом колеблются относительно положения равновесия.

**Параметры.** Шум создается источником, который имеет определенную мощность $S$. Мощность, приходящаяся на единицу площади, перпендикулярной к направлению распространения звука, называется *интенсивностью* $I$, или *силой звука*. Если источник шума находится в сфере с радиусом $r$, то средняя интенсивность звука на поверхности этой сферы равна $I_{ср} = S/(4\pi r^2)$ Вт/м$^2$.

Давление $P$, возникающее в среде при прохождении звука, называется акустическим, или звуковым; оно измеряется в паскалях (1 Па = 1 Н/м$^2$). На слух действует квадрат звукового давления ($P^2$). Интенсивность звука связана со звуковым давлением зависимостью $I = P^2/(\rho c)$, где $\rho$ — удельное сопротивление среды; $c$ — скорость распространения звука в среде.

Используя это выражение, оценим интенсивность звука при разговоре. На расстоянии 1 м от говорящего человека звуковое давление от обычной речи составляет порядка 0,02 Па. Принимая скорость звука в воздухе $c$ равной 344 м/с и плотность воздушной среды $\rho = 1{,}2$ кг/м$^3$, получим при подстановке этих значений в формулу интенсивность $I = 10^{-6}$ Вт/м$^2$. Хотя при переходе от шепота к крику интенсивность звука может меняться на несколько порядков, все равно ее абсолютное значение остается небольшим.

Вообще характерной особенностью звуковой энергии является ее малая величина по сравнению с другими видами энергии. Подсчитано, что звуковая энергия крика 50000 болельщиков в течение полуторачасового футбольного матча достаточна лишь для того, чтобы согреть одну чашку кофе!

Абсолютные значения интенсивности и давления меняются в широких пределах. Пользоваться абсолютными значениями этих характеристик шума неудобно. Кроме того, ухо человека реагирует на относительное изменение интенсивности звука, а ощущение интенсивности звука пропорционально логарифму раздражителя (закон Вебера–Фехнера). Поэтому для количественной оценки восприятия звука и звукового давления используют относительные величины — уровень звука и уровень звукового давления, которые выражаются в децибелах (дБ).

Уровень интенсивности шума $L_i$ определяется по формуле $L_i = 10\lg(I/I_0)$, дБ, где $I_0$ — интенсивность, соответствующая порогу слышимости, $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м$^2$.

Уровень звукового давления равен $L_p = 10\lg(P^2/P^2{}_0) = 20\lg(P/P_0)$, дБ, где $P_0 = 2\cdot10^{-5}$ Н/м$^2$ — давление на пороге слышимости.

Человек воспринимает звуки в определенном диапазоне давления и интенсивности звука. В пределах 125...135 дБ (в зависимости от частоты) человек испытывает болевые ощущения.

При уровне 150 дБ (это равнозначно поглощению организмом звуковой мощности в 1000 Вт/м$^2$) может пойти кровь из ушей, а при уровне 160 дБ, что равнозначно поглощению мощности 10000 Вт/м$^2$, человек погибает.

Эквивалентный уровень шума на рабочем месте по отечественным нормативам не должен превышать 80 дБ. Непрерывный шум на уров-

*Таблица 7.1*

**Влияние шума от различных источников на человека**

| Влияние на человека | Уровень шума, дБ | Источник звука |
|---|---|---|
| Потеря слуха | 150 | Взлет ракеты (на расстоянии 100 м) |
| Сильное поражение слуха | 140 | Реактивный двигатель |
| Болевые ощущения | 130 | Заклепочный молот, артобстрел |
| Поражение слуха | 120 | Концерт рок-оркестра. Взлет винтового самолета |
| | 110 | Отбойный молоток. Цепная пила |
| | 100 | Листопрокатный цех |
| Опасность | 90 | Тяжелые грузовики (на расстоянии 7 м) |
| | 80 | Оживленные улицы |
| Не слышна речь | 70 | Легковой автомобиль (в салоне) |
| Раздражение | 65 | Машинописное бюро |
| Отсутствует | 60 | Обычный разговор |
| | 50 | Негромкий разговор |
| | 40 | Тихая музыка по радио |
| | 30 | Шепот, тиканье будильника |
| | 20 | Тихая городская квартира |
| Благоприятное | 10 | Шорох листьев |
| Граница слуховых ощущений | 0 | Зимний лес в безветренную погоду |

не 85...90 дБ и выше опасен для слуха. Если человек проводит ежедневно более 5 часов в обстановке с таким уровнем шума, это может привести к потере слуха. К контузии или потере слуха может привести и резкий неожиданный звук в непосредственной близости от уха. К сожалению, нельзя закрыть уши, как можно закрыть глаза. Уровни шумов различных источников, в том числе и непроизводственных, и оказываемое ими воздействие на человека приведено в таблице 7.1.

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.

При анализе шума используют октавные полосы, граничные частоты которых относятся как $f_2/f_1 = 2$. Для каждой октавной полосы берется среднегеометрическая частота $f_{сг} = \sqrt{f_1 f_2}$. Используется такой ряд среднегеометрических частот октавных полос: 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. Спектры представляются в виде таблиц или графиков. Поскольку субъективная оценка ухом громкости звука зависит от частоты, за эталонный принят звук частотой 1000 Гц, для которого сила звука на пороге слышимости $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м$^2$.

В виброакустике используются также полуоктавные полосы, для которых $f_2/f_1 = \sqrt{2}$, и третьоктавные полосы с отношением граничных частот в полосе $f_2/f_1 = \sqrt[3]{2}$.

Если необходимо найти общий уровень шума нескольких источников, то складываются интенсивности, но не уровни. Общий уровень $L$ шума $n$ одинаковых источников с уровнем $L_i$ вычисляется по формуле $L = L_i + 10\lg n$, дБ.

Источники шума могут излучать энергию по направлениям неравномерно. Эта неравномерность характеризуется коэффициентом Ф: $Ф = I/I_{ср} = P^2/P^2_{ср}$. В знаменателях — средние значения интенсивности и давления шума, которые могли быть, если бы акустическая энергия излучалась в сферу равномерно.

Кроме того, для оценки направленности звукового излучения используется показатель направленности ПН: $ПН = 10\lg Ф = 20\lg(P/P_{ср}) = L - L_{ср}$.

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.

На производстве шумы от разных источников смешиваются друг с другом. Общий уровень шума в любом месте возрастает при увеличении количества источников шума. Из-за специфичности шумовых характеристик не представляется возможным суммировать различные уровни шума арифметически. Два различных источника шума, каждый с уровнем шума по 80 дБ, вместе создают уровень 83 дБ, а не 160 дБ. Вообще суммарный эффект от двух источников шума зависит от разности уровней их шума $L_1 - L_2$, а добавку $\Delta L$ к значению более интенсивного источника можно определить по следующей таблице:

| $L_1 - L_2$, дБ | 0 | 1 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 15 | 20 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\Delta L$, дБ | 3,0 | 2,5 | 2,0 | 1,5 | 1,0 | 0,6 | 0,4 | 0,2 | 0 |

Это означает, что при наличии двух источников шума с разницей уровней в 20 дБ, влияние второго источника на общий уровень равно нулю.

Другой важной характеристикой акустических процессов является то, что изменение от 80 дБ до 83 дБ воспринимается ухом так же, как и переход от 40 до 43 дБ. Изменение на 3 дБ, как в приведенном примере, всегда имеет одинаковое воздействие на наше восприятие шума, независимо от первоначального его уровня.

Указанные выше факты важны, и их необходимо учитывать при оценке интенсивности шума и перехода от одного уровня шума к другому. В частности, когда говорят, что уровень шума понизился с 90 дБ до 80 дБ, может показаться, что это незначительное снижение, но учитывая особенности шкалы уровня шума, это означает, что данное уменьшение уровня произведет такой же эффект, как если бы из цеха убрали 9 из 10 шумных станков.

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 $Па^2 \cdot ч$) — интегральная величина, учитывающая акустическую энергию, воздействующую на человека за определенный период времени *T*, определяется по формуле

$$D = \int_0^T P_A^2(t)dt.$$

Допустимая доза шума равна $D_{доп} = P^2_{А.доп} T_{рд}$, где $P_{А.доп}$ — допустимое давление (по шкале А шумомера), Па; $T_{рд}$ — продолжительность действия шума, ч.

**Нормирование.** Основой нормирования шума является ограничение звуковой энергии, воздействующей на человека в течение рабочей смены, значениями, безопасными для его здоровья и работоспособности. Нормирование учитывает различие биологической опасности шума в зависимости от спектрального состава и временных характеристик.

Существует 3 способа нормирования шума.

1. По предельному спектру шума. При этом устанавливаются уровни звукового давления в основном для постоянных шумов в стандартных октавных полосах частот (от 31,5 до 8000 Гц) для различных видов трудовой деятельности.

2. По уровню звука (дБ А), измеренного при включении корректировочной частотной характеристики «А» шумомера. При этом чувствительность всего шумоизмерительного тракта соответствует средней чувствительности органа слуха человека на различных частотах спектра. При этом $L_{\text{дБ А}} = (L_{1000\ \text{Гц}} + 5)$ дБ.

3. По дозе шума, где $P_{\text{А}}$ — допустимое звуковое давление, соответствующее допустимому уровню звука; $T_{\text{см}}$ — продолжительность смены.

Уровни звукового давления на рабочих местах, а также в жилых и общественных зданиях не должны превышать значений, указанных в СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

**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 шумоглушащих 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 и С (С — линейная шкала).

В качестве приемного устройства в шумомерах используются микрофоны электродинамического или конденсаторного типа.

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. Для измерений шума используют отечественные шумомеры Ш-70, прибор ИШВ в комплекте с октавными фильтрами. Для анализа шума применяют спектрометр СЗ4.

**Рис. 7.4**
*Методы борьбы с шумом*

Из зарубежных приборов хорошие характеристики имеют акустические комплекты фирм «RFT», «Брюль и Кьер», «SVAN».

**Для защиты** от вредного воздействия шума используются организационно-технические, архитектурно-планировочные и акустические методы.

На рисунке 7.4 приведена классификация методов борьбы с шумом.

## ИНФРАЗВУК

*Инфразвук* — звуковые колебания и волны с частотами, лежащими ниже полосы слышимых частот — 16 Гц, которые не воспринимаются человеком. Нижняя граница инфразвука не определена.

Низкая частота обусловливает ряд особенностей распространения инфразвука в окружающей среде.

Вследствие большой длины волны инфразвуковые колебания меньше поглощаются и легче огибают препятствия, что объясняет их способность распространяться на значительные расстояния с небольшими потерями энергии.

Для инфразвука характерно малое поглощение. Поэтому инфразвуковые волны в воздухе, воде и в земной коре могут распространяться на очень большие расстояния. Этим свойством инфразвука пользуются для раннего обнаружения стихийных бедствий, исследований свойств атмосферы и водной среды.

Источником инфразвука является гром, взрывы, орудийные выстрелы, землетрясения. Источниками инфразвука могут быть средства транспорта, компрессорные установки, мощные вентиляционные системы, системы кондиционирования и др. Часто инфразвук сопутствует шуму.

Инфразвук оказывает неблагоприятное влияние на работоспособность человека, вызывает изменения со стороны сердечно-сосудистой, дыхательной систем организма. Отмечаются жалобы на раздражительность, рассеянность, головокружение.

Под воздействием инфразвука возникает вибрация крупных предметов строительных конструкций, из-за резонансных эффектов в звуковом диапазоне усиливается инфразвук в отдельных помещениях.

**Для измерения** уровней звукового давления воздушного инфразвука рекомендуется аппаратура фирм «Брюль и Кьер», «Роботрон», «SVAN».

**Нормирование** инфразвука производится по уровням звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 2, 4, 8, 16 Гц — соответственно, 100, 95, 90, 85 дБ (для производственных помещений), а общий уровень звукового давления не должен превышать 100 дБ Лин. Нормы инфразвука приведены в СанПиН 2.2.4/2.1.8.583-96 «Инфразвук на рабочих местах, в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки».

**Предупреждение.** Следует помнить, что инфразвук — это длинные волны, защита от которых затруднена. Для предупреждения неблагоприятных эффектов должны применяться соответствующие режимы труда и отдыха и другие меры защиты, изложенные в Руководстве 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда».

### 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 75...110 дБ, а общий уровень звукового давления в диапазоне частот 20...100 кГц не должен превышать 110 дБ.

**Для измерения** уровней звукового давления воздушного ультразвука рекомендуется аппаратура фирм «Брюль и Кьер», «Роботрон», «SVAN».

**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 изготовляют 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. Размещением 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, в ваннах для очистки изделия погружают в ванну в сетках, снабженных ручками с виброизолирующим покрытием (пористая резина, поролон и т. п.).

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие физические процессы относятся к механическим колебаниям?
2. Что является причиной вибраций и каково ее воздействие на человека?
3. Какие основные параметры характеризуют вибрацию?
4. Какие бывают спектры вибрации в зависимости от частоты?
5. Что такое уровень колебательной скорости вибраций и почему он выражается в децибелах?
6. Какие существуют основные направления борьбы с вибрацией?
7. Укажите основные физические характеристики шума.
8. Что такое уровень интенсивности шума, октавные полосы и среднегеометрические частоты?
9. Как производится нормирование шума?
10. Какие применяются на практике методы снижения шума?
11. Каков принцип измерения шума и как осуществляется измерение?
12. Что такое инфразвук и как с ним бороться?
13. Каковы особенности ультразвука и как защищаться от него?

## § 7.3. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ

### ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Электромагнитное поле (ЭМП) представляет собой особую форму материи. Любая 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, или электромагнитного излучения — ЭМИ).

Движущееся ЭМП 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 взаимноперпендикулярны. В вакууме и воздухе между $E$ и $H$ существует соотношение

$$E = \sqrt{\mu_0 / \varepsilon_0} \cdot H = 377H,$$

где $\mu_0$ и $\varepsilon_0$ — соответственно магнитная и электрическая постоянные, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м, $\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м.

Длина волны $\lambda$, 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 в воздухе $\lambda = c/f = 3 \cdot 10^8/50 = 6000$ км, а для частоты $f = 3 \cdot 10^8$ Гц длина волны равна 1 м.

Около источника ЭМП выделяют *ближнюю зону*, или зону индукции, которая находится на расстоянии $R$ от источника, $R \leqslant \lambda/2\pi \approx \lambda/6$, и *дальнюю зону*, или зону излучения, в которой $R > \lambda/6$.

В диапазоне от низких частот до коротковолновых излучений частотой менее 100 МГц (см. далее табл. 7.2) 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 $I$; в общем виде она определяется векторным произведением $E$ и $H$, а для сферических волн при распространении в воздухе может быть выражена формулой $I = P_{ист}/(4\pi R^2)$ Вт/м$^2$, где $P_{ист}$ — мощность источника излучения.

## ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ 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 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 электропередачи 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.

Магнитные поля промышленной частоты возникают вокруг любых электроустановок и токопроводов промышленной частоты. Чем больше значение тока, 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 от 5 Гц до 400 кГц и статический электрический заряд на экране.

Источником ЭМИ, представляющих повышенную опасность в быту с точки зрения электромагнитных излучений, являются также

*Таблица 7.2*

**Характеристики электромагнитных полей и излучений**

| Обобщенное название | Характер ЭМИ | Диапазон частот, Гц | Длины волн, м |
|---|---|---|---|
| Статические | Постоянное ЭМП | 0 | — |
| Низкочастотные | Крайне и сверхнизкие ЭМИ | $3\cdot(10^0\ldots10^2)$ | $10^8\ldots10^6$ |
| | Инфра-, очень низкие, низкие ЭМИ | $3\cdot(10^2\ldots10^4)$ | $10^6\ldots10^4$ |
| Радиочастотные | Длинные волны (ДВ) | $3\cdot(10^4\ldots10^5)$ | $10^4\ldots10^3$ |
| | Средние волны (СВ) | $3\cdot(10^5\ldots10^6)$ | $10^3\ldots10^2$ |
| | Короткие волны (КВ) | $3\cdot(10^6\ldots10^7)$ | $10^2\ldots10^1$ |
| | Ультракороткие волны (УКВ) | $3\cdot(10^7\ldots10^8)$ | $10^1\ldots10^0$ |
| | Микроволны (СВЧ) | $3\cdot(10^8\ldots10^{11})$ | $10^0\ldots10^{-3}$ |
| Оптические | Инфракрасное излучение | $3\cdot(10^{12}\ldots10^{14})$ | $10^{-4}\ldots10^{-6}$ |
| | Видимое излучение | $3\cdot10^{14}$ | $(0{,}39\ldots0{,}76)\cdot10^{-6}$ |
| | Ультрафиолетовое излучение | $3\cdot(10^{14}\ldots10^{16})$ | $10^{-6}\ldots10^{-8}$ |
| Ионизирующие | Рентгеновское излучение | $3\cdot(10^{17}\ldots10^{19})$ | $10^{-9}\ldots10^{-11}$ |
| | Гамма-излучение | $3\cdot(10^{20}\ldots10^{22})$ | $10^{-12}\ldots10^{-14}$ |
| | Космическое излучение | $\geqslant 3\cdot10^{23}$ | $\leqslant 10^{-15}$ |

микроволновые печи, телевизоры любых модификаций, мобильные телефоны. В связи с последними данными о воздействии магнитных полей промышленной частоты в настоящее время признаются источниками риска электроплиты с электроподводкой, электрогрили, утюги, холодильники (при работающем компрессоре) и другие бытовые электроприборы, включая электробритвы и электрочайники.

В таблице 7.2 представлен полный спектр электромагнитных излучений с указанием принятого на практике названия волн, диапазона частот и длин волн.

## ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

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 способно 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.). Диапазон естественных и искусственных полей очень широк: начиная от постоянных магнитных и электростатических полей и кончая рентгеновским и гамма-излучением частотой $3 \cdot 10^{21}$ 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, являясь сильным физиологическим фактором биоритмики живого, но и оказывают мощное информационное воздействие на организм через органы зрения или другие световые рецепторы.

В отношении действия естественных полей отметим, что усиление электрического поля перед грозой и во время грозы характеризуется дискомфортностью 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, проведенные 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 тысячи лет уменьшилось на 66%. Экранирование от электрических полей также не проходит бесследно для живых организмов. 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. В 2003 г. приняты санитарные нормы, в которых установлен новый показатель — ослабление геомагнитного поля (см. § 5.5).

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 энергия ЭМП поглощается неодинаково, поэтому 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$^2$. Это значение 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°С 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, то есть имеет место их нетепловое воздействие, которое, как предполагают, является результатом ряда микропроцессов, протекающих под действием полей.

Отрицательное воздействие ЭМП вызывает как обратимые, так и необратимые изменения в организме: торможение рефлексов, понижение кровяного давления (гипотонию), замедление сокращений сердца (брадикардию), изменение состава крови в сторону увеличения числа лейкоцитов и уменьшения эритроцитов, помутнение хрусталика глаза (катаракту).

Субъективные критерии отрицательного воздействия ЭМП — это головные боли, повышенная утомляемость, раздражительность, нарушения сна, одышка, ухудшение зрения, повышение температуры тела.

Наряду с биологическим действием, электростатическое поле и электрическое поле промышленной частоты обусловливают 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, металлическая 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, что дети до 15 лет, проживающие около ЛЭП, при магнитной индукции 0,2 мкТл 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, то есть 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 7.3 приведены значения напряженности

*Таблица 7.3*

**Проявление физических механизмов в зависимости от напряженности магнитного поля (МП)**

| Физические механизмы действия МП, источники МП, биологические уровни | Напряженность, кА/м |
|---|---|
| Нарушение пространственной ориентации биомолекул | 800 |
| Магнитогидротормозной эффект | 160 |
| Изменение электропроводности воды | 115 |
| ЭДС самоиндукции, соответствующая биопотенциалам человека | 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 |

постоянного и низкочастотного магнитного поля, при которых начинает проявляться тот или иной физический механизм.

Относительно безвредным для человека в течение длительного времени следует признать МП, имеющее напряженность, как у геомагнитного поля и его аномалий, то есть 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.

Интересные данные получены А. В. Сосуновым: постоянное магнитное поле напряженностью 48 кА/м стимулировало рост раковых клеток в тканевых культурах, но при напряженности 160 кА/м большинство раковых клеток погибало. Приведем также результаты экспериментов Института гигиены труда им. Ф. Ф. Эрисмана. Сотрудники этого института установили, что вода, обработанная магнитным полем в 160 кА/м, не вызывала серьезных изменений в организме подопытных крыс. В то же время, когда крысы начинали пить воду, обработанную более сильным магнитным полем (400 кА/м), у них возникали предпатологические изменения в нервной и кровеносной системах, а также в самой крови.

Эти данные свидетельствуют о неоднозначности реакций организма на воздействие ЭМП, прежде всего его магнитной составляющей. Следовательно, необходима большая осторожность при использовании ЭМП, а также тщательность и серьезные обоснования 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 индуктированного в организме электрического тока. Считается, что плотность тока проводимости $j < 0{,}1$ мкА/см$^2$, индуктированного внешним полем, не влияет на работу мозга, так как импульсные биотоки, протекающие в мозгу, имеют большие значения. В таблице 7.4 представлены возможные эффекты организма в зависимости от плотности тока, наведенного переменным полем в теле человека.

*Таблица 7.4*

**Возможные эффекты от наведенного тока**

| Плотность индуктированного тока $j$, мкА/см$^2$ | Наблюдаемые эффекты |
|---|---|
| 0,1 | Нет |
| 1,0 | Мелькание световых кругов в глазах, как при надавливании на глазное яблоко |
| 10...50 | Острые невралгические симптомы, подобные тем, что вызываются электрическим током, то есть проявляется стимуляция сенсорных рецепторов и мышечных клеток |
| > 100 | Возрастает вероятность фибрилляции желудочка сердца, возможны остановка сердечной деятельности, длительный спазм дыхательных мышц, могут быть серьезные ожоги |

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; $\gamma$ — удельная проводимость, См/м; $R$ — радиус биологического объекта, 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 $\gamma R$ получается одинаковым в обоих случаях. При таком подходе можно считать, что безопасная для здоровья магнитная индукция составляет около 0,4 мТл при 50 или 60 Гц, что эквивалентно напряженности магнитного поля $H \leqslant 300$ А/м.

Плотность тока, индуцированного в теле человека электрическим полем $E$, оценивают по формуле

$$j = kfE$$

с различными коэффициентами $k$ для области мозга и сердца. Для ориентировочных расчетов, поскольку важно оценить порядок плотности тока $j$, принято $k = 3 \cdot 10^{-3}$ См/(Гц·м).

В области частот от 30 до 100 кГц механизм воздействия полей через возбуждение нервных и мышечных клеток уступает место тепловому воздействию. В этом случае в качестве определяющего фактора принимают удельную мощность поглощения. В соответствии с различными международными предписаниями считается, что в качестве достаточно безопасного предела энергии, поглощенной телом человека, можно принять 0,4 Вт/кг (в стандарте ФРГ VDE 0848, часть 2). В диапазоне частот от 100 МГц до 3 ГГц следует учитывать возможность возникновения резонансных эффектов в теле человека и в области головы, на это при нормировании должна быть сделана поправка.

## НОРМИРОВАНИЕ ЭМП ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ И СТАТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

*Для электростатических полей* (ЭСП) согласно ГОСТ 12.1.045-84, а также СанПиН 2.2.4.1191-03 значение предельно допустимой напряженности поля на рабочих местах в зависимости от времени рассчитывается по формуле $E = 60/\sqrt{t}$ кВ/м, где $t = 1...9$ ч.

В соответствии с нормами предельное значение напряженности поля $E_{пду}$, при которой допускается работать в течение часа, равно 60 кВ/м. При напряженностях ЭСП, превышающих 60 кВ/м, работа без применения средств защиты не допускается. В течение рабочей смены разрешается работать без специальных мер защиты при напряженности до 20 кВ/м.

Для определения допустимого времени пребывания в электростатическом поле без защитных мер в зависимости от фактической напряженности $E_{факт}$ следует пользоваться формулой $t_{доп} = (E_{пду}/E_{факт})^2$.

*Для электрического поля промышленной частоты* в соответствии с ГОСТ 12.1.002-84, а также СанПиН 2.2.4.1191-03 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 нахождения персонала в поле не должно превышать 10 мин.

Согласно нормам 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:

$$T_{пр} = 8(t_{E1}/T_{E1} + t_{E2}/T_{E2} + ... + t_{En}/T_{En}),$$

где $t_{E1}, t_{E2}, ..., t_{En}$ и $T_{E1}, T_{E2}, ..., T_{En}$ — фактическое и допустимое время пребывания в зонах с напряженностью $E_1, E_2, ..., E_n$.

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 согласно СН 2971-84 $E_{пду} = 0{,}5$ кВ/м, на территории зоны жилой застройки — 1 кВ/м.

*Для постоянных магнитных полей* в соответствии с СанПиН 2.2.4.1191-03 установлена напряженность поля $H_{пду}$ = 8 кА/м в течение рабочей смены при работе с магнитными установками и магнитными материалами.

*Для периодического (синусоидального) магнитного поля* частотой 50 Гц предельно допустимые уровни для условий общего (на все тело) и локального (на конечности) воздействия приведены в таблице 7.5.

*Для импульсных магнитных полей* частотой 50 Гц в соответствии с СанПиН 2.2.4.1191-03 связь между общим временем *T* воздействия в течение рабочего дня и предельно допустимой напряженностью поля $H_{пду}$ приведена в таблице 7.6.

*Таблица 7.5*

**Допустимые уровни воздействия периодического магнитного поля частотой 50 Гц**

| Время пребывания в поле, ч | Допустимые уровни *H* (А/м) / *B* (мкТл) при воздействии | | Время пребывания в поле, ч | Допустимые уровни *H* (А/м) / *B* (мкТл) при воздействии | |
|---|---|---|---|---|---|
| | общем | локальном | | общем | локальном |
| ⩽ 1 | 1600 / 2000 | 6400 / 8000 | 4 | 400 / 500 | 1000 / 2000 |
| 2 | 800 / 1000 | 3200 / 4000 | 8 | 80 / 100 | 800 / 1000 |

*Таблица 7.6*

**Предельно допустимая напряженность $H_{пду}$ импульсного магнитного поля частотой 50 Гц в различных режимах**

| Время воздействия, ч | $H_{пду}$, кА/м | | | Время воздействия, ч | $H_{пду}$, кА/м | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Режим 1 | Режим 2 | Режим 3 | | Режим 1 | Режим 2 | Режим 3 |
| < 1,0 | 6,0 | 8,0 | 10,0 | 4,0…5,0 | 2,5 | 4,5 | 6,5 |
| 1,0…2,0 | 4,9 | 6,9 | 8,9 | 5,0…6,0 | 2,0 | 4,0 | 6,0 |
| 2,0…3,0 | 4,0 | 6,0 | 8,0 | 6,0…7,0 | 1,6 | 3,6 | 5,6 |
| 3,0…4,0 | 3,2 | 5,2 | 7,2 | 7,0…8,0 | 1,4 | 3,4 | 5,4 |

*Таблица 7.7*

**Рекомендации Международного комитета по неионизирующим излучениям от 1990 г. о ПДУ электрического (*E*) и магнитного (*H*) полей промышленной частоты**

| Время пребывания в поле | *E* (кВ/м) | *B* (мТл) |
|---|---|---|
| Профессионалы | | |
| В течение рабочего дня | 10 | 0,5 |
| Короткое время (< 2 ч в день) | 30 | 5 |
| Для частей тела в течение рабочего дня | – | 25 |
| Население | | |
| Вплоть до 24 ч в день | 5 | 0,1 (80 А/м) |
| Несколько часов в день | 10 | 1 |

В зависимости от длительности импульса $t_и$ и длительности паузы $t_п$ импульсное воздействие разделено на режимы:

1) $t_и > 0{,}02$ с; $t_п < 2$ с;

2) 1 с $< t_и <$ 60 с; $t_п > 2$ с;

3) 0,02 с $< t_и <$ 1 с; $t_п > 2$ с.

Уместно привести рекомендации Международного комитета по неионизирующим излучениям от 1990 г. относительно ПДУ электрического и магнитного полей промышленной частоты для профессионалов (персонала) и населения (табл. 7.7).

Приведем данные наиболее авторитетных и полных во всем частотном диапазоне от 0 до 300 ГГц немецких стандартов применительно к ЭМП промышленной частоты и статическим полям.

По немецким нормам для электростатического поля в течение рабочего дня предельно допустимый уровень $E = 40$ кВ/м (в России 20 кВ/м), для постоянного магнитного поля — $H = 16$ кА/м (в России 8 кА/м). Для напряженности электрического поля промышленной частоты в течение рабочего дня предельно допустимый уровень $E = 20$ кВ/м (в России 5 кВ/м), для напряженности магнитного поля промышленной частоты — $H = 4$ кА/м (в России 80 А/м).

Сравнение показывает, что отечественные нормы для работающего персонала значительно жестче зарубежных.

### НОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ДИАПАЗОНА ЧАСТОТ ОТ 10 ДО 30 КГЦ

Оценка и нормирование ЭМП осуществляется раздельно по напряженности электрического и магнитного полей в зависимости от времени воздействия.

ПДУ напряженности электрического и магнитного полей при воздействии в течение всей смены составляет 500 В/м и 50 А/м соответственно. ПДУ напряженности электрического и магнитного полей при продолжительности воздействия до 2 ч за смену составляет 1000 В/м и 100 А/м.

### НОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ 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 от 60 кГц до 300 МГц на рабочих местах персонала в течение рабо-

чего 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 соответствии с последующими изменениями, а также согласно СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях» определяют ПДУ в диапазоне частот от 30 кГц до 300 МГц исходя из *энергетической экспозиции* (ЭЭ). ЭЭ представляет собой произведение квадрата напряженности поля на время его воздействия $T$. Энергетическая экспозиция в диапазоне частот от 30 кГц до 300 МГц, создаваемая электрическим полем, определяется по формуле $ЭЭ_E = E^2T$, магнитным — $ЭЭ_H = H^2T$. Поэтому значения ПДУ $E$ и $H$ находят из выражений

$$E_{пду} = \sqrt{\frac{ЭЭ_{Eпду}}{T}}, \quad H_{пду} = \sqrt{\frac{ЭЭ_{Hпду}}{T}}.$$

Значения ПДУ энергетической экспозиции в течение рабочего дня, а также максимально допустимые уровни составляющих поля для короткого промежутка времени, определенные по представленным формулам, указаны в таблице 7.8.

*Таблица 7.8*

**Значения ПДУ энергетической экспозиции в течение рабочего дня, а также ПДУ составляющих поля для короткого промежутка времени**

| Параметр | Предельные значения в диапазонах частот, МГц | | | |
|---|---|---|---|---|
| | от 0,03 до 3 | свыше 3 до 30 | свыше 30 до 50 | свыше 50 до 300 |
| $ЭЭ_{Eпду}$, (В/м)²ч | 20 000 | 7000 | 800 | 800 |
| $ЭЭ_{Hпду}$, (А/м)²ч | 200 | — | 0,72 | — |
| $E_{пду}$, В/м | 500 | 300 | 80 | — |
| $H_{пду}$, А/м | 50 | — | 3,0 | — |

Одновременное воздействие электрического и магнитного полей в диапазоне частот 0,03...3 МГц и 30...50 МГц считается допустимым при условии

$$\frac{ЭЭ_E}{ЭЭ_{Eпду}} + \frac{ЭЭ_H}{ЭЭ_{Hпду}} \leqslant 1.$$

Энергетическая экспозиция, (Вт/м$^2$)ч или (мкВт/см$^2$)ч, в диапазоне частот от 300 МГц до 300 ГГц рассчитывается по формуле ЭЭ$_{ППЭ}$ = = ППЭ·$T$, где ППЭ — плотность потока энергии, Вт/м$^2$ или мкВт/см$^2$.

Следует заметить, что ППЭ, судя и по размерности Вт/м$^2$, является плотностью мощности, однако, к сожалению, в технической литературе и нормативной документации принят в принципе неверный термин «плотность потока энергии».

ПДУ энергетической экспозиции ППЭ на рабочих местах за смену в диапазоне частот от 300 МГц до 300 ГГц равен 2 (Вт/м$^2$)ч, или 200 (мкВт/см$^2$)ч. Соответственно, максимально допустимый уровень ППЭ на рабочих местах равен 10 Вт/м$^2$, или 1000 мкВт/см$^2$, а для условий локального облучения кистей рук — 5000 мкВт/см$^2$.

Для случаев облучения от вращающихся и сканирующих антенн с частотой вращения или сканирования не более 1 Гц и скважностью не менее 20 и локального облучения рук при работах с микрополосковыми устройствами ПДУ плотности потока энергии для соответствующего времени облучения рассчитываются по формуле ППЭ$_{пду}$ = $K$·ЭЭ$_{пду}$/$T$, где $K$ — коэффициент снижения биологической активности воздействий; $K$ = 10 для случаев облучения от вращающихся и сканирующих антенн, $K$ = 12,5 для случаев локального облучения кистей рук (при этом уровни воздействия на другие части тела не должны превышать 10 мкВт/см$^2$).

В соответствии с санитарными нормами предельно допустимые значения электрического поля и плотности потока энергии на территории жилой застройки, а также для рабочих мест лиц, не достигших 18 лет, и женщин в состоянии беременности, следующие:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ***f*** | 50 Гц | 30...300 кГц | 0,3...3 МГц | 3...30 МГц | 30...300 МГц | 0,3...300 ГГЦ |
| ***E*, В/м** | 500 | 25 | 15 | 10 | 3,0 | 0,1 Вт/м$^2$ |

Предельно допустимая ППЭ при эксплуатации микроволновых печей не должна превышать 0,1 Вт/м$^2$ при трехкратном ежедневном облучении по 40 мин и общей длительности облучения не более 2 ч в сутки.

Согласно СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03, временный допустимый уровень облучения пользователя сотового телефона в диапазоне частот от 300 МГц до 2400 МГц не должен превышать 100 мкВт/см$^2$.

## НОРМЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЗАЩИТЕ ОТ ЭМП ПРИ ПОЛЬЗОВАНИИ ПЕРСОНАЛЬНЫМ КОМПЬЮТЕРОМ

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 тонн, 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, нервно-эмоциональная 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.

Последствиями регулярной работы с компьютером без применения защитных мер являются:

1) заболевания органов зрения (у 60% пользователей);
2) болезни сердечно-сосудистой системы (у 60%);
3) заболевания желудочно-кишечного тракта (у 40%);
4) кожные заболевания (у 10%).

Возможны также 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%-й вероятностью в 1,5 раза чаще случаются выкидыши и в 2,5 раза чаще появляются на свет дети с врожденными пороками.

*Таблица 7.9*

**Связь между основными факторами риска и возможными нарушениями здоровья**

| Факторы риска | Нарушения зрения | Кожные заболевания | Стресс | Патология беременности |
|---|---|---|---|---|
| Статическое электричество | + | + | ? | ? |
| ЭМП | ? | – | ? | + |
| Рентгеновское излучение | ? | – | – | + |
| Ультрафиолетовое излучение | + | ? | ? | ? |
| Мерцание изображения | + | – | + | ? |
| Яркий видимый свет | + | – | + | – |
| Блики и отраженный свет | + | – | + | – |

*Условные обозначения*: + — есть связь; – — нет связи; ? — связь возможна.

В таблице 7.9 дается связь между основными факторами риска и возможными нарушениями здоровья (по данным Всероссийской ассоциации здоровья).

Первые нормативные документы, регламентирующие требования безопасности при эксплуатации компьютеров, были введены в нашей стране в 1988 г. В этих документах, действовавших до 1996 г., наиболее слабым местом были нормы по полям, особенно в сравнении с западными аналогами.

С 1990 г. широкое распространение в странах Европы получили требования шведских стандартов, которые намного (в десятки раз) были жестче требований отечественных стандартов 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 по ЭМП от компьютера были, наконец, приняты и в России. В настоящее время действуют СанПиН 2.2.2/2.4-1396-03, согласно которым в диапазоне частот от 5 Гц до 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 $E \leqslant 2{,}5$ В/м, а $H \leqslant 0{,}02$ А/м. Эти значения должны характеризовать ЭМП на расстоянии 50 см от монитора. В связи с тем, что ЭМИ от компьютера распространяются во всем пространстве от него, 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.

Согласно Правилам регламентируется также поверхностный электростатический потенциал, который не должен превышать 500 В на экране монитора. На рабочем месте пользователя нормируется напряженность электростатического поля, которая не должна превышать 15 кВ/м. 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. 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 работа от аккумулятора.

**Рис. 7.5**
*Зоны распространения электромагнитных полей вокруг мониторов с различными системами защиты:*

*а* — монитор без системы электромагнитной защиты; *б* — монитор с защитным фильтром на экране; *в* — монитор с полной электромагнитной защитой.

Наиболее эффективная система защиты от излучений реализуется созданием дополнительного металлического внутреннего корпуса, замыкающегося на встроенный закрытый экран. При такой конструкции удается 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 безопасность.

На рисунке 7.5 представлены зоны компьютерного излучения без средств защиты от ЭМИ и при их применении.

Во всех случаях для уменьшения уровня облучения следует располагать глаза от монитора на расстоянии вытянутой руки пользователя. Оптимальным считается расстояние до экрана 60...70 см (ни в коем случае оно не должно быть менее 50 см).

При вертикально расположенном экране монитора глаза пользователя должны находиться на уровне центра экрана или $^2/_3$ его высоты. Линия взгляда должна быть перпендикулярна центральной оси экрана.

Для обеспечения соответствующих микроклиматических условий площадь, приходящаяся на одно рабочее место пользователей ПЭВМ с ВДТ на электронно-лучевой трубке должна быть не менее 6,0 м$^2$, с ВДТ на базе плоских дискретных экранов (жидкокристаллических, плазменных) — 4,5 м$^2$. Освещенность на поверхности стола должна быть 300...500 лк, а уровень шума на рабочих местах не должен превышать 50 дБ А.

Даже в том случае, 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.

В зависимости от вида трудовой деятельности с ПЭВМ (считывание информации, ввод информации, диалоговый режим) и категории напряженности работы, которая определяется суммарным количеством считываемых (но не более 60 000) знаков в смену, вводимых (но не более 40 000) знаков в смену, а также временем непосредственной работы с ПЭВМ (но не более 6 ч в смену), СанПиН установлены регламентированные перерывы в 50 (для I категории), 70 (для II категории) и 90 мин (для III категории) при 8-часовой рабочей смене. При работе с ПЭВМ в ночную смену (с 22 до 6 ч) независимо от категории и вида трудовой деятельности продолжительность регламентированных перерывов следует увеличивать на 30%.

Продолжительность непрерывной работы с ВДТ без регламентированного перерыва не должна превышать одного часа. Максимальное время учебных занятий с ВДТ или ПЭВМ для первокурсников составляет 2 часа 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 ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

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. Измеритель ИЭСП-7 измеряет напряженность ЭСП в диапазоне 2...200 кВ/м, а ИЭСП-6 позволяет измерить электростатический потенциал в диапазоне ±(0,1...10) кВ. Примерно такими же характеристиками обладает измеритель СТ-01: диапазоны — 0,3...180 кВ/м; 0,1...15 кВ с относительной погрешностью ± 15%.

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 от 60 кГц до 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 современных приборов, предназначенных для измерения напряженности электрического и магнитного поля промышленной частоты, можно выделить измеритель поля промышленной частоты ПЗ-50, позволяющий в зависимости от комплектации антенн измерять и электрическую и магнитную составляющие поля в широком интервале значений: $E$ = 0,01...100 кВ/м, $H$ = 0,1...1800 А/м с погрешностью ± 15%.

Из отечественных приборов можно указать также 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, новый прибор ПЗ-30. Диапазон измерений 1 мкВт/см$^2$...100 мВт/см$^2$ с допустимой погрешностью до 30...40%.

Для измерения электромагнитных характеристик ПЭВМ и ВДТ в России созданы сертифицированные комплекты приборов «Циклон-04» (с погрешностью измерений до 10%), «Циклон-05» (с погрешностью 20%) и «Циклон-05М», включающий также прибор ИЭСП-01 для измерения электростатического потенциала экрана монитора. В последующем стали выпускать более современный прибор «ВЕ-метр».

Для контроля нормативов по электромагнитной безопасности видеотерминалов и ПЭВМ можно использовать зарубежный портативный прибор веберэлектрометр АТ-002 с пределами измерений в полосе 5...2000 Гц: $E$ = 8...100 В/м, $B$ = 0,08...1,0 мкТл; в полосе 2...400 кГц: $E$ = 0,8...10 В/м, $B$ = 8...100 нТл.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как определяется длина волны электромагнитного излучения? Какие зоны вокруг источника ЭМИ выделяют в зависимости от длины волны?
2. Приведите классификацию электромагнитных излучений и укажите источники ЭМИ.
3. Каковы параметры электромагнитного поля Земли и как влияет на человека их изменение?
4. Объясните в упрощенном виде механизм воздействия электромагнитных полей на человека и укажите, к каким последствиям оно может привести.
5. Какие параметры используются для нормирования ЭМП?
6. Как осуществляется нормирование ЭМП радиочастот?
7. Какие значения предельно допустимых уровней действуют в настоящее время для ЭМП промышленной частоты и статических полей и как они соотносятся с зарубежными нормативами?
8. Укажите факторы риска при работе с компьютером и способы уменьшения их воздействия.
9. Укажите приборы, используемые для измерения параметров ЭМП.

## § 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 действие.

*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 непроизвольными 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, металлизацию кожи, электроофтальмию 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 — омертвение всей толщи кожи; IV — обугливание тканей. Тяжесть поражения организма обусловливается 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 вызывает электрическая дуга, образующаяся при более высоких напряжениях между токоведущей частью и телом человека (температура дуги выше 3500°С, и у нее весьма большая энергия). 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 нагревшимся металлом.

*Электроофтальмия* — поражение глаз, вызванное интенсивным излучением электрической дуги, спектр которой содержит вредные для глаз ультрафиолетовые и инфракрасные 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, то есть 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.

Прекращения 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* (удушье) — 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:

1) значения тока, проходящего через тело человека;
2) электрического сопротивления человека;
3) уровня приложенного к человеку напряжения;
4) продолжительности воздействия тока;
5) пути тока через тело человека;
6) рода и частоты тока;
7) 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. 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, то есть 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 при промышленной частоте, и поэтому считают сопротивление тела человека чисто активным и неизменным.

В качестве расчетного значения при переменном токе промышленной частоты сопротивление принимают равным 1000 Ом (при напряжении прикосновения более 50 В). Емкостное сопротивление необходимо учитывать при повышенных частотах, начиная с нескольких килогерц.

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.

Повреждения 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 потоотделение, 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, в подмышечных впадинах, на тыльной стороне 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 потоотделения.

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 напряжения.** Основным фактором, обусловливающим 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 промышленной частоты силой 0,6...1,5 мА и постоянный ток силой 5...7 мА. Токи указанных значений 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* — это переменный ток силой 10...15 мА и постоянный — силой 50...60 мА. 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. *Пороговым фибрилляционным током* является переменный ток силой 100 мА и постоянный — силой 300 мА 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 с наиболее уязвимой), что весьма опасно для организма. Если же время воздействия тока меньше 0,2 с, то вероятность совпадения момента прохождения тока с наиболее уязвимой фазой работы сердца и, следовательно, опасность поражения резко уменьшаются. Указанное обстоятельство используется при разработке быстродействующих автоматических устройств защитного отключения.

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.

*Таблица 7.10*

**Характеристика путей тока в теле человека**

| Путь тока | Частота возникновения, % | Доля терявших сознание при прохождении тока, % |
|---|---|---|
| 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 |

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. Часто встречаются петли тока «рука–рука», «рука–ноги» и «нога–нога» (табл. 7.10). Наиболее опасны петли «голова–руки» и «голова–ноги», но эти петли возникают относительно редко.

**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 намного 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, и следовательно повышается опасность поражения.

Наибольшую опасность представляет ток с частотой от 50 до 100 Гц; при дальнейшем повышении частоты опасность поражения уменьшается и практически исчезает при частотах более 100 кГц. Эти токи сохраняют опасность ожогов. Снижение опасности поражения током с ростом частоты проявляется начиная с 5...10 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., что является медицинским противопоказанием для лиц, собирающихся профессионально работать 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 током 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.

Помещения *без повышенной опасности* характеризуются отсутствием условий, создающих повышенную или особую опасность.

Помещения *с повышенной опасностью* характеризуются наличием в них только одного из следующих условий, создающих повышенную опасность: 1) сырости (относительная влажность воздуха длительно превышает 75%) или токопроводящей пыли; 2) токопроводящих полов (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и др.); 3) высокой температуры (выше +35°С); 4) 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, а также к открытым токопроводящим частям.

*Особо опасные* помещения характеризуются наличием одного из следующих условий, создающих особую опасность: 1) особой сырости (относительная влажность воздуха близка к 100%: потолок, стены, пол и предметы в помещении покрыты влагой); 2) химически активной или органической среды (разрушающей изоляцию и токоведущие части электрооборудования); 3) 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 относительно безопасными значениями тока при данном пути его протекания и длительности воздействия в соответствии с ГОСТ 12.1.038-82.

При длительном воздействии допустимый ток принят равным 1 мА. При продолжительности воздействия до 30 с — 6 мА. При воздействии 1 с и менее значения токов приведены ниже, однако они не могут рассматриваться как обеспечивающие полную безопасность и принимаются в качестве практически допустимых с достаточно малой вероятностью поражения:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Длительность воздействия, с** | 1,0 | 0,7 | 0,5 | 0,2 |
| **Ток, мА** | 50 | 70 | 100 | 250 |

Эти токи считаются предельно допустимыми для наиболее вероятных путей их протекания в теле человека: «рука–рука», «рука–ноги» и «нога–нога».

## СИТУАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ПОРАЖЕНИЯ ТОКОМ

Напряжение между двумя точками цепи тока, которых одновременно касается человек, называется *напряжением прикосновения*.

Опасность такого прикосновения, оцениваемая значением тока, проходящего через тело человека, зависит от ряда факторов: схемы замыкания цепи тока через тело человека, напряжения сети, схемы самой сети, режима ее нейтрали (то есть заземлена или изолирована нейтраль), степени изоляции токоведущих частей от земли, от значения емкости токоведущих частей относительно земли и т. п.

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 $I_h$, кроме того, ток идет по опасному для человека пути через жизненно важные органы грудной клетки:

$$I_h = \frac{U_л}{R_h} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_ф}{R_h},$$

где $U_л$ — линейное напряжение (напряжение между фазными проводами сети), В; $U_ф$ — 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 $U_л$ = 380 В ($U_ф$ = 220 В) при сопротивлении тела человека $R_h$ = 1000 Ом ток через человека будет равен $I_h$ = 1,73 · 220/1000 = 380/1000 = 0,38 А.

Этот ток для человека смертельно опасен, так как 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, то есть 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 глухозаземленная), 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. 7.6*а*) в случае прикосновения человека к голому проводу одной из фаз ток проходит через тело человека, землю и далее через сопротивление изоляции в сеть.

**Рис. 7.6**
*Схема прохождения тока через тело человека при однофазном прикосновении к токоведущим частям:*

*а* — в сети с изолированной нейтралью; *б* — в сети с заземленной нейтралью.

Если емкость проводов относительно земли мала, что обычно имеет место в воздушных сетях небольшой протяженности, значение тока через человека определяется из выражения:

$$I_h = U_ф/(R_h + R_{ос} + R_{об} + R_{из}/3),$$

где $R_h$, $R_{ос}$, $R_{об}$, $R_{из}$ — сопротивление человека, основания, обуви и изоляции проводов относительно земли соответственно.

При подстановке численных значений $R_h = 1$ кОм, $R_{ос} = 30$ 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, то есть $R_{ос} = 0$; $R_{об} = 0$) 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. Однако в сетях с большой емкостью относительно земли роль изоляции проводов в обеспечении безопасности прикосновения утрачивается.

В сети с *заземленной нейтралью* (рис. 7.6*б*) в случае прикосновения к голому фазному проводу он оказывается под фазным напряжением. Ток проходит через тело человека в землю и далее через заземление нейтрали в сеть. Ток в этом случае равен

$$I_h = U_ф/(R_h + R_{ос} + R_{об} + R_0),$$

где $R_0$ — сопротивление заземления нейтрали.

В случае нахождения человека на проводящем полу (например, металлическом) и хорошей проводимости обуви, то есть при $R_{ос} = 0$; $R_{об} = 0$ и сопротивлении заземления нейтрали $R_0 = 4$ Ом (для $U_л = 380$ В), которым можно пренебречь, ток, проходящий через тело человека, будет не менее опасным для жизни, чем при двухфазном прикосновении. Он равен $I_h = U_ф/R_h = 220/1000 = 0{,}22$ А = 220мА. 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 $R_{ос} = 30$ кОм;

$R_{об}$ = 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 применяется 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.

Рассмотрим условия поражения током в случае прикосновения человека к нормально изолированным частям электрооборудования, оказавшимся под напряжением из-за замыкания фазы на корпус (рис. 7.7). Опасность поражения будет определяться в первую очередь напряжением прикосновения, которое будет равно разности между потенциалом $\varphi_р = \varphi_к$ на заземленном корпусе, к которому человек прикасается рукой, и потенциалом $\varphi_н$ поверхности земли в точке нахождения

**Рис. 7.7**
*Схема поражения током в случае прикосновения человека к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением:*

*I* — потенциальная кривая; *II* — кривая напряжения прикосновения.

ног: $U_{пр} = \varphi_к - \varphi_н$. Так как на любом из корпусов оборудования, присоединенных к заземлителю, потенциал будет равен потенциалу заземлителя $\varphi_з$, то $U_{пр} = \varphi_з - \varphi_н$.

В случае нахождения человека над заземлителем (рис. 7.7, поз. 1) 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, то есть $U_{пр} = \varphi_з - 0$ (поз. 3).

Фактически напряжение прикосновения, приложенное собственно к телу человека, будет меньше значения $U_{пр}$ 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

Перечислим 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., а также приближение на опасное расстояние к высоковольтным частям, из-за чего может произойти пробой.

2. Появление напряжения на металлических конструктивных частях электрооборудования в результате повреждения изоляции токоведущих частей; падение провода (находящегося под напряжением) на конструктивные части электрооборудования и др.

3. Появление напряжения на отключенных токоведущих частях в результате ошибочного включения 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 стекании 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 $U_ш = \varphi_x - \varphi_{x+s}$, где $\varphi_x$ и $\varphi_{x+s}$ — потенциалы точек расположения ног; $s = 0{,}8$ м — длина шага (рис. 7.8).

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, то есть 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 обусловливает бóльшую разность потенциалов, приложенных к его телу.

Для защиты от поражения электрическим током могут применяться следующие меры:

1. Обеспечение недоступности токоведущих частей, находящихся под напряжением.

2. Устранение опасности поражения при появлении напряжения на корпусах, кожухах и других частях электрооборудования, достигаемое прежде всего техническими мерами: защитным заземлением, занулением, защитным отключением, применением малых напряжений и др.

**Рис. 7.8**
*Схема напряжения шага при одиночном заземлителе*

3. Использование специальных электрозащитных средств.

4. Организация безопасной эксплуатации электроустановок.

Выбор той или иной меры защиты зависит от ряда обстоятельств: от вида электрической установки, значения напряжения, характера помещения, в котором размещается электроустановка, и т. п.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какое действие на организм человека оказывает электрический ток и в чем оно выражается?
2. Укажите, какие виды поражения производит электрический ток.
3. Укажите основные факторы, влияющие на исход поражения током.
4. От чего зависит электрическое сопротивление тела человека?
5. Что является основным фактором, определяющим исход поражения током?
6. Укажите пороговые значения ощутимого, неотпускающего и фибрилляционного токов. Какое значение тока принимается за смертельное?
7. На какие классы по опасности поражения током делятся помещения? Охарактеризуйте каждый класс.
8. Какая схема включения человека в цепь тока является наиболее опасной и почему?
9. Какая сеть является более опасной при однофазном прикосновении — с изолированной нейтралью или с заземленной нейтралью — и по какой причине?
10. Укажите основные причины поражения током.
11. Что такое напряжение прикосновения и напряжение шага? Как должен вести себя человек в зоне стекания тока в землю, чтобы уменьшить опасность?

## § 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 либо 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 контактирующих материалов. Если контактирующие поверхности имеют низкое сопротивление, то при разделении заряды с них стекают, и раздельные 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

Опасность, создаваемая электризацией различных материалов, состоит в возможности искрового разряда как с диэлектрической наэлектризованной поверхности, так и с изолированного проводящего объекта. Вредное воздействие оказывает на человека статическое электричество, возникающее при ношении одежды из синтетических материалов и при контакте с наэлектризованными поверхностями (например, клавиатура компьютера).

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 $W_р \leqslant KW_{min}$, где $W_р$ — максимальная энергия разрядов, которые могут возникнуть внутри объекта или 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: $W_р = 0{,}5C\varphi^2$, где $C$ — электрическая емкость проводящего объекта относительно земли, Ф; $\varphi$ — потенциал заряженной поверхности относительно земли, В.

Электростатическая искробезопасность объектов обеспечивается снижением $W_р$, а также снижением чувствительности объектов окружающей и проникающей в них среды к зажигающему воздействию статического электричества (увеличением $W_{min}$).

Энергию разряда с заряженной диэлектрической поверхности можно определить только экспериментально.

*Таблица 7.11*

**Минимальные энергии зажигания $W_{min}$ некоторых паро- и газовоздушных смесей, мДж**

| Вещество | $W_{min}$ | Вещество | $W_{min}$ |
|---|---|---|---|
| Акрилонитрил | 0,16 | Метиловый спирт | 0,14 |
| Аммиак | 0,680 | Пентан | 0,22 |
| Ацетилен | 0,011 | Петролейный эфир | 0,18 |
| Ацетон (при 25°С) | 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 |
| Изооктан | 0,28 | Этилен | 0,095 |
| Изопентан | 0,21 | Этиленоксид | 0,06 |
| Метан | 0,29 | Этиловый спирт | 0,14 |

Минимальная энергия зажигания горючих смесей зависит от природы веществ и также определяется экспериментально.

В таблице 7.11 приведены минимальные энергии зажигания $W_{min}$ (в мДж) некоторых паро- и газовоздушных смесей. Следует отметить, что указанные значения минимальной энергии зажигания достигаются для большинства паро- и газовоздушных смесей при напряжении 3000 В, а при 5000 В искровой разряд может вызвать воспламенение большей части горючих пылей и волокон.

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.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каким образом возникают статические заряды? От чего зависит знак заряда?
2. В чем состоит опасность статического электричества?
3. Чем определяется энергия статических зарядов?
4. Как обеспечивается электростатическая искробезопасность объектов?
5. К каким последствиям может привести статическая электризация тела человека?
6. Какие меры защиты можно использовать для устранения опасности возникновения электростатических зарядов?

## § 7.6. 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 — это излучение с длительностью импульса 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)* (Вт/см$^2$) — это отношение мощности потока излучения, падающего на малый участок облучаемой поверхности, к площади этого участка.

*Энергетическая экспозиция* (Дж/см$^2$) — это отношение энергии излучения, падающей на рассматриваемый участок, к площади этого участка. Иными словами, это произведение энергетической освещенности (облученности) (Вт/см$^2$) на длительность облучения (с).

Энергетическая освещенность $P_s$ в центре площадки на поверхности объекта может быть рассчитана по формуле $P_s = PD^2/(\lambda^2 f^2)$, где $P$ — выходная мощность излучения лазера; $D$ — диаметр объектива оптической системы; $\lambda$ — 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 $2{,}2 \cdot 10^{10}$ Вт/см$^2$.

Энергетическая освещенность лазерного луча достигает $10^{12}$... $10^{13}$ Вт/см$^2$. Этой энергии оказывается достаточно для плавления и даже испарения самых тугоплавких веществ. Для сравнения укажем, что на поверхности Солнца плотность мощности излучения равна $10^8$ Вт/см$^2$.

Лазерное излучение сопровождается мощным электромагнитным полем. Напряженность $E$ электрического поля можно рассчитать по формуле $E = P_s\sqrt{Z_c}$, где $P_s$ — плотность мощности излучения; $Z_c = \sqrt{\mu/\varepsilon}$ — волновое сопротивление среды, в которой распространяется излучение, для воздуха $Z_c = 120\pi$. Подставляя в формулу полученное ранее значение $P_s = 2{,}2 \cdot 10^{10}$ Вт/см$^2$, для газодинамического лазера на углекислом газе находим: $E \approx 3 \cdot 10^8$ 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 свободно проникает 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, омертвения 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 отмечается 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, неспокойный 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» (СанПиН 5804-91) ПДУ лазерного излучения определяются энергетической экспозицией облучаемых тканей (Дж/см$^2$).

Биологические эффекты, возникающие при воздействии лазерного излучения на организм, можно разделить на две группы: 1) первичные эффекты — органические изменения, возникающие непосредственно в облучаемых живых тканях (прямое облучение); 2) вторичные эффекты — неспецифические изменения, возникающие в организме в ответ на облучение (длительное облучение диффузно отраженным излучением).

Лазеры по степени опасности генерируемого ими излучения подразделяются на четыре класса:

1-й класс — выходное излучение не представляет опасности для глаз и кожи;

2-й класс — выходное излучение представляет опасность при облучении глаз прямым или зеркально отраженным излучением;

3-й 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-й 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: шума, вибрации, аэрозолей, газов, электромагнитных и ионизирующих излучений.

Сопутствующие опасные и вредные производственные факторы, которые могут возникать при эксплуатации лазеров разных классов, приведены в таблице 7.12.

*Таблица 7.12*

**Опасные и вредные производственные факторы, которые могут возникнуть при эксплуатации лазеров**

| Фактор | Класс лазера | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Электрическое напряжение | – (+) | + | + | + |
| Световое излучение импульсных или газовых разрядов | – | – | – (+) | + |
| Шум, вибрация | – | – | – (+) | + |
| Аэрозоль, газы | – | – | – | + |
| Электромагнитное и ионизирующее излучения | – | – | – | – (+) |

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, 3, 4-го классов должно проводиться периодически не реже одного раза в год в порядке текущего санитарного надзора.

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-го и 4-го классов, генерирующие излучение в видимом диапазоне (λ = 0,4...0,75 мкм), и лазеры 2, 3, 4-го классов с генерацией в ультрафиолетовом (λ = 0,2...0,4 мкм) и инфракрасном диапазонах длин волн (λ = 0,75 мкм и выше) должны снабжаться сигнальными устройствами, работающими с момента начала генерации до ее окончания. Конструкция лазеров 4-го класса должна обеспечиваться возможностью дистанционного управления.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие бывают лазеры по характеру излучения и как они связаны с длительностью излучения?
2. Какими особенностями характеризуется лазерное излучение?
3. Что такое энергетическая освещенность и энергетическая экспозиция лазерного излучения?
4. Какое воздействие оказывают на человека прямое и отраженное лазерное облучение?
5. На сколько классов по степени опасности генерируемого излучения подразделяются лазеры и чем они характеризуются?
6. Какие сопутствующие опасные и вредные производственные факторы возникают при эксплуатации лазеров разных классов?
7. На основании каких параметров определяется класс опасности лазерной установки?
8. За какими характеристиками, кроме основных, осуществляется контроль при эксплуатации лазерной установки?

## § 7.7. НЕИНТЕНСИВНЫЕ ИЗЛУЧЕНИЯ ОПТИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНА

Наиболее важной областью оптического спектра ЭМИ является *видимый свет*. Свет — это возбудитель зрительной сенсорной системы, обеспечивающей человека информацией об окружающей среде. Параметры видимого света влияют на способность получать ощущения и воспринимать окружающую среду.

*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 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 и пульсации светового потока, благоприятный спектральный состав, экономичность.

## ОСНОВНЫЕ СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЕ ЕДИНИЦЫ

Для гигиенической оценки условий освещения используются светотехнические единицы, принятые в физике (рис. 7.9).

Светотехнические величины, определяющие показатели освещения, основаны на оценке ощущений, возникающих от воздействия светового излучения на глаза. К количественным показателям относятся: световой поток, сила света, освещенность, яркость поверхности, коэффициент отражения.

*Видимое излучение* — участок спектра электромагнитных колебаний в диапазоне длины волн от 380 до 760 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*: $I = dF/d\omega$, где $I$ — 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). Освещенность вычисляется по формуле $E = dF/dS$, где $dS$ — площадь поверхности, на которую падает световой поток $dF$.

*Яркость* поверхности $L_\alpha$ в данном направлении $\alpha$ — отношение силы света, излучаемого поверхностью в этом направлении, к проекции светящейся поверхности на плоскость, перпендикулярную данному направлению. Единица яркости — кандела на квадратный метр (кд/м$^2$). Яркость можно найти по формуле $L_\alpha = dI_\alpha/dS \cdot \cos\alpha$, где $dI_\alpha$ — сила света, излучаемого поверхностью $dS$ в направлении $\alpha$.

Яркость освещенных поверхностей зависит от их световых свойств, от степени освещенности, а в большинстве случаев также от угла, под которым поверхность рассматривается.

**Рис. 7.9**
*Схема, иллюстрирующая основные светотехнические понятия*

Световые свойства поверхностей характеризуются коэффициентами отражения $\rho$, пропускания $\tau$ и поглощения $\beta$. Эти коэффициенты безразмерные и измеряются в долях единицы: $\rho + \tau + \beta = 1$. При этом $\rho = F_\rho/F$, $\tau = F_\tau/F$, $\beta = F_\beta/F$, где $F_\rho$, $F_\tau$, $F_\beta$ — соответственно, отраженный, прошедший через поверхность и поглощенный 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, блесткость, фон, контраст объекта с фоном и т. д.

Различают прямую блесткость, возникшую от ярких источников света и частей светильников, попадающих в поле зрения человека, и отраженную блесткость от поверхностей с зеркальным отражением. Блесткость 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 блесткости 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 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 рекомендуется окрашивать в светлые тона: салатовый, светло-желтый, кремовый, светло-зеленый или бирюзовый.

Для измерения и контроля освещенности применяют люксметры различных конструкций, в частности, Ю-116 и Ю-117, принцип действия которых основан на фотоэлектрическом эффекте. При освещении фотоэлемента в цепи соединенного с ним гальванометра возникает фототок, обусловливающий 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 К, М, Р, Т, 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, то есть 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:

1) назначения и принятого архитектурно-планировочного, объемно-пространственного и конструктивного решения зданий;

2) требований к естественному освещению помещений, вытекающих из особенностей зрительной работы;

3) климатических и светоклиматических особенностей места строительства зданий;

4) 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 = $(E_{вн}/E_{нар})\cdot 100$.

Расчет естественного освещения заключается в определении площади световых проемов для помещения. Расчет ведут по следующим формулам:

$$\text{при боковом освещении} — \ S_о = \frac{S_п e_н k_з \eta_о k_{зд}}{100 \tau_о r_1};$$

$$\text{при верхнем освещении} — \ S_ф = \frac{S_п e_н k_з \eta_ф k_ф}{100 \tau_о r_2},$$

где $S_о$, $S_ф$ — площадь окон и фонарей, м$^2$; $S_п$ — площадь пола, м$^2$; $e_н$ — нормированное значение КЕО; $k_з$ — коэффициент запаса ($k_з$ = 1,2...2,0); $\eta_о$, $\eta_ф$ — световые характеристики окна, фонаря; $\tau_о$ — 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; $k_{зд}$ = 1,0...1,7 — коэффициент, учитывающий затем-

нение окон противостоящими зданиями; $k_ф$ — коэффициент, учитывающий тип фонаря.

Значения коэффициентов для расчета естественного освещения берут из таблиц СНиП. Иногда для определения площади световых проемов используют световой коэффициент $K_{св} = S_о/S_п = {}^1/_5 ... {}^1/_4$, где $S_о$ — площадь световых проемов, $S_п$ — 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 (когда 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 внерабочее 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 друг с другом. 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 (маркируются буквой 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. Недо-

статки 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 светоотдачу (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, то есть 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, чем у ламп накаливания. Низкая температура поверхности колбы (около 5°С) делает лампу относительно пожаробезопасной.

Несмотря на ряд преимуществ, люминесцентное освещение имеет и некоторые недостатки, к ним относятся: пульсация светового потока, вызывающая стробоскопический эффект (искажение зрительного восприятия объектов различения, когда вместо одного предмета видны изображения нескольких и искажается направление и скорость движения); дорогостоящая и относительно сложная схема включения, требующая регулирующих пусковых устройств (дросселей, стартеров); значительная отраженная блесткость; 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, с соответст-

вующей маркировкой: 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. Они 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.

В последнее время широкое применение находят экологичные светодиодные источники, которые используются как для освещения, так и для сигнализаций.

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 $W = nP/S$, где $n$ — число светильников; $P$ — мощность лампы, Вт; $S$ — освещаемая площадь, м$^2$.

Основной метод расчета — по коэффициенту использования светового потока. Этим коэффициентом 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:

$F = ESzk/(nu)$ — для ламп накаливания и ламп типов ДРЛ, ДРИ и ДНаТ;

$F = ESzk/(num)$ — для люминесцентных ламп.

В этих формулах $F$ — световой поток одной лампы, лм; $E$ — нормированная освещенность, лк; $S$ — площадь помещения, м$^2$; $z$ — поправочный коэффициент светильника (для стандартных светильников $z = 1{,}1...1{,}3$); $k$ — коэффициент запаса, учитывающий снижение освещенности при эксплуатации ($k = 1{,}1...1{,}3$), $n$ — число светильников; $u$ — коэффициент использования осветительной установки, зависящий от типа светильника; $m$ — число ламп в светильнике (для люминесцентных ламп).

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.

## ИНФРАКРАСНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

*Инфракрасное излучение* (ИК-излучение) представляет собой часть электромагнитного спектра с длинами волн 0,76...420 мкм, характеризующуюся такой энергией, которая при поглощении в веществе вызывает тепловой эффект, поэтому это излучение еще называют тепловым.

ИК-излучение — основной компонент микроклимата для металлургических, стекольных и других «горячих» производств.

Тепловое излучение образуется всяким телом, температура которого выше абсолютного нуля. По закону Стефана–Больцмана мощность излучения $E$ (Вт/м$^2$) можно определить по формуле $E = KT^4$, где $T$ — абсолютная температура, К; $K$ — постоянная Стефана–Больцмана, $K = 5{,}67 \cdot 10^{-8}$ Вт/м$^2$К.

Степень поглощения теплового потока зависит не только от его мощности, но и от длины волны. В связи с особенностями биологического действия ИК-диапазон подразделяют на три области.

Длинноволновая часть задерживается в основном поверхностными слоями кожи, вызывая жжение; средневолновая и коротковолновая части проникают на глубину до 3 см и при высоких энергиях мо-

*Таблица 7.13*

**Переносимость ИК-излучения кожей**

| Мощность излучения, МДж/м$^2$ч | Переносимость |
|---|---|
| 1...2,01 | Слабое, переносится неопределенно долго |
| 2,01...3,77 | Умеренное, переносится 3...5 мин |
| 4,02...7,54 | Среднее, переносится 25...60 с |
| 7,54...10,05 | Сильное, переносится 10...12 с |
| 12,56 | Очень сильное, переносится 2...5 с |

**Рис. 7.10**
*Классификация средств промышленной теплозащиты*

гут вызывать перегревание тканей, ожоги, усиление пигментации кожи. При хронических облучениях изменение пигментации может становиться стойким («эритемоподобный» цвет лица у рабочих-стеклодувов, сталеваров и др., постоянно подвергающихся интенсивному воздействию ИК-излучения).

Переносимость ИК-излучения кожей зависит от мощности этого излучения (табл. 7.13).

Уровни излучения, превышающие 3,77 МДж/м$^2$ч, считаются значительными и требуют проведения профилактических гигиенических мероприятий.

Для измерения ИК-излучения на рабочих местах используют актинометры (инспекторский, ИМО-5), радиометры.

Нормирование ИК-излучения осуществляется согласно ГОСТ 12.1.005-98 и СанПиН 2.2.4.548-96.

На рисунке 7.10 приведена классификация средств промышленной теплозащиты.

### УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

Естественным источником ультрафиолетовых излучений (УФ-излучений) (с длинами волн менее 400 нм) на открытых производственных площадках является солнце. Искусственными источниками в производственных помещениях являются электрические дуги, газоразрядные лампы и др.

Биологическое действие УФ-лучей солнечного света проявляется прежде всего в их положительном влиянии на организм человека. Это жизненно необходимый фактор. Известно, что при длительном недостатке солнечного света возникают нарушения физиологического равновесия организма, развивается своеобразный симптокомплекс, именуемый «световым голоданием». Такие нарушения встречаются, например, у рабочих шахт и рудников, у работающих на Крайнем Севере и др.

УФ-излучение от производственных источников может стать причиной острых и хронических профессиональных поражений. Наиболее подвержен действию УФ-излучения зрительный анализатор (электроофтальмия). Хронические изменения кожных покровов при воздействии УФ-излучений выражаются в виде дерматитов с покраснением кожи, старении, развитии злокачественных новообразований.

Важное гигиеническое значение имеет способность УФ-излучения изменять газовый состав атмосферного воздуха вследствие его ионизации. При этом в воздухе образуются озон и оксиды азота. Эти газы

обладают высокой токсичностью и могут представлять большую профессиональную опасность, особенно при выполнении сварочных работ, сопровождающихся УФ-излучением, в ограниченных, плохо проветриваемых помещениях или в замкнутых пространствах.

Основными характеристиками УФ-излучений являются: эритемный поток Ф, эр; мощность эритемного излучения; эритемная освещенность $E$, эр/м$^2$; эритемная доза $H$, эр·ч/м$^2$. 1 эр соответствует потоку УФ-излучения мощностью 1 Вт с длиной волны 297 нм.

Согласно действующему гигиеническому нормированию УФ-излучений (СН 4557-88 «Санитарные нормы ультрафиолетового излучения в производственных помещениях») установлено, что максимальная облученность не должна превышать 7,5 мэр·ч/м$^2$, а максимальная суточная доза — 60 мэр·ч/м$^2$ для УФ-излучения с длиной волны больше 280 нм.

Измеряют интенсивность и спектр УФ-излучений с помощью УФ-дозиметров, спектрометров, УФ-фотометров, эрметров.

Основными мерами защиты от УФ-излучений являются: экранирование источников излучения и рабочих мест; применение СИЗ — спецодежды, защитных очков и щитков, снабженных светофильтрами, а также покровных кремов, которые служат светофильтрами.

Для определенного контингента работающих предусмотрено профилактическое облучение людей в соответствии с методическими указаниями (МУ 5046-89).

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Укажите достоинства нормального освещения для людей и отрицательные стороны недостаточной и повышенной освещенности?
2. Каким требованиям должно удовлетворять рациональное освещение?
3. Какие светотехнические характеристики используют при количественной оценке условий освещения? Укажите их единицы измерения.
4. Что характеризует фон и на какие классы он условно делится?
5. Как определяют контраст объекта различения с фоном?
6. Каковы достоинства естественного освещения и есть ли у него недостатки?
7. Что представляет собой коэффициент естественной освещенности (КЕО) и как он нормируется?
8. Какие источники искусственного освещения существуют? Укажите их достоинства и недостатки?
9. Какие преимущества имеют по сравнению с другими источниками света люминесцентные лампы и в чем их недостатки?
10. На чем основан расчет освещения по методу удельной мощности?
11. Какой расчетный метод освещения является основным и как он производится для лампы накаливания и люминесцентных ламп?

## § 7.8.
## 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 = $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ 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 $0{,}3E_{max}$. Максимальная энергия β-частиц у известных в настоящее время радионуклидов может достигать 3,0...3,5 МэВ.

*Нейтронное излучение.* Нейтроны — 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, дейтроны), 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 300 000 км/с. К нему относятся γ-излучение, характеристическое, тормозное и рентгеновское излучения.

Обладая одной и той же природой, эти виды электромагнитных излучений различаются условиями образования, а также свойствами — длиной волны и энергией.

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 способностям.

*Ионизирующая* способность излучения определяется удельной ионизацией, то есть 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 мо-

жет 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 при любой толщине слоя вещества нельзя полностью поглотить поток фотонного излучения, а можно только ослабить его интенсивность в любое число раз. В этом заключается 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. 7.11**
*Распад урана-238*

Открытие ионизирующего излучения связано с именем французского ученого Анри 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. 7.11). 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. Ирэн и Фредерик 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 радиоактивных излучений хорошо изучена. Чтобы понять, как возникают такие излучения, необходимо вспомнить некоторые сведения из атомной физики.

Согласно планетарной модели атома, предложенной в 1911 г. английским физиком 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, то есть 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 А и является мерой стабильности ядра. Чем ближе расположен элемент к концу таблицы Менделеева, тем больше А, тем больше нейтронов в ядре и тем менее устойчивы эти ядра.

Ядра всех изотопов образуют группу «нуклидов». Некоторые нуклиды стабильны, то есть 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 Нильс 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 Макс 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 α-излучение, испускание электрона — это β-излучение.

Если нестабильный нуклид оказывается перевозбужденным, он выбрасывает порцию чистой энергии, называемую γ-излучением (γ-квантом). Как и в случае рентгеновских лучей (во многом подобных γ-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 — чуть больше одной минуты.

## ЗАКОН РАДИОАКТИВНОГО РАСПАДА

Распад радионуклидов описывается экспоненциальным законом $N = N_0 \exp(-\lambda t)$ или, в другой форме, $N = N_0 e^{-\lambda t}$, где $N_0$ — первоначальное количество радионуклидов; $N$ — число ядер, не распавшихся за время $t$; $\lambda$ — постоянная распада (постоянная для каждого нуклида), $\lambda = 0{,}693/T$; $T$ — период полураспада.

Окончательный вид:

$$N = N_0 e^{-\frac{0{,}693t}{T}}.$$

Число испущенных частиц пропорционально числу распавшихся ядер $\Delta N$ и равно: $\Delta N = N_0 - N_t = N_0 (1 - e^{-\lambda t})$.

Можно построить график радиоактивного распада. Для этого составим следующую таблицу:

**Рис. 7.12** *Иллюстрация закона радиоактивного распада*

| **Время** | 0 | $T$ | $2T$ | $3T$ | $4T$ | $5T$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Кол-во нераспавшихся атомных ядер, %** | 100 | 50 | 25 | 12,5 | 6,25 | 3,12 |

Откладывая в прямоугольной системе по оси ординат количество нераспавшихся атомов в процентах, а по оси абсцисс общее время, получим экспоненту распада для условного нуклида (рис. 7.12).

Экспоненциальные кривые не пересекаются с осью абсцисс. Это значит, что число нераспавшихся ядер не может быть равным 0.

Знание периодов полураспада и закона радиоактивного распада необходимо для оценки радиационной обстановки.

## 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 сантизивертов в час (определение см. далее) 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 облучения.

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. Анри Беккерель получил ожог кожи. Мария 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

Действие ионизирующего излучения на вещество проявляется в ионизации и возбуждении атомов и молекул, входящих в состав вещества. Количественной мерой этого воздействия служит *поглощенная доза* $Д_п$ — средняя энергия, переданная излучением единице массы вещества. Единица поглощенной дозы — грей (Гр), названа в честь физика Грея, 1 Гр = 1 Дж/кг. На практике применяется также внесистемная единица — рад, 1 рад = 100 эрг/г = $1 \cdot 10^{-2}$ Дж/кг = 0,01 Гр.

Поглощенная доза излучения зависит от свойств излучения и поглощающей среды.

Для заряженных частиц ($\alpha$, $\beta$, 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 $\gamma$-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 $\gamma$-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 $\gamma$-излучений принимают кулон на килограмм (Кл/кг) — это такая доза рентгеновского или $\gamma$-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 (Р). 1 рентген — экспозиционная доза рентгеновского или $\gamma$-излучения, при которой в 0,001293 г (1 см$^3$ воздуха при нормальных условиях) образуются ионы, несущие заряд в одну электростатическую единицу количества электричества каждого знака, 1 Р = $2{,}58 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг.

**Рис. 7.13**
*Дозиметрические величины и единицы*

Поглощенная в каком-либо веществе доза рентгеновского и γ-излучения может быть рассчитана по экспозиционной дозе с помощью соотношения

$$Д(Гр) = 8{,}8 \cdot 10^{-3} \mu/\mu_в \cdot Д(Р),$$

где $\mu$ и $\mu_в$ — массовые коэффициенты ослабления (см$^2$/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* $Д_{экв}$, которая определяется равенством $Д_{экв} = Д_п \cdot Q$, где $Д_п$ — поглощенная доза; $Q$ — безразмерный коэффициент качества, характеризующий зависимость биологических неблагоприятных последствий облучения человека в малых дозах от полной ЛПЭ облучения (рис. 7.13).

Эквивалентная доза представляет собой меру биологического действия на данного конкретного человека, то есть она является индивидуальным критерием опасности, обусловленным ионизирующим излучением.

Приведем значения взвешивающих коэффициентов $Q$ для некоторых видов излучения при расчете эквивалентной дозы:

Фотоны любых энергий — $Q = 1$;

Электроны и мюоны с энергией менее 10 кэВ — $Q = 1$;

Нейтроны:
с энергией менее 10 кэВ — $Q = 5$;
от 10 кэВ до 100 кэВ — $Q = 10$;
от 100 кэВ до 2 МэВ — $Q = 20$;
от 2 МэВ до 20 МэВ — $Q = 10$;
более 20 МэВ — $Q = 5$;
Протоны, кроме протонов отдачи, с энергией более 2 МэВ — $Q = 5$;
Альфа-частицы, осколки деления, тяжелые ядра — $Q = 20$.

За единицу измерения эквивалентной дозы принят зиверт (Зв) в честь шведского радиолога Рольфа Зиверта, 1 Зв = 1 Гр/$Q$ = 1 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 бэр = 0,01 Зв. Бэром 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 $\gamma$-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 $Д_{экв} < 0{,}25$ Зв (25 бэр).

Поглощенная, экспозиционная и эквивалентная дозы, отнесенные к единице времени, носят название мощности соответствующих доз.

Самопроизвольный (спонтанный) распад радиоактивных ядер следует закону $N = N_0 \exp(-\lambda t)$, где $N_0$ — число ядер в данном объеме вещества в момент времени $t = 0$; $N$ — число ядер в том же объеме к моменту времени $t$; $\lambda$ — постоянная распада.

Постоянная $\lambda$ 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-99.)

*Таблица 7.14*

**Взвешивающие коэффициенты для тканей и органов при расчете эффективной дозы**

| Орган | Коэффициент | Орган | Коэффициент |
|---|---|---|---|
| Гонады | 0,20 | Грудная железа | 0,05 |
| Костный мозг (красный) | 0,12 | Печень | 0,05 |
| Толстый кишечник (прямая, сигмовидная, нисходящая часть ободочной кишки) | 0,12 | Пищевод | 0,05 |
| | | Щитовидная железа | 0,05 |
| Легкие | 0,12 | Кожа | 0,01 |
| Желудок | 0,12 | Клетки костных поверхностей | 0,01 |
| Мочевой пузырь | 0,05 | Остальное | 0,05 |

Следует учитывать, что чувствительность разных органов тела неодинакова. Например, при одинаковой эквивалентной дозе облучения возникновение рака легких более вероятно, чем щитовидной железы. Поэтому дозы облучения органов и тканей следует учитывать с разными взвешивающими коэффициентами.

В таблице 7.14 приведены коэффициенты радиационного риска, рекомендованные международной комиссией по радиационной защите.

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.

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).

Многие радионуклиды распадаются очень медленно и останутся в отдаленном будущем.

Коллективную эффективную эквивалентную дозу, которую получат 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 принят кюри (Ки) — активность такого количества радионуклида, в котором происходит $3{,}7 \cdot 10^{10}$ актов распада в секунду. На практике широко пользуются производными единицами: милликюри и микрокюри. Под удельной активностью понимают активность, отнесенную к единице массы или объема, например Ки/г, Ки/л и т. д.

Единицы измерения сведены в таблице 7.15.

*Таблица 7.15*

**Основные дозиметрические величины и единицы измерения**

| Величина и ее символ | Единица СИ | Внесистемная единица | Соотношение между единицами |
|---|---|---|---|
| Активность $A$ — мера радиоактивности. Характеризует скорость ядерных превращений (распада) радионуклидов | Бк — беккерель | Ки — кюри | 1 Бк = 1 расп/с = $= 2{,}7 \cdot 10^{-11}$ Ки; 1 Ки = $3{,}7 \cdot 10^{10}$ Бк |
| Экспозиционная доза $X$ — мера ионизации воздуха. Характеризует потенциальную возможность поля ИИ к облучению тел (вещества) | Кл/кг — кулон на килограмм | Р — рентген | 1 Кл/кг = $3{,}88 \cdot 10^3$ Р; 1 Р = $2{,}58 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг = $= 2{,}08 \cdot 10^9$ пар ионов в 1 см$^3$ воздуха; 1 Р = 0,88 рад — в воздухе; 1 Р = 0,93 — в ткани |
| Поглощенная доза $D$ — мера радиационного эффекта облучения. Характеризует энергию излучения, переданную телу определенной массы. Фундаментальная дозиметрическая величина | Гр — грей | рад (радиационная адсорбированная доза) | 1 Гр = 1 Дж/кг = 100 рад; = 1 рад = 100 эрг/г = $= 10^{-2}$ Гр |
| Эквивалентная доза $H$ — мера биологического эффекта облучения в зависимости от вида ИИ. Произведение поглощенной дозы данного вида излучения на соответствующий взвешивающий коэффициент | Зв — зиверт | бэр (биологический эквивалент рада) | 1 Зв = 1 Гр $W = 100$ бэр; 1 бэр = 1 рад $W = 10^{-2}$ Зв |
| Эффективная эквивалентная доза $E$ — мера риска возникновения отдаленных последствий облучения с учетом радиочувствительности различных органов. Сумма произведений эквивалентной дозы в органе на соответствующий взвешивающий коэффициент для органа (ткани) | Зв | бэр | 1 Зв = 100 бэр |
| Мощность дозы — приращение дозы (поглощенной, эквивалентной, эффективной эквивалентной) за интервал времени к этому интервалу | За единицу времени могут приниматься секунда, час, сутки, год: Гр/ч; Зв/ч; рад/с и т. д. | | |

*Примечания*: В практике дозиметрических измерений могут также широко использоваться: 1) эффективная коллективная, полувековая и другие дозы; 2) десятичные кратные и дольные части указанных единиц — дека, гекто, кило, мега, деци, санти, милли, микро и т. д.; 3) активность — удельная (Бк/кг), объемная (мкКи/л), поверхностная (мкКи/см$^2$) и т. д.

## 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, который воздействует на все население земного шара, имея относительно постоянный уровень.

Космические лучи представляют поток протонов и $\alpha$-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 мЗв, от источников земного происхождения — 0,35 мЗв. 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 весомый из всех естественных источников радиации — это невидимый, не имеющий вкуса и запаха 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 кБк/сут), с наружным воздухом (10 кБк/сут), 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. Игнорирование 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, то есть 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. 7.14) 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* ионизация в камере не происходит, и стрелка измерительного прибора показывает на нуль. Под действием ионизирующего излучения в газе камеры возникают положительные и отрицательные ионы. Под действием электрического поля отрицательные ионы движутся к положительному заряженному электроду, положительные к отрицательно заряженному электроду. В цепи возникает ток, который регистрируется измерительным прибором *3*. Ионизаци-

**Рис. 7.14**
*Ионизационная камера*

онные камеры обычно работают в режиме тока насыщения, при котором каждый акт ионизации дает составляющую тока. По току насыщения определяются 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 (фосфор, флуоры, люминофоры).

ФЭУ позволяет преобразовывать слабые вспышки от сцинтиллятора в достаточно большие электрические импульсы, которые можно зарегистрировать обычной несложной электронной аппаратурой.

Сцинтилляционные счетчики можно применять 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 регламентируются Федеральным законом «О радиационной безопасности населения», Нормами радиационной безопасности (НРБ-99), Основными санитарными правилами обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99) и другими документами.

В статье 1 закона «О радиационной безопасности населения» говорится: «Радиационная безопасность населения — состояние защищенности настоящего и будущего поколений людей от вредного для их здоровья воздействия ионизирующего излучения».

Из статьи 22: «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».

Требования НРБ-99 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-99 приводятся термины и определения, например: радиационный риск — это вероятность того, что у человека в результате облучения возникает какой-либо конкретный вредный эффект.

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 $1 \cdot 10^{-3}$ за год, для населения — $5{,}0 \cdot 10^{-5}$ за год. Уровень приемлемого риска принимается равным $10^{-6}$ за год.

Для категорий облучаемых лиц устанавливаются три класса нормативов:

1. Основные пределы доз (табл. 7.16).

2. Допустимые уровни монофакторного (для одного радионуклида или одного вида внешнего излучения) воздействия, являющиеся производными от основных дозовых пределов: пределы годового поступления, допустимые среднегодовые объемные активности (ДОА), среднегодовые удельные активности (ДУА) и т. д.

3. Контрольные уровни (дозы, уровни активности и др.). Контрольные уровни устанавливаются администрацией учреждения по согласованию с органами Роспотребнадзора. Их численные значения должны учитывать достигнутый в учреждении уровень радиационной безопасности и обеспечивать условия, при которых радиационное воздействие будет ниже допустимого.

Основные пределы доз 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.

*Таблица 7.16*

**Основные пределы доз**

| Нормируемая величина | Пределы доз | |
|---|---|---|
| | Персонал (группа А) | Население |
| Эффективная доза | 20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год | 1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год |
| Эквивалентная доза за год | | |
| в хрусталике | 150 мЗв | 15 мЗв |
| в коже | 500 мЗв | 50 мЗв |
| в кистях и стопах | 500 мЗв | 50 мЗв |

*Примечание.* Основные пределы доз, как и все остальные допустимые уровни облучения персонала группы Б, равны 1/4 значений для персонала группы А.

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 годам для лиц из персонала и 70 годам для лиц из населения. В соответствии с этим эффективная доза для персонала не должна превышать за период трудовой деятельности 1000 мЗв, а для населения за период жизни — 70 мЗв. Начало периодов введено с 1 января 2000 г.

Для каждой категории облучаемых лиц допустимое годовое поступление радионуклида рассчитывается путем деления годового предела дозы на соответствующий дозовый коэффициент.

## ЗАЩИТА ОТ ИЗЛУЧЕНИЙ

Концепция беспорогового действия радиации является в настоящее время официальной доктриной, на основании которой ведется нормирование и оцениваются гипотетически возможные неблагоприятные последствия при развитии тех или иных направлений атомной техники, а на этой основе принимаются рекомендации по радиационной защите.

Если исходить из гипотезы о беспороговом действии радиации, то любая доза облучения не безразлична для человека. Следовательно, возникает дилемма. С одной стороны, необходимо до минимума свести уровень облучения. С другой стороны, должны быть обеспечены условия широкого практического использования атомной техники, без развития которой немыслим технический прогресс.

Следовательно, при рассмотрении вопроса о целесообразности использования атомной энергии или источников ионизирующих излучений в той или иной сфере человеческой деятельности, необходимо решить, какой выход отдаленных последствий, обусловленных облучением, то есть какой риск является оправданным и приемлемым в настоящее время с учетом тех выгод, которое дает обществу внедрение новой технологии.

К сожалению, в настоящее время еще не выработаны обобщающие социально-экономические критерии, позволяющие количественно соотнести вред и пользу при развитии той или иной технологии. Учитывая указанные обстоятельства, Международная комиссия по радиологической защите (МКРЗ) рекомендует при нормировании ра-

диационного фактора приемлемый риск оценивать путем сравнения с риском от других видов профессиональной деятельности.

Радиационная безопасность персонала обеспечивается комплексом технических и организационных мер.

Безопасность персонала в первую очередь обеспечивается:

1) соблюдением требований НРБ-99 и ОСПОРБ-99;

2) эффективностью защитных экранов и барьеров;

3) соответствующим расстоянием от источников излучения;

4) ограничением времени работы с источниками излучений;

5) применением СИЗ;

6) ограничением допуска к работе с источниками излучений по возрасту, полу, состоянию здоровья, уровню предыдущего облучения;

7) организацией радиационного контроля;

8) системой информации о радиационной обстановке.

Радиационная безопасность населения обеспечивается эффективностью мероприятий по радиационной защите в нормальных условиях и, в случае радиационной аварии, созданием условий жизнедеятельности, отвечающих требованиям нормативных документов.

Безопасность на радиационно опасном объекте и вокруг него зависит от качества проекта, выбора площадки для размещения объекта, физической защиты источника излучений, зонирования территории внутри объекта и вокруг него, условий эксплуатации технологических систем, системы радиационного контроля, радиационной грамотности персонала и населения.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие виды ионизирующих излучений различают? Дайте их характеристику по уровню энергии, ионизирующей и проникающей способности.
2. Изложите современное представление о радиоактивности.
3. Объясните механизм биологического действия ионизирующих излучений и условия возникновения острой и хронической лучевой болезни.
4. Дайте определения экспозиционной, поглощенной и эквивалентной дозы и укажите их единицы измерения (в системе СИ и внесистемные).
5. Что такое коллективная эффективная эквивалентная доза и в чем она измеряется?
6. Что характеризуют беккерель и кюри и какая между ними связь?
7. Каков уровень естественного радиационного фона на территории России?
8. Какой газ является распространенным естественным источником радиации и как он поступает в здания и помещения? Какие этажи здания предпочтительны с точки зрения уменьшения воздействия этого газа и как можно улучшить радиационную обстановку в квартире?
9. Какие методы измерения ионизирующих излучений применяют в радиационной безопасности?
10. Как осуществляется нормирование радиационной безопасности?

ГЛАВА 8

# ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОПАСНОСТИ

*Всё меньше окружающей природы,*
*Всё больше окружающей среды.*
Р. Рождественский

## § 8.1. СОСТОЯНИЕ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

К экологическим относятся опасности, действие которых проявляется через природные объекты (атмосферу, гидросферу и др.) в связи с нарушением их естественного состояния (загрязнения). По существу в своей основе экологические опасности имеют техногенное происхождение.

Экологические опасности — все виды загрязнений вещественного и энергетического характера от любых естественных и искусственных источников, которые поступают в воздух, воду, почву и при этом превышают допустимые для жизнедеятельности концентрации вещества и уровни интенсивности.

В начале 60-х гг. XX в. 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, почвы, 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 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 возобновимые природные ресурсы (рис. 8.1).

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 естественно-восстановительные 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;

**Рис. 8.1**
*Превращение природных ресурсов в загрязнение окружающей среды*

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 то, как эти изменения могут влиять на здоровье человека. Существуют следующие четыре градации, учитывающие только что изложенную классификацию состояний природы.

**Благополучная ситуация:** 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, количество 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 данной 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 яв-

лений 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, которые позволяют выделить перечисленные зоны.

На основании приведенных критериев оценивается экологическое положение различных территорий и его воздействие в глобальном масштабе.

Экологическое состояние 15% территории России признано неудовлетворительным. В 13 регионах страны сложилась критическая экологическая ситуация. Около 20 млн россиян проживают в зонах экологических бедствий, а 20% всего населения — на территориях с неблагоприятной экологической обстановкой.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие экологические опасности вы знаете?
2. Как происходит процесс превращения природных ресурсов в загрязнение окружающей среды?
3. Какими показателями характеризуется состояние экосистем?
4. Приведите экологическую классификацию состояний природы и охарактеризуйте эти состояния.
5. На какие условные зоны делятся территории в зависимости от экологической напряженности ареала и медико-социальных показателей?

## § 8.2. 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 тыс. 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 невозможным проследить многочисленные экологические последствия их использования. Чтобы оценить даже простейшие экологические эффекты, острую токсичность и биоконцентрирование 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*, то есть 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.).

Согласно прогнозам тяжелые металлы могут стать более опасными загрязнителями, чем отходы АЭС.

*Таблица 8.1*

**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 | Cu | 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 | 13,60 |
| 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 | Pt | 21,45 |
| Ниобий | Nb | 8,40 | Иридий | Ir | 22,42 |
| Кадмий | Cd | 8,64 | Осмий | Os | 22,48 |
| Кобальт | Co | 8,90 | | | |

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/см$^3$ (кроме благородных и редких), а иногда и металлы с плотностью 5 г/см$^3$ (см. табл. 8.1). 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 ...цид, caedere — убивать), *ядохимикаты* — химические препараты для защиты сельскохозяйст-

венных 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, хлорат 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 — животные и ...цид) — 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.* arbos — дерево и ...цид) — химические вещества, предназначенные для уничтожения нежелательной древесной или кустарниковой растительности.

*Акарициды* (от *греч.* akari — клещ и ...цид) — 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, эфирсуль); 2) неспецифические — уничтожают не только клещей, но и насекомых (инсектоакарициды).

*Инсектициды* (от *лат.* insectum — насекомые и ...цид) — пестициды, предназначенные для борьбы с нежелательными (с точки зрения человека) в хозяйствах и природных сообществах насекомыми.

*Фунгициды* (от *лат.* fungus — гриб и ...цид) — 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.

Применяются различные формы пестицидов: 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 сразу разрушаться, образуя безвредные продукты разложения. Однако большинство пестицидов представляют собой устойчивые трудноразлагаемые 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 небиотического 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-*n*-диоксины (ПХДД) и дибензофураны (ПХДФ), которые по своей химической структуре являются трициклическими 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 гексахлорбензола и хлордифениловых эфиров. Известна авария вблизи г. Севезо (Италия), где на заводе произошел выброс трихлорфенола, содержащего примерно 2...3 кг ПХДД. Более $^2/_3$ этого количества отложилось на площади в 15 га на расстоянии около 500 м от завода. Период полураспада ПХДД 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, при синтезе 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:

1) кожные проявления — хлоракне, гиперпигментация и др.;

2) 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.;

3) неврологические эффекты — головные боли, невропатия, потеря слуха, обоняния, вкусовых ощущений, нарушение зрения;

4) психические эффекты — нарушение сна, депрессия, немотивированные приступы гнева.

*Таблица 8.2*

**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 |
| Новозападная водопроводная станция Москвы | 0,5 |
| Восточная водопроводная станция Москвы | 1,1...4,0 |
| Питьевая вода г. Кондрово | 1,7...3,5 |
| Питьевая вода г. Чапаевск | < 0,7 |

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 1-го 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 городских почвах и атмосферном воздухе, в поверхностных водах, питьевой воде» (табл. 8.2).

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 разноообразных 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 концентраций 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 удобрение 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 таких экосистемах 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 синезеленых 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 кислых 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 алунита $KAl_3(OH)_6(SO_4)_2$. Часть серы сорбируется фульвокислотами. Значительно повышается растворимость всех гумусовых веществ, происходит их вымывание из минеральных горизонтов.

Резко изменяются 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. Гумусные 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 фторуглеводородов жирного ряда, главным образом метана; 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, имеют исключительно высокую пламяподавляющую способность.

Хладоны применяют в качестве хладагентов, пропеллентов в аэрозольных упаковках косметических средств, компонентов огнетуша-

щих составов, растворителей 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 (F. S. Rowland, M. J. Molina) была подтверждена прямыми измерениями.

Озоноразрушающее действие хладонов приводит к образованию так называемых озоновых дыр, то есть 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. В настоящее время намеченная цель не достигнута. Следует заметить, что опасность образования озоновых дыр оказалась преувеличенной.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие состояния выделяют в природно-экологической классификации? Охарактеризуйте их.
2. Как можно классифицировать состояние природы в зависимости от ее воздействия на здоровье человека?
3. Что такое ксенобиотики и в чем заключается их экологическая опасность?
4. Объясните опасность для здоровья человека тяжелых металлов и перечислите наиболее опасные из них.
5. Что представляют собой пестициды, каково их назначение и в чем их опасность для биоты?
6. Что такое диоксины? Укажите источники их появления и формы поражения человеческого организма при воздействии диоксинов.
7. Объясните опасность загрязнения биосферы соединениями азота, фосфора, серы.
8. Укажите положительные и отрицательные свойства хладонов. В чем заключается их экологическая опасность и какими мерами борется с этим человечество?

## § 8.3. 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, то есть поддержание

температуры тела в пределах 36...37°С. Терморегуляция обеспечивает равновесие между количеством тепла, непрерывно образующимся в организме в процессе обмена веществ, и излишками тепла, непрерывно отдаваемыми в окружающую среду, то есть 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 ≈ 45% всей тепловой энергии, вырабатываемой организмом;

2) нагревом воздуха, омывающего поверхность тела (конвекция), при этом теряется ≈ 30% тепла;

3) испарением пота, при этом теряется ≈ 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, сопровождаемый судорожной болезнью, что в дальнейшем может привести к тепловому удару, протекающему с потерей сознания, повышением температуры тела человека до 40...41°С и другими признаками тяжелого заболевания. Интенсивное потоотделение чревато угрозой дегидратации (обезвоживания) организма. Потери воды за счет испарения при температуре окружающей среды 37,8°С в состоянии покоя человека достигали 300 г/ч. При движении они более значительны.

Если температура воздуха и окружающих стен больше 60°С, 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 рисунке 8.2, при пониженном давлении — на рисунке 8.3.

Неблагоприятное воздействие на организм человека оказывает не только высокая, но и низкая температура воздуха. Переохлаждения

**Рис. 8.2**
*Допустимое время пребывания человека в условиях высоких температур при нормальном атмосферном давлении в состоянии покоя, в легкой одежде:*

*1* — по отечественным источникам; *2* — по американским источникам.

**Рис. 8.3**
*Время переносимости высоких температур в состоянии относительного покоя при давлении 34,3 кПа:*

*1* — в теплой (многослойной) одежде; *2* — в легкой одежде.

**Рис. 8.4**
*Номограмма для определения зоны комфорта и эквивалентно-эффективной температуры*

(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.

Совместное действие температуры, влажности и подвижности воздуха определяют через эквивалентно-эффективную температуру по специальной диаграмме (см. рис. 8.4).

Физические параметры воздуха необходимо учитывать при организации всех видов деятельности. Особое значение имеют параметры микроклимата помещений, то есть 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, укладывающееся в указанные пределы, а скорость его изменения.

**Химический состав.** Чистый воздух имеет следующий химический состав в процентах по объему: азот — 78,08; кислород — 20,94; аргон, неон и другие инертные газы — 0,94; углекислый газ — 0,03; прочие газы — 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 следующим признакам.

*По характеру воздействия на организм:* общетоксические, раздражающие, сенсибилизирующие, канцерогенные, мутагенные, влияющие на репродуктивную функцию.

*По классам химических соединений:* органические, неорганические, элементоорганические.

*По степени токсичности:* чрезвычайно токсичные, высокотоксичные, сильнотоксичные, умеренно токсичные, малотоксичные, практически нетоксичные.

*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» и «ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест», включающие значительное количество 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, форму 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 большего размера задерживаются в верхних дыхательных путях и выводятся наружу при выдохе или откашливании. 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* ($NH_3$) — бесцветный газ с резким запахом. Хорошо растворим в воде, перевозится и хранится в сжиженном состоянии. Аммиак является горючим газом, горит при наличии постоянного источ-

ника 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 являются 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.

Для аммиака $ПДК_{мр} = 0{,}2$ мг/м$^3$, $ПДК_{сс} = 0{,}2$ мг/м$^3$.

*Окись углерода* (CO) — бесцветный газ без запаха и вкуса, плохо растворяется в воде; в сжиженном состоянии бесцветная прозрачная жидкость; 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.

Окись углерода — вещество преимущественно общеядовитого действия, является ядом гемоглобина. CO вытесняет кислород из оксигемоглобина, содержание кислорода может снижаться до 8% (аноксемия). Окись 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°С.

Для окиси углерода $ПДК_{мр} = 3$ мг/м$^3$, $ПДК_{сс} = 1$ мг/м$^3$.

*Хлор* ($Cl_2$) — 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 нёба и глотки, бронхит, легкая одышка, охриплость, чувство давления в груди. При воздействии малых и средних концентраций хлора наблюдаются загрудинные 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.

Для хлора $ПДК_{мр} = 0{,}1$ мг/м$^3$, $ПДК_{сс} = 0{,}03$ 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 ионообразование 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 $K$, (см/с)·(см/В), между скоростью ионов и напряженностью электрического поля, воздействующего 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:

1) легкие ионы, $K > 1{,}0$;
2) средние ионы, $1{,}0 > K > 0{,}01$;
3) тяжелые ионы $0{,}01 > K > 0{,}001$;
4) ионы Ланжевена, $0{,}001 > K > 0{,}0002$;
5) 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 коэффициент униполярности, определяемый как отношение концентрации аэроионов положительной полярности к концентрации аэроионов отрицательной полярности.

Санитарно-гигиенические нормы регламентируют количество только легких ионов, которые играют важную роль в качестве вдыхаемого воздуха. Для производственных и общественных помещений число ионов в 1 см$^3$ воздуха должно находиться в пределах от 400 до 50 000 для положительных ионов и от 600 до 50 000 — для отрицательных, а коэффициент униполярности должен быть от 0,4 до 1,0. Минимально допустимый и максимально допустимый уровни определяют интервал

концентраций ионов во вдыхаемом воздухе названных помещений, отклонение от которого создает угрозу здоровью человека.

Вопросы нормализации воздушной среды регламентируются различными нормативными документами.

В зарубежной литературе, как правило, концентрации вредных веществ указывают в PPm (число частей на миллион) или PPb (число частей на миллиард) по объему. Зарубежная газоаналитическая аппаратура градуирована также в указанных единицах.

В связи с этим возникает необходимость пересчета одних единиц в другие с учетом нормальных условий: температуры 293 К (20°С) и давления 101,33 кПа (760 мм рт.ст).

В таблице 8.3 приведена откорректированная по сравнению с имеющимися данными схема пересчета концентраций газов и паров из одной размерности в другую.

*Таблица 8.3*

**Формулы пересчета концентраций паров и газов**

| Исходная концентрация | мг/л | мг/м$^3$ | об.% | PPm | PPb |
|---|---|---|---|---|---|
| мг/л (г/м$^3$) | 1 | $10^3$ | $22{,}4\cdot10^{-1}M^{-1}$ | $22{,}4\cdot10^{3}M^{-1}$ | $22{,}4\cdot10^{6}M^{-1}$ |
| мг/м$^3$ (мкг/л) | $10^{-3}$ | 1 | $22{,}4\cdot10^{-4}M^{-1}$ | $22{,}4M^{-1}$ | $22{,}4\cdot10^{3}M^{-1}$ |
| об.% | $4{,}46\cdot10^{-1}M$ | $4{,}46\cdot10^{2}M$ | 1 | $10^4$ | $10^7$ |
| PPm, млн$^{-1}$ | $4{,}46\cdot10^{-5}M$ | $4{,}46\cdot10^{-2}M$ | $10^{-4}$ | 1 | $10^3$ |
| PPb, млрд$^{-1}$ | $4{,}46\cdot10^{-8}M$ | $4{,}46\cdot10^{-5}M$ | $10^{-7}$ | $10^{-3}$ | 1 |

Концентрацию рассчитывают по уравнению $C_р = C_и F$, где $C_р$ — расчетная концентрация в требуемых единицах; $C_и$ — исходная концентрация; $F$ — фактор пересчета, принимаемый по табл. 8.3.

Фактор пересчета находят по месту пересечения строки исходной концентрации с графой искомой размерности.

Примеры. Требуется пересчитать концентрации:

1) 20 PPm метана ($M$ = 16,0) на мг/м$^3$:

$$C_р = C_и\cdot4{,}46\cdot10^{-2}M = 20\cdot4{,}46\cdot10^{-2}\cdot16 = 14{,}27 \text{ мг/м}^3;$$

2) 0,2% диоксида серы ($M$ = 64) на мг/л:

$$C_р = C_и\cdot4{,}46\cdot10^{-1}M = 0{,}2\cdot4{,}46\cdot10^{-1}\cdot64 = 5{,}7 \text{ мг/л};$$

3) 0,01 мг/л диэтилртути ($M$ = 258) на PPm:

$$C_р = 0{,}01\cdot22{,}4\cdot10^{3}M^{-1} = 0{,}01\cdot22{,}4\cdot10^{3}/258 = 0{,}87 \text{ PPm}.$$

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Объясните, как осуществляется физическая терморегуляция организма. Укажите оптимальные и допустимые параметры окружающего воздуха.
2. Приведите классификацию вредных веществ по характеру и степени воздействия на организм.
3. Что такое предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ? Какие различают ПДК?
4. Какие факторы учитываются при оценке токсического действия пыли? Объясните механизм опасного воздействия пыли и укажите, к каким последствиям оно может привести.
5. Укажите опасные свойства аммиака и последствия интоксикации организма при различных его концентрациях.
6. В чем проявляется наибольшая опасность окиси углерода?
7. Перечислите опасные свойства хлора, приведите результаты его воздействия на организм человека.
8. Дайте определение предельно допустимого выброса (ПДВ) и объясните, для каких целей используется это понятие.
9. Как влияет ионизация воздуха на организм человека, какие ионы и в каком соотношении являются полезными для здоровья?
10. Какие приборы используются для контроля параметров микроклимата?
11. Какими методами осуществляется контроль параметров микроклимата?
12. Что является наилучшей профилактической мерой для обеспечения метеоусловий и какие средства индивидуальной защиты органов дыхания нужно применять в необходимых случаях?

## § 8.4. 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 ее 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 растрачивает 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 км$^3$. Однако из этого количества пресных вод, потенциально пригодных

**Рис. 8.5**
*Вода как фактор здоровья*

к использованию, почти 69% заключено в ледниковых покровах и в горных ледниках, а более 30% — в водоносных слоях глубоко под землей. 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, на работоспособность и заболеваемость человека (рис. 8.5).

## 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. Вода 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°С, 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 XX в. расход воды в городах Европы 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 XX в. считалось 100 л воды на человека в сутки, но если расход воды не контролировался водомерами, он мог возрасти и до 200 л.

*Таблица 8.4*

**Показатели удельного водопользования**

| Вид водопользования | Удельное водопользование, л/(сут·чел) | | |
|---|---|---|---|
| | 1985 г. | 1990 г. | 1992 г. |
| Хозяйственно-питьевые нужды населения | 196 | 230 | 253 |
| Коммунально-бытовые нужды | 96 | 105 | 101 |
| Нужды промышленности, транспорта, строительства | 146 | 123 | 104 |
| Общее | 438 | 458 | 458 |

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 (табл. 8.4).

## ЗАБОЛЕВАНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С ИЗМЕНЕНИЕМ СОЛЕВОГО И МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ВОДЫ

Наиболее изучено влияние на организм человека общей минерализации воды. У населения, постоянно пользующегося минерализованной водой (сухой остаток — 1,5...3 г/л), 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 крови, 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 и 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. Заболевания, возникающие в этих районах, получили название *геохимических эндемий*, или *эндемических заболеваний*.

На земном шаре отмечены зоны, где мочекаменная болезнь носит характер эндемии — это 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 буроватой 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 выявлено в воде источников 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, вибрионы, микобактерии, энтеровирусы и аденовирусы, а также цисты лямблий, яйца аскариды и власоглава, личинки анкилостомы, возбудители шистосомоза и др.

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. (табл. 8.5).

Данные различных исследований о сроках выживания патогенных бактерий в водной среде довольно противоречивы. Из приведенных

*Таблица 8.5*

**Сроки выживания (в днях) микроорганизмов в воде**

| Микроорганизм | Вода | | | |
|---|---|---|---|---|
| | стерилизованная | водопроводная | колодезная | речная |
| 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 |

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 см$^3$ сточных вод.

Источником заражения поверхностных водоемов могут явиться неочищенные канализационные сточные воды. Подземные источники инфицируются атмосферными и ливневыми водами, содержимым 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 высокого уровня в течение некоторого времени, ограничение эпидемической вспышки кругом лиц, пользующихся общим источником водоснабжения, и отсутствие заболеваний среди жителей того же 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 отно-

сится 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 и в том, что в первом случае можно обойтись и без них, например получать энергию за счет других видов природных ресурсов (атомная, солнечная энергия), воду же, расходуемую для питьевых, хозяйственно-бытовых нужд, никаким другим минеральным ресурсом заменить нельзя.

В результате водопотребления образуются сточные воды (рис. 8.6). *Сточная вода* — это вода, где загрязнение изменяет первоначальный химический состав воды или ее физические свойства. К сточным относят, кроме бытовых и производственных, также загрязненные атмосферные осадки и воду от поливки улиц. Сточные воды делятся на бытовые, производственные и ливневые. Они отличаются друг от друга 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: $S = 1000a/q$, 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.

**Рис. 8.6**
*Источники загрязнения водоемов*

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 pH 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, биологическое потребление кислорода (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.

Набор веществ (табл. 8.6), 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.

*Таблица 8.6*

**Приоритетные загрязнители по отраслям промышленности**

| Отрасль | Преобладающий вид загрязнений |
|---|---|
| Целлюлозно-бумажная, деревообрабатывающая, лесная | Серная кислота, лигнин, смолистые и жирные вещества, другие органические вещества |
| Нефтеперерабатывающая | Нефтепродукты, ПАВ, фенол, аммонийные соли, серная кислота |
| Машиностроительная, металлообрабатывающая | Соединения металлов, взвешенные вещества, фтор, роданиды, цианиды, аммонийные соли, флотореагенты |
| Химическая, нефтехимическая | Фенол, нефтепродукты, ПАВ, полициклические, ароматические соединения, углеводороды, неорганические соединения |
| Горнодобывающая, угольная | Флотореагенты, неорганические соединения, фенол, взвешенные вещества |
| Легкая, текстильная, пищевая | ПАВ, нефтепродукты, органические красители, другие органические вещества |

*Таблица 8.7*

**Концентрация загрязняющих веществ в поверхностных водах с некоторых характерных территорий, мг/л**

| Характерные территории | Концентрация взвешенных веществ в водах | | | Концентрация эфирорастворимых веществ в водах | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 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 |

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 (табл. 8.7). 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 $H_2O$.

Примеси в природных и сточных водах могут быть во взвешенном, коллоидном или растворенном состояниях, причем количество отдельных примесей в воде определяет ее свойства. Примеси во взвешенном состоянии представляют собой нерастворимые в воде суспензии и эмульсии.

Примеси в коллоидном состоянии представляют собой гидрофобные и гидрофильные органические и минеральные коллоидные частицы. Эти 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. К ним относятся количество примесей, цветность, запах и вкус воды.

*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 распространены 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, также он попадает в водоемы с подземными водами. Концентрация диоксида углерода в воде зависит от солесодержания, 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 элементы, содержание которых в воде составляет менее 1 мг/л. Микроэлементы в природных водах могут находиться в виде ионов, молекул, коллоидных частиц, взвеси, входить 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/л. В зависимости от применяемого окислителя различают перманганатную и бихроматную 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). Полной БПК считается количество кислорода, требуемое для окисления органических веществ до начала процессов нитрификации ($БПК_{полн}$). В лабораторных исследованиях наряду с полной БПК определяется биохимическая потребность в кислороде в течение 5 суток — $БПК_5$. Для бытовых сточных вод (без существенной примеси производственных) иногда считается, что за полную биохимическую потребность в кислороде можно принять $БПК_{20}$. 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, 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. К гидробионтам относится планктон — обитатели, пребывающие 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 оного по течению реки или протока, то сии заведения уничтожаются за счет виновного, и он подвергается аресту на время от 7 дней до 3-х месяцев или денежному взысканию свыше 300 руб».

Основными законодательными актами по охране водных ресурсов являются: закон «Об охране окружающей среды», Основы водного законодательства РФ, 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 — предельно допустимый сброс), 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.

*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.

Допустимая степень снижения качества поверхностных вод определяется требованиями к составу и свойствам воды и предельно допустимыми концентрациями (ПДК) веществ в воде водных объектов в соответствии с видом водопользования. Водные объекты следует считать загрязненными, если в расчетном пункте (створе) не соблюдаются установленные для данного вида водопользования требования к составу и свойствам воды и нормативы ПДК, приведенные в «Санитарных правилах и нормах охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами».

При несоответствии воды ГОСТ 2874-82 «Вода питьевая» 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 источника. 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 применяется газообразный хлор или его различные соединения, содержащие так называемый активный хлор, также применяется 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. 8.7 показана схема изменения 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

**Рис. 8.7**

*Изменение качества водной среды в ходе антропогенного воздействия:*

*1* — нерациональное использование среды; *2* — рациональное использование; *3* — искусственное восстановление качества среды (искусственная очистка); *4* — деградация среды; *5* — естественное восстановление качества среды (самоочищение, саморегуляция и др.).

первоначального состояния. При нерациональном использовании загрязнение достигает такой степени, что сама среда не в состоянии с ним справиться и, следовательно, будет деградировать. Предотвратить это возможно путем искусственного восстановления качества среды.

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 среднемноголетнего 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 $I_к$, определяемый по формуле

$$I_к = \sum_{i=1}^{n} \frac{П_i - П_{0i}}{П_{0i}},$$

где $П_i$ — показатель качества исследуемой среды; $П_{0i}$ — 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) $I_к > 0$; происходит самоочищение среды; искусственная очистка, если она применяется, происходит с высокой эффективностью;

2) $I_к < 0$; среда не справляется с происходящим загрязнением; искусственная очистка неэффективна или малоэффективна; качество среды ниже естественного уровня;

3) $I_к = 0$; 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, обусловливающие мутность воды, микроорганизмы и планктон;

II — коллоидно-растворенные вещества с размером частиц $10^{-2}...10^{-1}$ мкм, коллоиды и высокомолекулярные соединения, обусловливающие окисляемость и цветность воды, вирусы;

III — молекулярно-растворенные вещества с размером частиц $10^{-3}...10^{-2}$ мкм, газы, растворимые в воде, органические вещества, придающие ей запахи и привкусы;

IV — вещества, диссоциирующие на ионы (электролиты), с размером частиц менее $10^{-3}$ мкм, соли, кислоты, основания, придающие воде жесткость, щелочность и минерализованность.

На рис. 8.8 (с. 316–317) 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 (коагуляцию, флокуляцию, электрокоагуляцию).

Биологическая очистка дает возможность удалять 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.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Раскройте физиологическое и гигиеническое значение воды.
2. Каковы последствия употребления воды с различной концентрацией солей и микроэлементов?
3. Каковы сроки выживаемости патогенных микроорганизмов в воде?
4. Укажите источники загрязнения водоемов.
5. Какие физические показатели характеризуют качество воды?
6. Какими химическими показателями характеризуют воду?
7. Что характеризует концентрация водородных ионов в воде?
8. Что представляют собой биологические и бактериологические показатели качества воды?
9. Какие виды водоемов различают в зависимости от их назначения?
10. Какие признаки характеризуют качество воды?
11. Какими методами добиваются улучшения качества воды?
12. В чем заключается очистка воды?
13. Какие возможны качественные состояния среды? Охарактеризуйте их.
14. Укажите основные методы обезвреживания сточных вод.

**Рис. 8.8**
*Классификация основных методов обезвреживания сточных вод*

## § 8.5. 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.

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 пр., а также с поступлением в почву промышленных выбросов, сточных вод и отходов, содержащих химические вещества, относящиеся к разным классам опасности (табл. 8.8).

В искусственных геохимических провинциях отмечается повышение уровня заболеваемости, иногда врожденные уродства и аномалии развития, нарушения физического и психофизического развития детей.

*Таблица 8.8*

**Классы опасности химических веществ, попадающих в почву из выбросов, сбросов, отходов**

| Класс опасности | Характер опасности | Химическое вещество | Индекс опасности |
|---|---|---|---|
| I | Высокоопасны | Мышьяк, кадмий, ртуть, свинец селен, цинк, фтор, бенз(а)пирен | $\geqslant 4{,}1$ |
| II | Опасны | Бор, кобальт, никель, молибден, медь, сурьма, хром | 2,6…4 |
| III | Малоопасны | Барий, ванадий, вольфрам, марганец, стронций, ацетофенон | 0,1…2,5 |
| IV | Неопасны | Отходы дерево- и металлообработки | < 0,1 |

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.

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. 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 бластомогенной 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 некоторых патогенных микроорганизмов в почве приведена в таблице 8.9.

*Таблица 8.9*

**Выживаемость в почве некоторых патогенных микроорганизмов**

| Возбудитель инфекции | Выживаемость, дни |
|---|---|
| Холерный вибрион | 7–15 |
| Палочка брюшного тифа | 30–150 |
| Дифтерийная палочка | 40–57 |

Длительно сохраняются в почве не только патогенные бактерии, но и вирусы. Также в почве длительно (20–25 лет) сохраняются споры патогенных микроорганизмов: столбнячной палочки, возбудители газовой гангрены, ботулизма и сибирской язвы. Через загрязненную почву передаются возбу-

*Таблица 8.10*

**Степень загрязнения и опасности почвы и показатели ее санитарного состояния**

| Показатель санитарного состояния почвы | Степень опасности почвы / Степень загрязнения почвы | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Безопасная / Чистая | Относительно безопасная / Слабо загрязненная | Опасная / Загрязненная | Чрезвычайно опасная / Сильно загрязненная |
| Коли-титр[1] | 1,0 | 1,0…0,01 | 0,01…0,001 | 0,001 |
| Титр анаэробов[2] | 1,0 | 0,1…0,001 | 0,001…0,0001 | 0,0001 |
| Число яиц гельминтов в 1 кг | 0 | 1…10 | 10…100 | 100 |
| Число личинок и куколок мух в 0,25 м$^3$ | 0 | 1…10 | 10…100 | 100 |
| Санитарное число Хлебникова[3] | 0,98…1,0 | 0,75…0,97 | 0,50…0,74 | 0,50 |
| Содержание газов в воздухе почвы на глубине 1 м (об.% при 0°С и давлении 760 мм рт.ст.) | | | | |
| $CO_2$ | 0,38…0,80 | 1,20…2,80 | 4,10…6,50 | 14,50…18,0 |
| $O_2$ | 19,80… 20,30 | 17,70… 19,90 | 14,20… 16,50 | 1,70… 5,50 |
| $CH_4$ | – | – | – | 0,8…2,70 |
| $H_2$ | – | – | – | 0,3…3,4 |
| Кратность превышения ПДК экзогенных химических веществ[4] | 1 | 1…10 | 10…100 | 100 |
| Титр термофилов[5] | 0,01…0,001 | 0,001… 0,0002 | 0,0002… 0,00001 | 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.

дители острых инфекционных желудочно-кишечных заболеваний, лептоспирозов, бруцеллеза, туляремии, сибирской язвы, туберкулеза, гельминтозов, инфекционного гепатита, энтеровирусных, а также некоторых аденовирусных заболеваний.

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, о 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 8.10.

В последнее время оценка эпидемической опасности почв населенных пунктов проводится по количеству в 1 г почвы бактериальных клеток (кишечных палочек, энтерококков, патогенных энтеробактерий, энтеровирусов) 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 — это 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 по-

нижения 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 биоорганоминерального 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 разложение жиров осуществляется примерно по той же схеме, что и углеводородов.

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 гидролизуется и также образует аммоний. Образующийся аммоний в дальнейшем подвергается биохимическому окислению при помощи аэробных бактерий. Этот процесс, получивший название *нитрификация*, осуществляется в две фазы: в первой фазе аммонийные соли превращаются в азотистые соединения (нитриты) при участии бактерий из рода *B. Nitrosomonas*, во второй — в азотные соединения (нитраты) под влиянием бактерий из рода *B. 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, то есть *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

**Рис. 8.9**
*Процесс гумификации*

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 отбросов, осадка сточных вод и активного ила в искусственных сооружениях осуществляется главным образом за счет процессов гумификации при участии термофильных микроорганизмов. Схематично процесс гумификации представлен на рисунке 8.9.

Все названные выше почвенные процессы имеют большое санитарно-гигиеническое значение. Они лежат в основе широко используемых методов почвенного обезвреживания нечистот и отбросов, в частности биотермического.

Биотермическое обезвреживание органических загрязнений обеспечивает разрушение сложного органического вещества отходов и продуктов обмена (мочевины, мочевой кислоты 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 несколько десятков ПДК вредных веществ в почве.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какова роль почвы как фактора среды обитания?
2. Как влияет на здоровье населения поступление в почву фтора, ртути, свинца?
3. Приведите примеры передачи человеку из инфицированной почвы различных заболеваний.
4. Объясните механизм самоочищения почвы.
5. Как происходит расщепление попавших в почву углеводов, жиров и белков.
6. Что представляет собой денитрификация почвы?
7. Как можно представить схематично процесс гумификации почвы?
8. Какие мероприятия предполагает санитарная охрана почвы?

## § 8.6. 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), 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. Детально об экологическом значении многих из перечисленных загрязнителей и их реальной и потенциальной опасности речь шла в различных разделах настоящей книги. 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 добавлением 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, 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, мочевина, синтетические аминокислоты.

Поскольку БВК производится на *n*-парафинах нефти, то в организм могут попадать неутилизированные углеводороды, в частности бензапирен, 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 попадали 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 развития устойчивых к антибиотикам штаммов микроорганизмов. В последнем случае попытки лечения человека такими антибиотиками окажутся безуспешными. Эта проблема относительно новая, последствия внедрения химизации в животноводство, особенно отдаленные эффекты, пока 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 приятого вкуса, запаха или цвета, увеличения сроков хранения и т. д. В таблице 8.11 приведены примеры применяемых пищевых добавок.

В нашей стране в отношении пищевых добавок действует экологически оправданный принцип — «запрещено все, что не разрешено». Так, среди синтетических красителей применяются лишь два —

*Таблица 8.11*

**Примеры наиболее часто применяемых пищевых добавок**

| Целевое назначение | Пищевая добавка | Примеры пищевых продуктов | ПДК, мг/кг или мг/л |
|---|---|---|---|
| *Красители* | Каротин | Сливочное масло | 6,0 |
| | Карамель | Кондитерские изделия | |
| | Куркума | То же | |
| | Шафран | Хлебобулочные изделия | 6,0 |
| | | Кондитерские изделия | 50,0 |
| | Индигокармин | То же | 50,0 |
| | Тартразин | Клеймение сыров, мяса | |
| | Метилвиолет | То же | |
| *Отбеливающие средства* | Нитрит натрия | Консервы мясные, колбасы и т. п. | 30,0…50,0 |
| | Сернистый ангидрид | Картофель, соки | 6,0…20,0 |
| *Загустители* | Желатин | Консервы мясные, колбасы и т. п. | – |
| | Крахмалы модифицированные | Хлеб пшеничный | 5000,0 |
| | Пектин | То же | |
| | Альгинат натрия | Кондитерские изделия, мороженое | 3000,0 |
| *Эмульгаторы* | Лецитин | Кондитерские изделия | 5000,0 |
| *Стабилизаторы* | Моно- и диглицериды жирных кислот | Маргарин | 2000,0 |
| | Сорбитан жирных кислот | Хлеб | 5000,0 |
| *Ароматизаторы* | Ароматические пищевые эссенции | Кондитерские изделия | 0,3…0,8 мл/кг |
| | Ванилин | То же | 500,0 |
| | Глутамат натрия | Пищевые концентраты | 5000,0 |
| | Коптильная жидкость | Колбасные, рыбные изделия | 7,0 мл/кг |
| *Искусственные сладкие вещества* | Сахарин, ксилит, сорбит | Диабетические кондитерские изделия | – |

*Продолжение табл. 8.11*

| Целевое назначение | Пищевая добавка | Примеры пищевых продуктов | ПДК, мг/кг или мг/л |
|---|---|---|---|
| *Консерванты* | Нитрат натрия | Сыры | 300,0 |
| | | Консервы мясные, колбасы и т. п. | 50,0 |
| | Бензойная кислота | Кондитерские изделия | 1000,0 |
| | | Икра рыбная | 2000,0 |
| | Уротропин | Икра лососевая | 1000,0 |
| | Сорбиновая кислота | Соки, напитки, вина | |
| *Антиоксиданты* | Ионол | Жиры животные | 200,0 |
| *Синергисты антиоксидантов* | Аскорбиновая кислота | То же | |
| | Лимонная кислота | То же | |
| *Ферментные препараты* | 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% |

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 Е102, Е110, Е120, Е124, Е127 классифицированы как «опасные» (Е123 — «очень опасный»), к «запрещенным» отнесены Е103, Е105, Е111, Е121, Е125, Е126, Е130, Е152; канцерогенными считаются Е130, Е142, Е210, Е211, Е212, Е213, Е214, Е215, Е216, Е217, Е240, Е330; вызывающими расстройство кишечника — Е221, Е222, Е223, Е224,

Е226; вызывающими расстройство желудка — Е338, Е339, Е340, Е341, Е407, Е450, Е461, Е462, Е463, Е465, Е466; нарушения кровяного давления вызывают препараты Е250, Е251; кожные заболевания возникают при применении Е230, Е231, Е232, Е233, а «подозрительными» считаются Е104, Е122, Е141, Е150, Е171, Е173, Е180, Е241, Е467.

В последнее время на лекарственном рынке ради выгоды появляется заметное количество фальсифицированных, поддельных медикаментов под марками известных фирм, которые являются бесполезными из-за отсутствия лечащего активного вещества, замененного мелом или чем-нибудь другим (но драгоценное время для лечения теряется!) либо опасными из-за просроченного срока годности лекарства, скрытого новой упаковкой, или изготовленных кустарным способом с нарушением всех технологических и других регламентов. Поэтому приходится говорить о новом виде опасности — лекарственной и соответственно о лекарственной безопасности.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие загрязнители химического происхождения в пищевых продуктах представляют опасность для здоровья человека?
2. Как отражается на здоровье человека внедрение химизации в животноводство с последующим потреблением животных продуктов?
3. Какими опасными свойствами обладает ряд пищевых добавок?
4. Приведите классификацию вредных для здоровья пищевых добавок, применяемых для окрашивания и консервирования пищевых продуктов.

## § 8.7. СТРАТЕГИЯ ЭКОРАЗВИТИЯ

Краткие сведения, изложенные в этой главе, 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 настоятельно необходимой. Необходима разработка всеобъемлющей сверхдолговременной стратегии природопользования, направленной на оздоровление человека и условий его жизни — локальных, национальных, региональных и глобальных — с учетом физикогеографических и социоэкономогеографических особенностей в этих пространственных границах. Наметим лишь некоторые стратегические направления экоразвития.

1. *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.

2. *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.

3. *Сельское хозяйство.* Перейти к экологическому (биологическому, биономическому, органическому) земледелию.

В последнее время безопасность связывают с «зеленой» экономикой.

По определению, данному в докладах ЮНЕП (Программа ООН по окружающей среде), зеленая экономика определяется как экономика, которая повышает благосостояние людей, обеспечивает социальную справедливость и при этом существенно снижает риски для окружающей среды и ее деградации. Важными чертами такой экономики являются: эффективное использование природных ресурсов; сохранение и увеличение природного капитала; уменьшение загрязнения; низкие углеродные выбросы; предотвращение утраты экосистемных услуг и биоразнообразия; рост доходов и занятости. Зеленая экономика рассматривается в контексте борьбы с глобальным изменением климата и перспективного направления выхода из финансово-экономического кризиса. Приоритетной чертой ее роста является радикальное повышение энергоэффективности. В связи с этим широкое распространение получил термин «низкоуглеродная» экономика. Концепция зеленой экономики не заменяет собой концепцию устойчивого разви-

тия. Однако сейчас все более широко признается тот факт, что достижение устойчивости во многом зависит от «позеленения» экономики.

Предлагается мобилизовать и перестроить глобальную экономику в направлении увеличения инвестиций в чистые технологии и природную инфраструктуру, стимулировать экологизацию экономики, избежать катастрофических последствий глобального изменения климата. Реализация нового зеленого курса предполагает минимизацию использования невозобновимых полезных ископаемых для производства электроэнергии за счет инвестиций в возобновляемые энергоносители, а также обязательность энергосбережения. Все эти мероприятия позволят снизить спрос и затраты на энергию, а также ее стоимость. По оценкам ЮНЕП, достаточно 2% мирового ВВП в озеленение 10 секторов экономики для изменения характера мирового развития, запуска механизмов снижения выбросов парниковых газов и эффективного использования ресурсов.

«Зеленая» экономика заменяет ископаемое топливо «чистой» энергией и технологиями с низким уровнем выбросов углерода, уменьшая воздействие на климат и одновременно создавая достойные рабочие места и снижая зависимость от импорта. Новые технологии, способствующие повышению энерго- и ресурсоэффективности, открывают возможности для роста в новых направлениях, компенсируя потерю рабочих мест в «коричневой» экономике. Повышение ресурсоэффективности — эффективности использования как электроэнергии, так и сырья — проявляется повсеместно, и в том числе в совершенствовании системы утилизации отходов, усилении роли общественного транспорта, «зеленом» строительстве и сокращении количества пищевых отходов по всей цепочке производства и потребления продуктов питания.

За прошедшие десятилетия человечество создавало новые богатства на основе неэкологичной модели «коричневой» экономики. Устойчивость остается важнейшей целью, но для ее достижения необходимо сделать мировую экономику зеленой. В настоящее время наблюдается все больше признаков появления новой экономической модели в мире и отдельных странах, при которой за рост благосостояния не надо платить повышением экологических рисков, ростом дефицита природных ресурсов и загрязнением окружающей среды.

Переход к «зеленой» экономике способен обеспечить устойчивое развитие и искоренение бедности в невиданных доселе масштабах. Этот потенциал обусловлен, в сущности, изменением правил игры: и наш мир, и вызовы, с которыми мы в нем сталкиваемся, радикально изменились и требуют коренного пересмотра нашего подхода к экономике.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие субстанции влияют на качество жизни человека?
2. Что должна учитывать комплексная оценка экологических опасностей?
3. Как должны развиваться промышленные технологии с целью сбережения энергии и уменьшения отходов?
4. Что определяет порог энергетического насыщения на Земле?
5. Как можно охарактеризовать «экологическое» земледелие?
6. Что такое «зеленая» экономика?
7. За счет чего «зеленая» экономика способна снизить риски для окружающей среды, создать условия для устойчивого развития человеческой цивилизации?

РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ

# БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

*Если хочешь знать, что случится,*
*обрати внимание на то,*
*что уже случилось.*

Н. Макиавелли

ГЛАВА 9

# ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ И ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

*И когда чернобыльского пожарника радиация, в косточки въевшись, пошатывала, не начальство, а совесть его в направлении главном держала — внутрь пожара.*

Е. Евтушенко

## § 9.1. КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ

Данный раздел является органической составной частью курса БЖД. Объективная необходимость такого раздела обусловлена концепцией остаточного риска. Напомним еще раз, что суть этой концепции заключается в невозможности достижения абсолютной безопасности. Верхний уровень безопасности определяется приемлемым риском $R_{пр}$. Идеальным следует считать состояние, при котором остаточный риск $R_{ост}$ равен приемлемому: $R_{ост} = R_{пр}$, однако в реальных условиях остаточный риск, как правило, существенно выше приемлемого, то есть $R_{ост} \gg R_{пр}$.

Такое положение обусловлено отклонениями от нормативных требований, которые наблюдаются в различных сферах деятельности (бытовой, промышленной, производственной и др.). Эти отклонения без всяких усилий обнаруживаются при сравнении требований безопасности к тем или иным объектам, изложенным в законах и нормативных правовых актах, с реальным положением.

Еще раз необходимо подчеркнуть, что основным направлением теоретической и практической деятельности по обеспечению безопасности является идентификация потенциальных опасностей и проведение профилактических мероприятий.

Учебная информация данного раздела раскрывает действия, которые непосредственно связаны с чрезвычайными ситуациями (ЧС) и выполняются до, во время и после ликвидации ЧС. Иными словами, в разделе «ЧС» изучаются специальные вопросы безопасности, относящиеся непосредственно к действиям в ЧС. В этом разделе рассматриваются те же самые три задачи БЖД: идентификация, превентивные мероприятия и ликвидация последствий остаточного риска. Однако здесь все эти задачи ориентированы на ЧС.

Так, например, в процессе идентификации учитываются только те потенциальные опасности, которые могут стать источником ЧС. В то же время следует подчеркнуть, что раздел «ЧС» органически связан с общей структурой и содержанием курса безопасности жизнедеятельности.

В методическом плане представляется совершенно неоправданным встречающееся иногда повторное изложение в разделе «ЧС» таких опасностей (землетрясения, наводнения, ионизирующие излучения и т. д.), которые уже рассмотрены в предыдущих разделах. Образно говоря, в условиях ЧС «некогда теоретизировать» — нужно действовать!

## § 9.2. ПОНЯТИЕ О ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

В теории безопасности жизнедеятельности основным понятием является потенциальная опасность. Реализуясь, опасности вызывают определенные последствия, которые называют экстремальными ситуациями.

*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. Экстремальные ситуации обусловливают, например, высокие и низкие температуры, физическая нагрузка, поражающие токсичные дозы аварийно химически опасных веществ (АХОВ), высокие дозы облучения и пр.

Среди экстремальных ситуаций выделяют особый класс событий, получивший название «чрезвычайные ситуации». В словаре русского языка С. И. Ожегова слово «чрезвычайный» трактуется как «исключительный, очень большой, превосходящий все». В законе «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (№ 68-ФЗ от 21.12.94) приводятся следующие определения.

*Чрезвычайная ситуация* — это обстановка на определенной территории или акватории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

*Предупреждение чрезвычайных ситуаций* — это комплекс мероприятий, проводимых заблаговременно и направленных на максимально

возможное уменьшение риска возникновения чрезвычайных ситуаций, а также на сохранение здоровья людей, снижение размеров ущерба окружающей природной среде и материальных потерь в случае их возникновения.

*Ликвидация чрезвычайных ситуаций* — это аварийно-спасательные и другие неотложные работы, проводимые при возникновении чрезвычайных ситуаций и направленные на спасение жизни и сохранение здоровья людей, снижение размеров ущерба окружающей природной среде и материальных потерь, а также на локализацию зон чрезвычайных ситуаций, прекращение действия характерных для них опасных факторов.

*Зона чрезвычайной ситуации* — это территория, на которой сложилась чрезвычайная ситуация.

В ГОСТ Р 22.0.02-94 (с изм. № 1, 2000) «БЧС. Термины и определения основных понятий» приведены как только что данные определения, так и другие термины, отражающие систему понятий области знаний «безопасность в чрезвычайных ситуациях». Из большого комплекса определений приведем лишь некоторые из них.

*Источник чрезвычайной ситуации* — это опасное природное явление, авария или опасное техногенное происшествие, широко распространенная инфекционная болезнь людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также применение современных средств поражения, в результате чего произошла или может возникнуть чрезвычайная ситуация.

*Безопасность в чрезвычайных ситуациях* — это состояние защищенности населения, объектов народного хозяйства и окружающей природной среды от опасностей в чрезвычайных ситуациях.

Различают безопасность по видам (промышленная, радиационная, химическая, сейсмическая, пожарная, биологическая, экологическая), по объектам (население, объект народного хозяйства, окружающая природная среда) и по основным источникам чрезвычайной ситуации.

В данном учебнике проблемы промышленной и пожарной безопасности обстоятельно рассматриваются в гл. 17 и 18.

*Опасность в чрезвычайной ситуации* — это состояние, при котором создалась или вероятна угроза поражающих факторов и воздействий источника чрезвычайной ситуации на население, объекты народного хозяйства и окружающую природную среду в зоне чрезвычайной ситуации.

*Поражающий фактор источника чрезвычайной ситуации* — это составляющая опасного явления или процесса, вызванная источни-

ком чрезвычайной ситуации и характеризуемая физическими, химическими и биологическими действиями или проявлениями, которые определяются или выражаются соответствующими параметрами.

Отметим, что в определениях понятий ЧС и зоны ЧС добавилось после внесенного изменения в стандарт уточнение: «Территория или акватория».

Следует обратить внимание, что, согласно определению, ЧС — это **обстановка**, возникшая в результате реализации той или иной опасности, а не сама опасность.

Приведем дополнительные определения, относящиеся к рассматриваемому вопросу.

Согласно определению ВОЗ, *катастрофа* — это явление, представляющее неожиданную серьезную и непредвиденную опасность для здоровья общества. С понятием «катастрофа» нередко отождествляются аварии, взрывы и другие опасности.

В ГОСТ Р 22.0.05-94 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные чрезвычайные ситуации, термины и определения» приводится следующее определение, уточняющее понятия «авария» и «катастрофа».

*Авария* — опасное техногенное происшествие, создающее на объекте определенной территории или акватории угрозу жизни и здоровью людей и приводящее к разрушению зданий, сооружений, оборудования и транспортных средств, нарушению производственного или транспортного процесса, а также к нанесению ущерба окружающей природной среде.

Крупная авария, как правило, с человеческими жертвами, является *катастрофой*.

Необходимо отметить, что некоторые определения (например, аварии) отличаются от соответствующих определений, приведенных в законе «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

Это не противоречит общепринятой практике введения собственных определений в различных областях знаний.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое экстремальная ситуация?
2. Дайте определение чрезвычайной ситуации.
3. Что входит в понятие «предупреждение ЧС»?
4. Раскройте содержание понятия «ликвидация ЧС».
5. Как определяется источник чрезвычайной ситуации?
6. Что такое поражающий фактор источника ЧС?
7. В чем различие аварии и катастрофы?

## § 9.3. КЛАССИФИКАЦИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Чрезвычайные ситуации классифицируются по различным признакам. В соответствии с Постановлением Правительства РФ № 304 от 21.05.2007 г. «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» **по масштабам распространения и тяжести последствий** ЧС природного и техногенного характера подразделяются на ЧС локального характера, ЧС муниципального характера, ЧС межмуниципального характера, ЧС регионального характера, ЧС межрегионального характера, ЧС федерального характера.

К *ЧС локального характера* относятся ЧС, в результате которых территория, на которой сложилась чрезвычайная ситуация и нарушены условия жизнедеятельности людей (далее — зона чрезвычайной ситуации), не выходит за пределы территории объекта, при этом количество людей, погибших или получивших ущерб здоровью (далее — количество пострадавших), составляет не более 10 человек либо размер ущерба окружающей природной среде и материальных потерь (далее — размер материального ущерба) составляет не более 100 тыс. рублей.

К *ЧС муниципального характера* относятся ЧС, в результате которых зона ЧС не выходит за пределы территории одного поселения или внутригородской территории города федерального значения, при этом количество пострадавших составляет не более 50 человек либо размер материального ущерба составляет не более 5 млн рублей, а также данная ЧС не может быть отнесена к ЧС локального характера.

К *ЧС межмуниципального характера* относятся ЧС, в результате которых зона ЧС затрагивает территорию двух и более поселений, внутригородских территорий города федерального значения или межселенную территорию, при этом количество пострадавших составляет не более 50 человек либо размер материального ущерба составляет не более 5 млн рублей.

К *ЧС регионального характера* относятся ЧС, в результате которых зона ЧС не выходит за пределы территории одного субъекта РФ, при этом количество пострадавших составляет свыше 50 человек, но не более 500 человек либо размер материального ущерба составляет свыше 5 млн рублей, но не более 500 млн рублей.

К *ЧС федерального характера* относятся ЧС, в результате которых количество пострадавших составляет свыше 500 человек либо размер материального ущерба составляет свыше 500 млн рублей.

**По природе возникновения (генезису)** ЧС можно разделить на техногенные, природные, экологические, биологические, антропогенные, социальные и комбинированные.

К *техногенным* относятся ЧС, происхождение которых связано с техническими объектами: взрывы, пожары, аварии, выбросы радиоактивных веществ, обрушение зданий, транспортные катастрофы и др.

К *природным* относятся ЧС, связанные с проявлением стихийных сил природы: землетрясения, ураганы, наводнения, сели 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, порождаемые обществом и происходящие в обществе: межнациональные конфликты, терроризм, войны, голод и др.

*Антропогенные* ЧС являются следствием ошибочных действий людей, могут быть связаны с насилием, экстремизмом, терактами и др.

Чрезвычайные ситуации принято также обобщенно делить на техногенные, природные, биолого-социальные.

В докладе министра по чрезвычайным ситуациям в Госдуме 30 октября 2005 г. было отмечено, что 75% всех ЧС носят техногенный характер, 20% — природный, 4% — биолого-социальный и менее 1% становятся следствием терактов. Совокупный ущерб от ЧС составляет 500 млрд руб. в год.

**По причине возникновения** ЧС делятся на *случайные* (непреднамеренные) и *преднамеренные*. К последней группе относятся террористические акты, экстремистские действия, другие умышленные действия. Большинство ЧС носят случайный характер. Однако это не значит, что возникновение и развитие ЧС не подчиняется никаким закономерностям.

**По режиму времени** ЧС делятся на чрезвычайные ситуации *мирного* и *военного времени*.

Для ЧС военного времени в нормативной и методической литературе используется выражение «ЧС от опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий».

**По скорости развития** ЧС делятся на: *внезапные* (землетрясения, взрывы, транспортные аварии); *стремительные* (связанные с пожарами, выбросами СДЯВ, АХОВ); *умеренные* (паводки, наводнения, извержения вулканов и др.).

Катастрофы, согласно теории, определяются как скачкообразные изменения в системе, возникающие в виде ее внезапного ответа на плавные изменения внешних условий.

Следовательно, внезапность катастроф является лишь формой проявления опасности. В реальном масштабе времени катастрофы «созревают» постепенно, переходя в чрезвычайные ситуации. В интересах профилактики целесообразно выделить пять стадий развития аварий и чрезвычайных ситуаций:

1) стадия зарождения — постепенное накопление отрицательных эффектов, приводящих к аварии;

2) стадия инициирования — начало развития ЧС;

3) стадия кульминации — «пик» катастрофы, когда выделяется основное количество энергии или вещества;

4) стадия затухания;

5) стадия ликвидации последствий.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как дифференцируют ЧС по масштабам распространения и тяжести последствий?
2. Как классифицируют ЧС по природе возникновения?
3. Приведите примеры природных, техногенных, экологических, биологических, социальных и антропогенных ЧС.
4. Какими качественными критериями характеризуются ЧС?
5. Какие стадии развития ЧС выделяют при анализе? Приведите примеры.

## § 9.4. НОРМАТИВНО-ПРАВОВАЯ БАЗА В ОБЛАСТИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

В нашей стране и за рубежом создана большая законодательная и нормативно-правовая база в области ЧС.

На международном уровне принято более 100 многосторонних соглашений в области защиты населения от стихийных бедствий и катастроф. Основными из них являются:

«Всеобщая декларация прав человека», принятая 10 декабря 1948 г. в Нью-Йорке на Ассамблее ООН;

«Повестка дня XXI века», принятая в 1992 г. в Рио-де-Жанейро;

«Стратегия Иокогамы и план действий по обеспечению более безопасного мира», принятая 147 странами в 1994 г.

Конституция Российской Федерации, принятая в 1993 г., в статье 72 предусматривает осуществление мер по борьбе с катастрофами, стихийными бедствиями, эпидемиями и ликвидацию их последствий.

По проблемам ЧС действует ряд федеральных законов. Ниже представлены основные из них в хронологическом порядке. Следует отме-

тить, что в процессе реализации положений этих законов в их тексты вносился ряд изменений.

1. «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ.

2. «О пожарной безопасности» от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ.

3. «Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей» от 22 августа 1995 г. № 151-ФЗ.

4. «О радиационной безопасности населения» от 9 января 1996 г. № 3-ФЗ.

5. «Об обороне» от 31 мая 1996 г. № 61-ФЗ.

6. «О мобилизационной подготовке и мобилизации в РФ» от 6 февраля 1997 г. № 31-ФЗ.

7. «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21 июля 1997 г. № 46-ФЗ.

8. «О безопасности гидротехнических сооружений» от 21 июля 1997 г. № 117-ФЗ.

9. «О гражданской обороне» от 12 февраля 1998 г. № 28-ФЗ.

10. «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ.

11. «О чрезвычайном положении» от 30 мая 2001 г. № 3-ФЗ.

12. «Об общих принципах организации местного самоуправления в РФ» от 6 октября 2003 г. № 131-ФЗ.

В настоящее время действует целый ряд постановлений Правительства Российской Федерации в области ЧС, в частности:

1. «О порядке отнесения территорий к группам по гражданской обороне» от 3 октября 1998 г. № 1149.

2. «О создании (назначении) в организациях структурных подразделений (работников), уполномоченных на решение задач в области гражданской обороны» от 10 июля 1999 г. № 782.

3. «О мерах по противодействию терроризму» от 15 сентября 1999 г. № 1040.

4. «Об утверждении Положения об организации обучения населения в области гражданской обороны» от 2 ноября 2000 г. № 841.

5. «О порядке создания убежищ и иных объектов гражданской обороны» от 29 ноября 2000 г. № 1309.

6. «О подготовке населения в области защиты от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 4 сентября 2003 г. № 11.

7. «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» от 30 декабря 2003 г. № 74.

8. «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 21 мая 2007 г. № 304.

9. «Об утверждении Положения о государственном надзоре в области гражданской обороны» от 21 мая 2007 г. № 305.

10. «Об утверждении Положения о гражданской обороне в Российской Федерации» от 26 ноября 2007 г. № 804.

До принятия технических регламентов действуют ГОСТ 22-й группы, в частности, ГОСТ Р 22.3.03-94 «Безопасность в ЧС. Защита населения. Основные положения».

В стандартах регламентируются основные понятия, источники ЧС, классификация и номенклатура поражающих факторов, предупреждение ЧС, методика и прогнозирование ЧС, аварийно-спасательные работы и др.

Министерство по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации стихийных бедствий издало ряд приказов и нормативных актов, конкретизирующих практическую работу по гражданской защите населения и территорий в ЧС. Приведем некоторые из этих приказов.

1. «Об утверждении и введении в действие правил использования и содержания средств индивидуальной защиты, приборов радиационной, химической разведки и контроля» от 27 мая 2003 г. № 285.

2. « НПБ 105-03. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» от 18 июня 2003 г. № 314.

3. «Об утверждении типового паспорта безопасности опасного объекта» от 25 октября 2004 г. № 484.

4. «Об утверждении Порядка содержания и использования защитных сооружений гражданской обороны в мирное время» от 21 июня 2005 г. № 575.

5. «Об утверждении Порядка создания нештатных аварийно-спасательных формирований» от 23 декабря 2005 г. № 999.

6. «Об утверждении Примерного положения об уполномоченных на решение задач в области гражданской обороны в структурных подразделениях организаций» от 31 июня 2006 г. № 440.

Все вышеперечисленные документы создают основу для продуктивной и полноценной деятельности в области защиты населения от чрезвычайных ситуаций.

Россия признала международные нормативно-правовые акты и стала членом следующих международных организаций: МАГАТЭ (Международное агентство по атомной энергетике), ЮНДРО (отдел координатора ООН по оказанию помощи в случае стихийных бедствий), АФЕМ (Европейский учебный центр подготовки к стихийным бедствиям), ЕЦПП (Европейский центр предотвращения

бедствий и прогнозирования землетрясений), ВОЗ (Всемирная организация здравоохранения), ЮНЭП (Программа ООН по окружающей среде).

В 1986 г. ЮНЭП предложила программу АПЕЛЛ, которая включает обязательное информирование населения о потенциальных опасных производствах и сотрудничество общественности, администрации и производственников в деле предотвращения и ликвидации последствий ЧС.

Россия является также членом основанной в 1958 г. Международной организации гражданской обороны (МОГО), основная цель которой — совершенствование систем защиты и обеспечения безопасности населения и материальных ценностей при различных бедствиях.

Дата вступления в силу Устава МОГО — 1 марта 1990 г. ежегодно отмечается в странах-членах МОГО с целью пропаганды знаний о гражданской обороне и поднятия престижа национальных служб спасения.

В настоящее время в качестве синонима термина «гражданская оборона» применяется термин «гражданская защита». Рекомендован к использованию Амманской декларацией по гражданской защите, принятой на международном форуме МОГО в Аммане (Иордания) 3–5 апреля 1994 г. Под термином ГЗ понимается совокупность всей гуманитарной деятельности, связанной с защитой населения, окружающей среды и собственности как от опасностей, возникающих при ведении военных действий, так и в случае аварий и стихийных бедствий. Этот термин более точно отражает смысл деятельности в рассматриваемой области, ибо защита является практическим смыслом этой деятельности, а не конфликтным методом активного противодействия как оборона.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие основные соглашения приняты международным сообществом в области защиты населения от стихийных бедствий и катастроф? Каким глобальным проблемам они посвящены?
2. Какие основные законодательные акты по проблемам ЧС действуют в России?
3. Стандарты какой группы являются основой нормативной базы (совместно с постановлениями Правительства РФ) в области безопасности в ЧС?
4. Членами каких международных организаций в области ЧС является Россия?
5. Какие положения по предотвращению и ликвидации последствий ЧС включает в себя программа АПЕЛЛ?
6. Каковы цели и задачи МОГО?

ГЛАВА 10

# ПОРАЖАЮЩИЕ ФАКТОРЫ ЧС И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОТ НИХ

*Пришла страшней любой беды*
*На Ладогу беда.*
*Мне чистой ладожской воды*
*Не выпить никогда.*
*У времени на поводу,*
*Среди никчемных дел,*
*Я эту страшную беду*
*Позорно проглядел...*

М. Дудин

## § 10.1. ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ ПРИРОДНОГО ХАРАКТЕРА

Рассмотрим некоторые вопросы, связанные с источниками ЧС, прогностическими расчетами зоны поражения и действиями населения при ЧС.

### ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

**Расчет зоны ЧС при землетрясениях.** При землетрясениях образуются продольные, поперечные и поверхностные волны, распространяющиеся от гипоцентра. Продольные сейсмические волны имеют большую скорость (6...8 км/с) и ощущаются на поверхности земли в первую очередь. Поперечные волны совершают колебания, перпендикулярные продольным, и имеют скорость в 2...3 раза меньше. Продольные и поперечные волны определяют разрушающее воздействие на средних расстояниях от эпицентра землетрясения. Поверхностные волны определяют разрушающее действие землетрясения в дальней зоне от эпицентра.

Основными характеристиками землетрясений, определяющими размеры зоны ЧС, являются: энергия ($E$), магнитуда ($M$), интенсивность энергии на поверхности земли ($I$), глубина гипоцентра ($h$).

Энергия землетрясения равна $E = 10^{5,24 + 1,44M}$ Дж.

Магнитуда $M$ — мощность землетрясения, выраженная десятичным логарифмом максимальной амплитуды смещения почвы в микрометрах на расстоянии 100 км от эпицентра и измеряемая в баллах по шкале Ч. Рихтера (0–9 баллов).

Интенсивность (сила) $I$ землетрясения на поверхности земли (характеризует степень разрушения) зависит от глубины очага, магниту-

ды, состава грунта и измеряется по шкале MSK-64 (0–12 баллов). Интенсивность определяется по формулам:

$$\text{в эпицентре} — I_о = 1{,}5M - 3{,}5\lg h + 3,$$

$$\text{на расстоянии} — I_б = 1{,}5M - 3{,}5\lg\sqrt{R^2 + h^2} + 3,$$

где $h$ — глубина гипоцентра, км; $R$ — расстояние от эпицентра, км.

Сильные сотрясения почвы будут наблюдаться на больших расстояниях от эпицентра. Например, при магнитуде, равной 8–9 баллам, сотрясения будут на расстоянии до 100...160 км в течение 0,5...1,5 мин.

Проявления последствий землетрясения подразделяются на две фазы.

Первая фаза — время прихода продольных волн, когда ощущаются толчки и здания получают незначительные разрушения. Время $t_1$ (в секундах) прихода первой фазы определяется по соотношению

$$t_1 = \frac{\sqrt{R^2 + h^2}}{V_{пр}},$$

где $V_{пр}$ — скорость продольных волн, для осадочных пород $V_{пр}$ = 6,1 км/с; $R$ и $h$ — в километрах.

Вторая фаза — время прихода поверхностных сейсмических волн. Вторая фаза главная, она определяет степень разрушения объекта. Время $t_2$ ее прихода (в секундах) вычисляется по формуле

$$t_2 = \frac{h}{V_{пр}} + \frac{R}{V_{пов}},$$

где $V_{пов}$ — скорость поверхностных волн; для песчаных грунтов $V_{пов}$ = = 1,2 км/с, для глины — 1 км/с, для насыпного грунта — 0,35 км/с.

Интервал времени между I и II фазами составляет 30...60 с, что позволяет принять экстренные меры защиты.

Прогнозирование землетрясений может быть долгосрочным и краткосрочным. Оно осуществляется сетью сейсмических станций на территории РФ. Предвестниками землетрясений являются рост слабых толчков (форшоков), подъем воды в скважинах, деформация поверхности земли, повышение уровня радиации (за счет радона), необычное (беспокойное) поведение животных и птиц.

**Действия населения.** Мероприятия и защита от последствий землетрясений разделяются на предварительные меры и действия непосредственно во время землетрясения.

Предварительные меры защиты включают:

1) сейсмостойкое строительство;

2) подготовку служб спасения и ликвидации последствий;

3) нейтрализацию источников повышенной опасности;

4) обучение населения правилам поведения во время землетрясения;

5) наличие в каждом доме запасов продуктов, воды на 3...5 суток, аптечек первой медицинской помощи;

6) прикрепление в доме столов, шкафов и другого оборудования к полу (стенам).

С началом землетрясения люди, находящиеся в домах на первом и втором этажах, должны срочно покинуть помещение и выйти на открытое место (за 25...30 с). При невозможности покинуть здание за короткое время необходимо встать в дверной проем, в проемы капитальных внутренних стен. Во всех случаях желательно выключить свет, газ, воду. После прекращения подземных толчков покинуть помещение (лифтом пользоваться запрещено). Далее необходимо включиться в работу по спасению людей.

## НАВОДНЕНИЯ

**Расчет зоны ЧС при наводнениях.** Наводнения различных видов имеют следующие основные характеристики.

*Максимальный расход* $Q_{max}$ воды в реке при обильных осадках, м$^3$/с:

$$Q_{max} = \frac{IF}{3,6} + Q_o,$$

где $I$ — интенсивность осадков, мм/ч; $F$ — площадь выпадения осадков, км$^2$; $Q_o$ — расход воды в реке в обычных условиях, м$^3$/с.

*Максимальная скорость* $V_{max}$ потока, *высота* $h$ подъема реки при наводнении:

$$V_{max} = V_o \sqrt[3]{\frac{h_o + h}{h_o}}, \quad h = \left( \frac{2Q_{max}\sqrt[3]{h_o^5}}{b_o V_o} \right)^{3/8} - h_o,$$

где $h_o$ и $b_o$ — глубина и ширина реки, м; $V_o$ — скорость потока до паводка, м/с.

*Ширина* $L$ затапливаемой территории при наводнении, м:

$$L = h/\sin\alpha,$$

где $\alpha$ — угол наклона береговой черты, градусы.

*Глубина затопления* $h_з$, м:

$$h_з = h - h_м,$$

где $h_м$ — высота места объекта, м.

*Фактическая скорость* потока затопления $V_з$, м/с:

$$V_з = V_{max} f,$$

где $f$ — параметр, учитывающий смещение объекта от русла реки ($f = 0{,}3...1{,}3$).

Поражающее действие волны затопления определяется ее скоростью ($V_з$) и высотой ($h_з$). Например, кирпичные жилые дома получают слабые разрушения при $V_з = 1{,}5$ м/с и $h_з = 2{,}5$ м; средние — при 2,5 м/с, 4 м, сильные — при 3 м/с, 6 м.

**Действия населения при наводнении.** Самым эффективным способом защиты от наводнений является эвакуация. Перед эвакуацией для сохранности своего дома необходимо отключить в домах электроэнергию, газ, воду; потушить горящие печи отопления, перенести на верхние этажи (чердаки) ценные вещи, закрыть окна первых этажей досками и фанерой. Затем следует 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 включать газ и электричество.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие сейсмические волны возникают при землетрясениях и каковы их особенности?
2. Какие основные характеристики землетрясений определяют размер зоны ЧС?
3. Какие фазы выделяют при проявлении землетрясений?
4. Какие факторы можно отнести к предвестникам землетрясений?
5. Какие надо выполнять предварительные меры защиты от землетрясений и как следует вести себя во время землетрясений?
6. Какие природные явления могут вызвать наводнение?
7. Какие меры необходимо выполнить для защиты от наводнений?
8. Как надо действовать при внезапном наводнении и после спада воды?

## § 10.2. ТЕХНОГЕННЫЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

### ВЗРЫВЫ

Взрывы вызывают наиболее тяжелые и трудно предсказуемые ЧС. Любой взрыв — это быстрое высвобождение энергии. Взрывы делятся на химические и физические. При химических взрывах происходит реакция превращения вещества в продукты взрыва.

*Таблица 10.1*

**Теплота взрыва некоторых веществ**

| Взрывчатое вещество | Теплота взрыва, МДж/кг | Взрывчатое вещество | Теплота взрыва, МДж/кг |
|---|---|---|---|
| Тринитротолуол | 4,52 | Антрацитовая пыль | 32,4 |
| Гексоген | 5,36 | Пыль древесная сосновая | 15,4 |
| Нитроглицерин | 6,70 | Пыль древесная еловая | 10,5 |
| Пластит | 4,52 | Пыль торфяная | 16,8 |
| Гремучая ртуть | 1,79 | | |

В зависимости от скорости превращения различают детонацию (скорость превращения больше скорости звука) и дефлаграцию (скорость в пределах нескольких м/с).

К химическим относятся взрывы конденсированных веществ (тринитротолуола, гексагена, динамита), газовоздушных смесей и пылевоздушных смесей.

Для химического взрыва характерно: высвобождение теплоты (энергии); образование продуктов взрыва; высокая температура; образование ударной волны; наличие потока воздуха, движущегося за ударной волной.

Теплота взрыва некоторых веществ приведена в таблице 10.1. Температура взрыва зависит от теплоемкости продуктов взрыва и составляет 2000...2500 К.

Ударная волна имеет фазу сжатия и разрежения. Основным параметром ударной волны является избыточное давление. Для наземного взрыва тринитротолуола избыточное давление $\Delta P$, кПа, определяется по формуле М. А. Садовского:

$$\Delta P = 95\frac{\sqrt[3]{G}}{R} + 390\frac{\sqrt[3]{G^2}}{R^2} + 1300\frac{G}{R^3},$$

где $G$ — масса тротилового заряда, кг; $R$ — расстояние от центра взрыва, м.

Пользуясь этой формулой, можно определить зону чрезвычайной ситуации, то есть территорию, на которой возможны разрушения зданий и сооружений и поражение людей. По имеющимся данным, зона полных разрушений соответствует $\Delta P \geqslant 50$ кПа, сильных — $\Delta P = 20...30$ кПа, слабых — $\Delta P = 10...20$ кПа. Для людей считается безопасным $\Delta P < 10$ кПа.

**Взрыв газо-воздушной смеси (ГВС) в открытом пространстве.** Взрывчатые газо-воздушные смеси образуются при разгерметизации емкостей, содержащих сжатый и сжиженный газ, при разрыве продуктопроводов.

Взрыв ГВС возможен при определенных условиях:

1) облако смеси должно превышать определенный критический размер;

2) концентрация горючей смеси должна находиться в диапазоне между нижним концентрационным пределом взрыва (НКПВ) и верхним концентрационным пределом взрыва (ВКПВ);

3) мощность источника воспламенения должна превышать величину минимальной энергии зажигания.

Максимальные параметры взрыва имеют место при стехиометрическом (определенном соотношении масс веществ) составе смеси. Давление ударной волны рассчитывается по формулам.

Взрыв ГВС может быть детонационный или дефлаграционный. Параметры и последствия взрыва ГВС зависят от многих факторов и трудно предсказуемы. Основное внимание должно уделяться предотвращению взрыва.

**Взрыв ГВС и пылевоздушной смеси (ПВС) в замкнутых объемах.** Такие взрывы могут происходить в помещениях, шахтах, вагонах и т. п. Взрыв возможен при наличии концентрации газа или пыли

*Таблица 10.2*

**Степень разрушения сооружений и объектов в зависимости от избыточного давления (кПа)**

| Объект | Степень разрушения | | |
|---|---|---|---|
| | слабая | средняя | сильная |
| Многоэтажное кирпичное здание (более трех этажей) | 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 |

*Таблица 10.3*

**Степень поражения открыто расположенного человека в зависимости от избыточного давления или плотности энергии**

| Вид поражения | Степень поражения | | |
|---|---|---|---|
| | легкая | средняя | тяжелая |
| Травма (кПа) | 20…40 | 40…60 | 60…100 |
| Ожог (кДж/м$^2$) | 80…100 | 100…400 | 400…600 |

в пределах НКПВ–ВКПВ и источника зажигания. Взрывы в помещении наиболее опасны, так как в ограниченном пространстве избыточное давление $\Delta P$ = 30...40 кПа приводит к разрушениям объекта (см. табл. 10.2, 10.3). Кроны деревьев воспламеняются при тепловом импульсе 500...700 кДж/м$^2$, кровля (рубероид) — при 530...800 кДж/м$^2$.

**Физические взрывы.** К физическим относятся взрывы емкостей, внутри которых находится газ под давлением. Причины разрушения емкости могут быть разными. При взрыве происходит адиабатическое расширение газа, выделяется энергия за короткое время, то есть мощность взрыва может быть достаточна для разрушения.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие взрывы относятся к химическим?
2. Что лежит в основе химического взрыва?
3. Что понимают под физическим взрывом?
4. Какие поражающие факторы характерны для взрывов?
5. Как дифференцируют зону поражения при взрывах в зависимости от образующегося избыточного давления?
6. При каких условиях возможен взрыв газовоздушной смеси?

## ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ РАДИАЦИОННОГО ХАРАКТЕРА

ЧС радиационного происхождения могут быть следствием аварии на радиационно опасном объекте или в результате ядерного взрыва.

Поражающими факторами ядерного взрыва являются ударная волна, световое излучение, проникающая радиация, радиоактивное заражение местности и электромагнитный импульс. Наиболее вероятным видом ядерного взрыва считается взрыв на некоторой высоте над поверхностью земли. При определении полей поражающих факторов ядерного взрыва пользуются понятием тротилового эквивалента.

Для расчета давлений используются соответствующие формулы и строятся графики, отвечающие давлениям $\Delta P$ = 50, 30, 20, 10 кПа и тем самым определяются зоны полных, сильных, средних и слабых разрушений.

Установлены 4 зоны радиоактивного загрязнения по статусу проживания:

1) зона радиационного контроля, эффективная доза $Д_{эф}$ = 1...5 мЗв/год (0,1...0,5 бэр/год), поверхностная активность $N$ = 1...5 Ки/км$^2$;

2) зона ограниченного пребывания, $Д_{эф}$ = 5...20 мЗв/год (0,5...2 бэр/год), $N$ = 5...15 Ки/км$^2$;

3) зона добровольного отселения, $Д_{эф}$ = 20...50 мЗв/год (2...5 бэр/год), $N$ = 15...40 Ки/км$^2$;

4) зона отселения, $Д_{эф}$ > 50 мЗв/год (> 5 бэр/год), $N$ > 40 Ки/км$^2$.

Основная задача в условиях ЧС радиационного характера состоит в защите людей от действия ионизирующих излучений (ИИ). Эта задача решается с помощью основных принципов обеспечения безопасности, учитывающих особенности ИИ.

Применяются следующие приемы:

1) эвакуация людей в безопасные места (защита расстоянием);

2) сокращение времени пребывания в зоне радиоактивного загрязнения (защита временем);

3) укрытие людей в защитных сооружениях (защита экранированием);

4) прием лекарственных препаратов;

5) использование СИЗ.

В условиях ЧС радиационного характера осуществляется комплекс организационных мероприятий, который включает: оценку радиационной обстановки; оповещение населения о ЧС; ввод в действие режимов радиационной защиты; проведение радиационной профилактики; организацию дозиметрического контроля; дезактивацию участков дорог, сооружений, технологического оборудования; эвакуацию производственного персонала и населения; санитарную обработку; ограничение доступа в загрязненные районы; защиту органов дыхания и кожи; простейшую обработку продуктов питания; перевод сельскохозяйственных животных на незагрязненные пастбища; введение посменной работы на объектах с высокими мощностями доз излучения и др.

Для снижения последствий воздействия ионизирующих излучений на организм человека применяются противорадиационные препараты. Это лекарственные средства, повышающие устойчивость организма к воздействию ИИ или снижающие тяжесть клинического течения лучевой болезни.

Противорадиационным эффектом обладает группа химических веществ, которые имеют в своем составе сульфгидрильные группы (SH). К числу этих веществ относятся цистеин, цистамин, цистофос и др.

Цистамин изготавливается в виде таблеток, которые есть в индивидуальной аптечке АИ-2. Этот препарат ослабляет эффект радиоактивного облучения в 1,2...2 раза. Однако применение его после облучения защитного действия не оказывает.

К радиозащитным препаратам относятся: комплексоны, адаптогены, адсорбенты, антигеморрагические средства и стимуляторы кроветворения, стимуляторы центральной нервной системы.

*Комплексоны* — препараты, ускоряющие выведение радиоактивных веществ из организма (ЭДТА — динатриевая соль, гетацин-кальций, унитиол).

В качестве комплексонов применяют соли органических кислот (лимонной, молочной, уксусной), а также унитиол, который ускоряет выведение из организма радиоактивных изотопов урана, полония.

*Адаптогены* — препараты, повышающие общую сопротивляемость организма к различным неблагоприятным факторам, в том числе и к радиации. К ним относятся элеутерококк, женьшень, китайский лимонник, дибазол.

*Адсорбенты* — вещества, способные захватывать на свою поверхность радиоактивные и другие вредные вещества, которые выводятся из организма вместе с ними.

В качестве адсорбентов могут применяться активированный уголь, адсобар, вакоцин и др.

Особое место в противорадиационной профилактике занимает йодная профилактика. В выбросах реакторов содержится значительное количество радиоактивного йода-131 (период полураспада 8 дней). Попадая в организм человека через незащищенные органы дыхания или с пищей, он поражает щитовидную железу. Наиболее эффективным методом защиты является йодная профилактика: прием внутрь стабильного йода — йодистого калия в таблетках (иногда в порошках).

Максимальный защитный эффект достигается при заблаговременном или одновременном с поступлением радиоактивного йода приеме стабильного аналога.

Защитный эффект препарата резко снижается в случае его приема спустя 2 часа после поступления в организм радиоактивного йода. Однако даже через 6 часов после разового поступления йода-131 прием препарата стабильного йода может снизить дозу облучения щитовидной железы примерно в 2 раза.

Зависимость защитного эффекта от времени приема препаратов стабильного йода приведена в таблице 10.4.

*Таблица 10.4*

**Защитный эффект йодной профилактики**

| Время приема препаратов стабильного йода | Фактор защиты |
|---|---|
| За 6 часов до ингаляции | в 100 раз |
| Во время ингаляции | в 90 раз |
| Через 2 часа после разового поступления | в 10 раз |

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие поражающие факторы являются результатом ядерного взрыва?
2. По каким показателям определяется зона полных, сильных, средних и слабых разрушений?
3. Какие установлены зоны радиоактивного загрязнения?
4. Какие основные принципы обеспечения безопасности используются для защиты от ионизирующих излучений?
5. Что входит в комплекс защитных организационных мероприятий в ЧС радиационного характера?
6. Какие противорадиационные препараты используют для снижения последствий воздействия ионизирующих излучений?
7. Какова эффективность йодной профилактики в зависимости от приема препарата?

## ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ ХИМИЧЕСКОГО ХАРАКТЕРА

В настоящее время известно более одного миллиона химических веществ. Однако ЧС химического характера связывают с определенной группой химических веществ, которые получили название аварийно химически опасных веществ (АХОВ). В соответствии со стандартным определением (ГОСТ Р 22.0.05-95) АХОВ — это опасное химическое вещество, применяемое в промышленности и сельском хозяйстве, при аварийном выбросе (разливе) которого может произойти заражение окружающей среды в поражающих живой организм концентрациях.

Из определения можно сделать вывод о том, что к АХОВ относятся вещества, которые применяются и хранятся в больших количествах. АХОВ создают зоны химического заражения и очаги химического поражения. Объект, на котором используются АХОВ, называется химически опасным объектом (ХОО). Объекты экономики по степени химической опасности (то есть по количеству людей, попадающих в зону химического заражения) делятся на 4 класса: I класс — более 75 тыс. человек; II класс — 40...75 тыс. человек; III — менее 40 тыс. человек; IV — зона заражения в пределах санитарно-защитной зоны.

Для оценки обстановки при ЧС химического характера определяют концентрацию АХОВ в воздухе или воде, плотность заражения (масса АХОВ на единицу площади).

Поражающее действие АХОВ оценивается токсодозой $D$, то есть произведением концентрации $c$ на время действия $t$:

$$D = ct, \ \frac{\text{г} \cdot \text{мин}}{\text{м}^3}.$$

Основные АХОВ приведены в таблице 10.5.

*Таблица 10.5*

**Основные АХОВ**

| Наименование | ПДК, мг/м³, в воздухе | | |
|---|---|---|---|
| | рабочей зоны | населенного пункта | |
| | | разовая | суточная |
| Азотная кислота | 5,0 | 0,4 | 0,15 |
| Аммиак | 20 | 0,2 | 0,04 |
| Ацетонитрил | 10,0 | – | 0,002 |
| Ацетонциангидрин | 0,9 | – | 0,002 |
| Водород хлористый | 5 | 0,2 | 0,01 |
| Водород фтористый | 0,5 | 0,02 | 0,005 |
| Водород цианистый | 0,3 | – | 0,01 |
| Диметиламин | 1,0 | – | – |
| Метиламин | 1,0 | – | – |
| Метил бромистый | 1,0 | – | – |
| Метил хлористый | 5,0 | – | – |
| Нитрилоакрил | 0,5 | – | – |
| Окись этилена | 1,0 | 0,3 | 0,3 |
| Сернистый ангидрид | 10,0 | 0,5 | 0,05 |
| Сероводород | 10,0 | 0,008 | 0,008 |
| Сероуглерод | 1,0 | 0,03 | 0,005 |
| Соляная кислота (конц.) | 5,0 | 0,2 | 0,2 |
| Формальдегид | 0,5 | 0,035 | 0,003 |
| Фосген | 0,5 | – | – |
| Хлор | 1,0 | 0,1 | 0,03 |
| Хлорпикрин | 2,0 | 0,007 | 0,007 |

Для ликвидации ЧС химического характера необходимо знать свойства АХОВ и область их применения.

Как уже отмечалось, определяющим признаком отнесения веществ к АХОВ является масса, которая измеряется десятками тонн. Поэтому особые требования безопасности предъявляются к устройству и содержанию базисных и расходных складов, где хранятся АХОВ.

Различают также сильнодействующие ядовитые вещества (СДЯВ), к которым относятся окись углерода, диоксин, окислы азота и др.

Перечень СДЯВ был утвержден в 1987 г. и в него входило 103 вещества. В этом списке было много веществ, которые представляют опасность для населения при внутреннем потреблении, но не приводят к возникновению очагов массовых поражений. Впоследствии в 90-е гг. этот перечень был пересмотрен и было выделено 34 вещества, которые

при аварийных выбросах приводят к возникновению очагов массовых поражений, именно этим веществам было дано наименование АХОВ.

Химические аварии классифицируются по масштабам (частные, объектовые, местные, региональные, трансграничные), по виду АХОВ, по нанесенному ущербу и т. д. Принципы защиты населения: эвакуация людей из зон заражения (защита расстоянием), укрытие, применение СИЗ.

В организацию надежной защиты населения положены два основных принципа:

1) заблаговременность подготовки органов управления, сил и средств РСЧС и обучения населения действиям в очаге химического поражения;

2) дифференцированный подход к выбору способов защиты и мероприятий, их обеспечивающих, с учетом степени потенциальной опасности для проживания людей.

Решающее значение для защиты населения от АХОВ имеют:

1) подготовка диспетчерских служб ХОО, создание и функционирование локальных автоматизированных систем контроля химического заражения и оповещения населения;

2) накопление, хранение и содержание в готовности средств индивидуальной защиты по месту пребывания людей для использования в экстремальных ситуациях;

3) поддержание в готовности убежищ к приему укрываемых лиц, подготовка жилых и производственных зданий к защите людей;

4) определение и рекогносцировка (разведка) районов временного размещения эвакуированного из городов населения в случае возникновения крупной химической аварии.

**Средства индивидуальной защиты.** Используются средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) и средства защиты кожи (СЗК).

СИЗОД делятся на фильтрующие и изолирующие. К СИЗОД относятся противогазы и респираторы. Противогазы предназначены для защиты органов дыхания, лица и глаз, а респираторы только для защиты органов дыхания.

При высоких концентрациях АХОВ, а также при содержании кислорода в воздухе менее 18% используются изолирующие средства защиты органов дыхания. Для защиты кожных покровов применяются специальные костюмы.

При контакте с любым опасным химическим веществом в зонах заражения необходимо осуществлять следующие мероприятия по медицинской защите и лечению пострадавших:

1) экстренное прекращение поступления яда в организм (вынос, вывод пораженных из зоны заражения, их санитарная обработка, использование средств индивидуальной защиты кожи и органов дыхания);

2) ускоренное выведение яда из организма (применение рвотных, слабительных средств);

3) восстановление и поддержание функционирования жизненно важных систем организма (реанимационные мероприятия);

4) кислородные ингаляции как метод лечения гипоксических состояний, возникающих при острых отравлениях опасными химическими веществами;

5) использование лекарственных (антидотных) средств профилактики и лечения отравлений.

**Химическая разведка и химический контроль.** Химическая разведка проводится с целью своевременного выявления масштабов и характера заражения. Под масштабами заражения понимаются площадные характеристики (территория, подвергшаяся непосредственному заражению или над которой распространяются пары АХОВ или ОВ в опасных концентрациях).

Химический контроль осуществляется с целью обнаружения заражения оборудования, воды, продовольствия, одежды, средств защиты и других объектов. Результаты химического контроля используются для определения возможности пользования тем или иным объектом, необходимости проведения его обеззараживания и для полноты определения обеззараживания.

**Ликвидация последствий аварийных выбросов АХОВ.** Ликвидация последствий химических аварий предусматривает:

1) выявление и оценку последствий химических аварий;

2) организацию и ведение аварийно-спасательных и других неотложных работ в очаге химического поражения;

3) специальную обработку техники, оборудования и других материальных средств, использовавшихся для обезвреживания АХОВ;

4) санитарную обработку людей, подвергшихся заражению.

Одной из первостепенных задач ликвидаторов последствий выброса АХОВ в окружающую среду является приостановка или ограничение истечения ядовитой жидкости (пара) из поврежденной емкости или технологической коммуникации. Выполнение этой задачи достигается перекрытием кранов и задвижек на трубопроводах, с помощью бандажей, хомутов, тампонов, заглушек, перекачкой жидкости из аварийной емкости в запасную (резервную).

Эти работы, как правило, осуществляются под руководством и при непосредственном участии специалистов, обслуживающих аварийное

оборудование, или персоналом, сопровождающим опасные грузы при транспортировке.

В целях снижения опасностей проливов АХОВ при авариях проводятся мероприятия по предотвращению их растекания на местности, предупреждению заражения грунтовых вод, в том числе такие, как обвалование разлившейся жидкости; создание различных препятствий на пути растекания АХОВ (оборудование перемычек, запруд); сбор разлившейся ядовитой жидкости в естественные и искусственно созданные заглубления-ловушки (ямы, канавы, кюветы).

При организации и проведении этих работ в первую очередь необходимо предотвратить попадание АХОВ в реки, озера, пруды, подземные коммуникации, ливневую канализацию, подвалы зданий и сооружений.

В ходе ликвидации проливов АХОВ в окружающую среду в некоторых случаях (прежде всего связанных с опасностью попадания продуктов обеззараживания в открытые или подземные водоисточники и с сохранением угрозы поражения людей и сельскохозяйственных животных) следует осуществлять сбор, транспортировку и захоронение или уничтожение продуктов обезвреживания АХОВ, а также обеззараживание территории, где произошел пролив.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что представляют собой аварийно химически опасные вещества (АХОВ)?
2. Как классифицируются химические аварии?
3. Какие принципы используются для защиты населения при химических авариях?
4. Какие мероприятия необходимы для предупреждения и минимизации ущерба от химической аварии?
5. Какие СИЗ используют для защиты органов дыхания и кожи?
6. С какой целью проводятся химическая разведка и химический контроль?
7. Что предусматривает ликвидация последствий химической аварии?
8. Каким образом ликвидируются последствия выброса АХОВ в окружающую среду?
9. Что следует делать для снижения опасностей при проливе АХОВ в результате аварии?

## ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ, СВЯЗАННЫЕ С ПОЖАРАМИ

Напомним, что для эффективных действий в условиях пожара нужно помнить об опасных факторах пожара. К ним относятся:

1) высокая температура (1000°С и больше);

2) образование продуктов неполного сгорания, которые являются ядовитыми и взрывоопасными;

3) дым, затрудняющий видимость;

4) взрывы различных веществ;

5) разрушение конструкций, обрушение элементов здания и др.

Пожары отличаются большим разнообразием (бытовые, производственные, лесные, торфяные и т. д.).

Ликвидация пожаров — задача профессионалов. Однако можно сформулировать некоторые общие правила, знать которые полезно всем.

1. Начальная стадия пожара называется загоранием. В случае своевременных и грамотных действий загорание может быть ликвидировано с помощью огнетушителей, воды или других подручных средств.

2. На предприятиях в соответствии с ФЗ «О пожарной безопасности» (21.12.94 № 69-ФЗ) должна создаваться добровольная пожарная охрана. Пожарные расчеты в случае пожара действуют по заранее определенной схеме, обеспечивая тушение пожара в начальной стадии.

3. На предприятиях и в организациях должны разрабатываться и вывешиваться в доступных местах схемы эвакуации.

4. Эвакуация людей — первоочередное мероприятие при возникновении пожара.

5. Для выхода из горящего здания иногда предусматриваются специальные противогазы (самоспасатели).

6. Иногда для спасения горящих людей прибегают к использованию самодеятельных приспособлений (пальто, плащи), которыми накрывают пострадавших, прекращая доступ кислорода. Для входа в горящее помещение имеются специальные костюмы. В исключительных случаях можно для кратковременного пребывания в горящем помещении использовать смоченную водой ткань или одежду.

7. В организациях должны разрабатываться планы ликвидации пожаров, в которых четко определены действия должностных лиц и работников.

В гл. 18 системно рассматриваются вопросы пожарной безопасности, начиная с физико-химических процессов горения, горючести строительных материалов и заканчивая мерами защиты от пожаров и тушения пожаров.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите опасные факторы пожара.
2. На какие виды по месту возникновения и распространения можно условно разделить пожары?
3. Какие передвижные средства пожаротушения можно использовать при загорании?
4. Какие организационные меры пожарной профилактики должны осуществляться на предприятиях?
5. Как следует защищать себя при пожаре?

## § 10.3. ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ БИОЛОГО-СОЦИАЛЬНОГО ХАРАКТЕРА

Блок биолого-социальных опасностей разнообразен и обширен, охватывает большой контингент людей и наносит вред, порой непоправимый, многим из них. Если в структуре всех ЧС, происходящих в России, в процентном отношении блок биолого-социальных опасностей не дотягивает и до 10%, то доля пострадавших от этих опасностей составляет почти 60%.

Перечень опасностей социального характера достаточно велик. Виды социальных опасностей и их краткая характеристика были рассмотрены в гл. 4 «Социальные опасности». Многие из них обусловлены неблагополучными условиями жизни человека, при которых он лишен средств к существованию, что приводит к голоду, нищете, а это, в свою очередь, инициирует социальную напряженность в обществе, толкает людей на преступления, возбуждает национальную и религиозную нетерпимость.

Можно утверждать, что большинство социальных опасностей, представляющих угрозу для человечества, порождены самим человеком, человеческим обществом. К наиболее тяжелым из них следует отнести национализм, ксенофобию, религиозную нетерпимость, организованную преступность, терроризм. Учитывая актуальность такого значимого явления, как терроризм, этот вид социальной опасности отдельно рассматривается в § 10.4 «Терроризм».

В блоке биолого-социальных опасностей человеку и человеческому сообществу наносят физический, моральный и материальный вред не только преступные элементы, но и элементарные частицы (бактерии, вирусы, риккетсии и др.), объединяемые общим названием — патогенные (болезнетворные) микроорганизмы.

Из бесчисленного количества микроорганизмов, населяющих Землю, только патогенные (болезнетворные) микроорганизмы обладают свойством вызывать инфекционное заболевание.

Территория, в пределах которой возможно заражение людей инфекционными болезнями, называется *зоной биологического заражения*.

Возбудителями инфекционных заболеваний, как уже отмечалось, являются патогенные (болезнетворные) микроорганизмы (или их токсины — яды), носителями которых могут быть насекомые, животные, человек, среда обитания и бактериологическое оружие. Перечень и характеристики некоторых инфекционных заболеваний показаны в таблице 10.6.

Пути распространения инфекции весьма разнообразны. Передача инфекции через предметы быта (посуду, белье, книги и др.), предметы

**Характеристика**

| Возбудитель заболевания | Инфицирующая доза, микр/чел | Инкубационный период, сут. |
|---|---|---|
| Чума (бактерия) | 1…3 тыс. | 3…5 |
| Сибирская язва (бактерия) | 10…20 тыс. | 2…3 |
| Холера (бактерия) | – | 2…3 |
| Эпидемический сыпной тиф (риккетсия) | – | 12…14 |
| Пситтакоз (вирус) | – | 7…15 |
| СПИД (вирус) | – | 3 мес.–5 лет |
| Ботулизм (токсин) | $LCt_{50}$ = 0,1 мг·мин·м$^3$ | 0,5…2 |

ухода за больным и предметы производства (например, при обработке шерсти и шкур животных и др.) называется *контактно-бытовым* путем передачи. Такой путь распространения инфекции выступает на первый план при инфекциях наружных покровов, реже — при кишечных инфекциях.

*Воздушным* путем происходит распространение таких инфекционных болезней, как грипп, туберкулез, дифтерия, скарлатина, корь, эпидемический паротит и многих других. По легкости передачи инфекции воздух, бесспорно, занимает первое место. Возбудитель, выделившийся из организма больного или носителя инфекции с капельками слизи и слюны, очень быстро попадает в дыхательные пути здорового человека (воздушно-капельная инфекция) или оседает на окружающих предметах и распространяется с пылью, поднимающейся в воздух (воздушно-пылевая инфекция). Воздух легко может быть заражен и искусственным путем.

Ряд инфекционных болезней (холера, брюшной тиф, лептоспирозы и т. д.) распространяется *водным* путем. Заражение через воду происходит главным образом при использовании инфицированной воды для питья, бытовых и хозяйственных надобностей, а также при купании. Особенно большую опасность представляет заражение воды в водопроводах и больших емкостях.

Нередко в распространении инфекционных болезней принимают участие *пищевые продукты* и готовая пища. Патогенные микробы в пищевые продукты могут попадать различными путями: через загрязненные руки больного или носителя, при мытье пищевых продуктов в инфицированной воде, во время перевозки на случайном транспорте, при разделке пищевых продуктов на грязных столах, при инфицировании их мухами, грызунами и т. д.

*Таблица 10.6*

**инфекционных заболеваний**

| | Время нетрудоспособности, сут. | Летальность (без лечения), % | Симптомы заболевания |
|---|---|---|---|
| | 42...56 | 100 | Высокая температура, кашель, воспаление легких |
| | до 30 | 100 | Воспаление легких, кожи, кишечника |
| | 5...30 | 10...80 | Температура, понос, жажда |
| | 20...30 | 40 | Температура, боли во всем теле |
| | 8...60 | 10 | Светобоязнь, рвота |
| | годы | 65...70 | Снижение иммунитета, слабость, подверженность заболеваниям |
| | 2–6 мес. | 60...70 | Рвота, расстройство речи, дыхания |

Особое место в передаче инфекции занимает *почва*. С одной стороны, она служит местом временного пребывания возбудителей ряда заболеваний (сибирской язвы, столбняка и др.), а с другой — играет специфическую роль в распространении таких видов глистов, как аскариды, анкилостомиды, власоглавы. Яйца этих глистов приобретают способность вызывать заражение только после «созревания» в почве.

Наконец, многие инфекционные болезни передаются членистоногими (насекомыми и клещами) так называемым *трансмиссивным* путем. Каждый живой переносчик в основном передает определенного возбудителя.

Следует отметить, что последние десятилетия XX в. ознаменовались появлением ряда новых, ранее неизвестных опасных инфекционных заболеваний. Особую эпидемиологическую значимость представляют вирусные инфекции: СПИД, геморрагические лихорадки Ласса и Эбола, клещевой энцефалит, болезнь легионеров и др. Примером новой вирусной инфекции стало появление весной 2003 г. атипичной пневмонии, тлеет в Юго-Восточной Азии очаг «птичьего» гриппа. Увеличилась распространенность ранее известных, но редких инфекций, таких как дифтерия, холера и т. д., а также социально обусловленных заболеваний: туберкулеза, сифилиса, вирусного гепатита.

Возбудители наиболее опасных инфекций обладают рядом специфических особенностей:

1) эпидемичностью, то есть возможностью массового заболевания людей на значительной территории в короткое время;

2) высокой токсичностью, то есть мощностью поражающего действия, которая превышает токсичность современных ОВ. Например, в 1 см$^3$ суспензии вируса пситтакоза содержится 20 млрд заражающих доз для человека;

3) контагиозностью, то есть способностью передаваться от человека к человеку, от животного к человеку;

4) наличием инкубационного (скрытого) периода заболевания, достигающего (в зависимости от вида возбудителя) нескольких суток;

5) возможностью консервации микроорганизмов, обеспечивающей сохранение их жизнеспособности в высушенном состоянии в течение нескольких лет;

6) дальностью распространения инфекции;

7) трудностью экспресс-индикации (обнаружения) возбудителя заболевания и определения его токсической дозы (время идентификации биологических средств составляет несколько часов);

8) сильным психологическим действием на человека вследствие появления страха заболевания.

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 (противобактериальное средство № 1 — хлортетрациклин из индивидуальной аптечки АИ-2); проведение частичных изоляционно-ограничительных и противоэпидемических мероприятий. Продолжительность обсер-

вации 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 следует вызывать врача и изолировать больного.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какими путями происходит передача инфекции человеку?
2. Какими особенностями обладают возбудители опасных инфекционных заболеваний?
3. Какие предупредительные меры используют против распространения инфекционных заболеваний?
4. В каких ситуациях для предотвращения и распространения инфекционных заболеваний вводится обсервация и в чем она заключается?
5. Как и когда осуществляется карантинный режим?

## § 10.4. ТЕРРОРИЗМ

### ВОЗНИКНОВЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ТЕРРОРИЗМА

Терроризм сопровождает развитие человечества с незапамятных времен. Одно из первых упоминаний о терактах связано с иудейской политической группировкой зилотов (дословно «ревнителей»), боровшихся методами террора против римлян за автономию Фессалоник еще в 73–66 гг. до н. э.

В последующей истории можно найти примеры терроризма самого различного плана. Средневековая инквизиция стала примером жестокости и неоправданного насилия. В историю террора вошли Варфоломеевская ночь, Французская буржуазная революция, Парижская ком-

муна. Само понятие «террор», по мнению некоторых специалистов, возникло именно во время французской буржуазной революции.

Ряд террористических организаций носил политическую революционную окраску (карбонарии в Италии, народничество в России). Их идейные руководители в плену иллюзий считали, что через террор можно прийти к состоянию справедливости и всеобщему благосостоянию. К сожалению, эти заблуждения находят почву и сегодня.

Теоретики терроризма отвергали понятие морали и провозглашали правомерность террора против господствующего класса. Особенно пышно расцвел террор на основе анархистских и националистических взглядов. Жертвами террора стали такие высокопоставленные лица, как король Франции Луи Филипп, российский император Александр II, президент США Авраам Линкольн, премьер-министр царской России П. А. Столыпин и др.

Следует отметить, что в XIX в. терроризм не носил массового характера и не имел ту высокую степень риска для общества, как в XX в. В начале XX в. стали возникать террористические организации, в основном революционного, уголовного и националистического характера. Именно тогда впервые появилась мафия, каморра. Был красный террор во второй половине XX в. — в Камбодже, возник ирландский, арабский терроризм, и в частности палестинский.

Практически все вооруженные конфликты, возникшие в последние годы в Африке, Азии, на Ближнем Востоке, на территории СНГ, сопровождались всплеском диверсионно-террористической деятельности, в результате которой, в первую очередь, страдало мирное население. Социальное неравенство в обществе, национально-конфессиональные противоречия и отсутствие эффективного правового регулирования общественной и религиозной деятельности способствовали образованию значительного количества экстремистских националистических организаций и фанатичных религиозных сект, имеющих военизированные формирования и рассматривающих терроризм как одно из основных средств для борьбы со своими противниками.

К наиболее известным террористическим организациям относятся: «Ирландская республиканская армия», «Красные бригады» в Италии, «Организация басков за родину и свободу» (ЭТА) в Испании, «Серые волки» в Турции, «Аум Сенрикё» в Японии, «Хамас», «Братья мусульмане», «Фатх», а также «Аль-Каида», или «Мировой фронт джихада», созданный Усамой бен Ладеном.

В настоящее время серьезную угрозу не только народам Ближнего Востока, но и всему миру, представляет возникшее в 2006 г. формирование, именуемое сейчас «Исламское государство Ирака и Леванта»

(ИГИЛ), располагающее огромными финансами, современным оружием, дееспособной армией, большими людскими ресурсами, значительной территорией, которое небезуспешно распространяет свою идеологию и влияние на соседние страны Ближнего Востока, Северной и Западной Африки, Центральной Азии и другие части света.

Начиная с 1960-х гг. терроризм принял беспрецедентный размах, отрицательно воздействуя на развитие как отдельных государств, так и международного сообщества в целом. Терроризм стал одним из самых опасных вызовов международной безопасности и превратился в глобальную проблему. Стало очевидным, что для эффективной борьбы с ним требуются совместные усилия всего мирового сообщества, координация коллективных действий на глобальном, региональном и национальном уровне.

### ВИДЫ ТЕРРОРИЗМА

Основные цели террористических акций:

1) посеять страх среди населения;

2) выразить протест против политики правительства;

3) нанести экономический ущерб государству или частным фирмам;

4) добиться материальных благ (шантаж и вымогательство);

5) уничтожить своих соперников, в том числе в правоохранительных органах.

В качестве субъектов террористических действий выступают: убийцы-одиночки, преступные сообщества, этнические классы, религиозные секты, экстремистские политические объединения, специальные службы государства.

Средствами для проведения террористических актов служат: холодное оружие, огнестрельное оружие, взрывчатые вещества, биологические агенты, радиоактивные вещества.

Объектами воздействия являются физические лица, транспортные средства, общественные и жилые здания, промышленные потенциально опасные объекты, системы связи и управления.

Терроризм представляет собой одно из наиболее уродливых и трагических общественно-социальных явлений и превратился в постоянную угрозу безопасности человечества.

Понятие «терроризм» произошло от *лат.* terror — страх, ужас. По своим преступным целям и проявлениям терроризм условно может быть классифицирован следующим образом:

1) «акции возмездия»;

2) диверсионные действия;

3) воздействие на органы власти;

4) физическое устранение политических оппонентов;

5) устранение гражданского населения;

6) осложнение межнациональных, межгосударственных и межконфессиональных отношений;

7) провокация войны.

Правовое определение терроризма дано в Федеральном законе Российской Федерации «О борьбе с терроризмом». «Терроризм — насилие или угроза его применения в отношении физических лиц или организаций, а также уничтожение (повреждение) или угроза уничтожения (повреждения) имущества и других материальных объектов, осуществляемые в целях нарушения общественной безопасности, устрашения населения или оказания воздействия на принятие органами власти решений, выгодных террористам, или удовлетворяющих их неправомерным имущественным и (или) иным интересам; посягательство на жизнь государственного или общественного деятеля, совершенное в целях прекращения его государственной или иной политической деятельности, либо из мести за такую деятельность; нападение на представителя иностранного государства или сотрудников международных организаций, пользующихся международной защитой, а равно на служебное помещение, либо транспортные средства, если это деяние совершено в целях провокации войны или осложнения международных отношений».

По своим масштабам терроризм может быть направлен против группы граждан, против государства (группы государств), против мирового сообщества. Терроризм многообразен и может быть дифференцирован условно по следующим видам: взрывы и поджоги, взятие заложников, ядерный (радиационный), экологический, биологический, электронный, информационный, технологический, экономический, уголовный.

Рассмотрим некоторые из видов терроризма.

### ТЕЛЕФОННЫЙ, ИНФОРМАЦИОННЫЙ ТЕРРОРИЗМ

Проявления телефонного терроризма имеют подчас «шутейскую» окраску, но тем не менее приносят обществу значительный материальный и моральный ущерб.

Статистический анализ звонков-предупреждений о терактах показывает, что 48% из них относятся к учебным заведениям (в основном школам, лицеям и ПТУ), 17% — к жилым домам, 13% — к станциям метро; остальное — по большей части к различным увеселительным заведениям.

Всплеск анонимных сообщений о готовящихся актах терроризма наблюдается в начале учебного года, после зимних каникул и в период подготовки к выпускным экзаменам. «Террористами», как правило, оказываются дети от 7 до 14 лет. В соответствии с законом по статье 207 УК РФ за такие «шутки» возможно лишение свободы на срок до 3 лет. В 2001 г. по этой статье было возбуждено в Санкт-Петербурге 89 уголовных дел, привлечены к ответственности 63 человека. В Нью-Йорке (после терактов 11 сентября 2001 г.) за аналогичные преступления ввели наказание в виде 7 лет тюрьмы. Подобные «шутки» отвлекают большое количество людей и средств и далеко не безобидны для общества и государства.

Получила распространение другая форма телефонного терроризма, когда преступники звонят родственникам якобы пострадавшего или провинившегося человека и предлагают за определенную сумму легкое решение «проблемы».

Еще более опасен информационный, компьютерный, космический терроризм, когда шутки ради, а иногда и специально, хакеры нарушают систему управления спутником, в том числе и военным.

### ЭКОНОМИЧЕСКИЙ, УГОЛОВНЫЙ ТЕРРОРИЗМ

Одним из видов терроризма является экономический — «уголовный терроризм». Благодатной почвой роста такого терроризма является прежде всего рост преступности, снижение жизненного уровня народа, коррупция во власти.

Общеуголовный терроризм можно встретить в повседневной, криминальной практике очень многих стран, когда сводят счеты или устрашают друг друга различные преступные группировки, когда некоторые структуры и лица в бизнесе и во власти используют теракты для решения своих противоправных задач.

Именно с этим явлением и столкнулась Россия в период первоначального накопления капитала, особенно в 1992–1995 гг. Взрыв на Котляковском кладбище, повлекший гибель 14 человек и большое количество раненых, связан с выделением льгот обществу воинов-афганцев на продажу алкогольной продукции и несправедливым разделом сверхприбыли среди руководителей этого общества. Для примера отметим, что только за девять месяцев 1995 г. в Подмосковье было сожжено 69 фермерских хозяйств, по стране убито 469 предпринимателей (210 из них в Москве), и более 1500 человек стали жертвами покушений. Убийство в центре Москвы губернатора Магаданской области Цветкова, гибель начальника пограничного округа генерала

Гамова на Сахалине в 2002 г. — все это является проявлением экономического терроризма.

Основные причины экономического терроризма лежат в углубляющемся социальном и политическом кризисе, в ослаблении правопорядка, что и порождает новые противоречия, для разрешения которых отдельные лица и организации все чаще прибегают к насилию.

Особое значение приобретают *социальные противоречия*.

*Во-первых*, это противоречия, обусловленные расколом общества на группы с различным экономическим положением. На этой основе возникает поляризация в обществе. В частности, разрыв в уровне доходов между самыми богатыми и самыми бедными в России превышает норму, допустимую в цивилизованных странах и обеспечивающую относительную социальную стабильность.

*Во-вторых*, это противоречия, обусловленные углублением национальных, религиозных, региональных и иных конфликтов, что влечет за собой действие таких факторов, как:

1) формирование долговременных очагов социальной напряженности и противоборства, способных легко перейти в стадию открытого конфликта с активным применением форм насилия, в том числе и терроризма (примером в России могут служить различные конфликты на Северном Кавказе);

2) широкомасштабное распространение криминогенных процессов;

3) снижение эффективности деятельности правоохранительных органов и возрастание угрозы безопасности личности и имущества;

4) усиление влияния лидеров организованной преступности на развитие и обострение процессов противоборства;

5) углубление влияния этноклановых и иных корпоративных групп на развитие конфликта и его использование в своих корыстных интересах для раздела собственности и захвата власти, что проявилось, в частности, в Таджикистане, Киргизии;

6) обострение этноцентристских и религиозных ортодоксальных течений;

7) усиление миграции населения, нарастание волны беженцев, вызывающие тяжелые экономические и социальные последствия и создающие новые очаги напряженности в других регионах, местах поселения беженцев. Лишенные социальной и материальной основы жизни, они становятся одной из наиболее опасных социальных групп пополнения криминальных группировок, входят в наиболее организованные и жестокие группы организованной преступности, построенные на этнической основе, и т. д.

*В-третьих*, это противоречия, обусловленные разрушением сложившейся и отсутствием новой эффективной системы социальных гарантий жизни населения. В рамках этих противоречий сказывается действие таких факторов, как:

1) рост социальной неудовлетворенности, формирование в связи с этим настроений социальной отчужденности, усиление эгоизма, апатии и иждивенчества со стороны значительной части общества;

2) постепенное втягивание определенной части населения в криминальные отношения.

Прямое воздействие на содержание *политического экстремизма* оказывают противоречия в политических отношениях, среди которых принципиальное значение приобретают:

1. Противоречия между демократическими конституционными принципами и реальной политической практикой.

2. Противоречия, вытекающие из процесса политического размежевания общества, формирования социальных групп и слоев с противоположными политическими интересами.

3. Противоречия, порожденные отчужденностью между властью и населением.

4. Противоречия, вызванные ослаблением социально-экономических и культурных связей между центром и регионами, а также между отдельными регионами.

Эта группа противоречий стимулирует через самые различные факторы политический экстремизм и ослабляет возможности государственной власти эффективно противостоять ему.

Именно при усилении таких явлений становится возможной «героизация» уголовных авторитетов, бандитов и террористов, что происходило, к сожалению, и в российском обществе.

## ХИМИЧЕСКИЙ И БИОЛОГИЧЕСКИЙ ТЕРРОРИЗМ

Использование террористами оружия массового поражения можно рассматривать на примерах подготовки и применения отравляющих веществ и биологических агентов «грязного» ядерного оружия, которые уже имели место.

В начале 70-х гг. XX в. проарабские террористические группировки планировали применить отравляющие вещества в Европе против американских посольств и складов хранения ядерного оружия.

В 1978 г. палестинские террористические группировки организовали заражение ртутью партий апельсинов, поставляемых из Израиля в страны Европы.

С угрозами террористов и вымогателей заразить химическими веществами или биологическими агентами сельскохозяйственную продукцию или источники водоснабжения сталкивались в конце XX в. правительства Великобритании, Германии, Австралии и Кипра.

В 1991 г. американские неонацисты пытались применить синильную кислоту в синагоге.

Общеизвестен случай отравления в Москве отравляющим веществом нервно-паралитического действия крупного российского бизнесмена Кивилиди и его секретарши.

Однако наиболее крупномасштабные теракты с применением отравляющих веществ были осуществлены членами религиозной секты «Аум Сенрикё» в Японии. В городе Мацумото (префектура Нагано) 27 июня 1994 г. в результате применения отравляющего вещества типа зарин 7 человек погибли, 144 человека получили поражения различной степени тяжести. К сожалению, японской полиции в то время выявить организаторов акции не удалось. 3 марта 1995 г. неизвестным отравляющим веществом были отравлены несколько пассажиров электропоезда в г. Иокогама, что, по мнению экспертов, было репетицией последующей крупномасштабной акции в токийском метро.

20 марта 1995 г. террористы из секты «Аум Сенрикё» практически одновременно в 8 часов утра на 5 линиях токийского метро вновь применили отравляющее вещество типа зарин. В результате хорошо спланированного и исполненного террористического акта было заражено 16 подземных станций метро. Смертельное поражение получили 12 человек и около 4 тысяч человек получили отравления разной степени тяжести. Позднее, 8 мая 1995 г., полиция на станции метро Шинджуки обнаружила устройство с таймером, которое должно было в установленное время запустить реакцию с образованием синильной кислоты.

Канадский центр стратегического анализа, проанализировав более 200 случаев химико-биологического терроризма, считает, что наиболее распространенными и доступными химическими веществами и биологическими агентами для проведения терактов являются:

1) токсичные гербициды и инсектициды;

2) аварийно химически опасные вещества: хлор, фосген, синильная кислота и др.;

3) отравляющие вещества: зарин, зоман, Ви-икс, иприт, люизит;

4) психогенные и наркотические вещества;

5) возбудители опасных инфекций: сибирской язвы, натуральной оспы, туляремии и др.;

6) природные яды и токсины: стрихнин, рицин, бутулотоксин, нейротоксины.

Перечисленные высокотоксичные химические вещества и биологические агенты могут попасть в руки террористов различными путями: похищением с военных складов и арсеналов, а также из учреждений, организаций и предприятий, приобретением в сфере производства, хранения, торговли.

Кроме того, отравляющие вещества и биологические агенты могут быть изготовлены нелегально в лабораторных условиях. Так, специалистами «Аум Сенрикё» для газовой атаки в Токио и Мацумото было наработано около 6 литров зарина.

Таким образом, получение высокотоксичных химических веществ и особо опасных биологических агентов для использования в террористических целях в настоящее время не является неразрешимой задачей. Более сложную техническую задачу представляет создание эффективных и надежных устройств для совершения террористических актов с применением отравляющих веществ или биологических агентов.

Особую опасность представляет применение быстродействующих фосфорорганических отравляющих веществ в замкнутом объеме помещений с приточно-вытяжной вентиляцией. Большие скорости распространения воздушных потоков с отравляющими веществами в местах скопления больших масс людей могут привести к колоссальному числу жертв. Если бы террористы «Аум Сенрикё» в помещениях станции метро создали облако зарина с концентрациями 0,01...0,02 мг/л, то все находящиеся на станции пассажиры получили бы смертельное поражение в течение нескольких минут.

После терактов 11 сентября 2001 г. США подверглись психологической атаке, связанной с рассылкой по почте писем со спорами порошка сибирской язвы, которые привели к гибели нескольких человек и поражению нескольких десятков людей, что повлекло панику и страх среди американцев, в результате чего населением были раскуплены за считанные дни противогазы и соответствующие медицинские средства защиты от этого далеко не самого страшного средства бактериального поражения.

В памяти нашего поколения взрывы жилых домов в Москве, Буйнакске, Волгодонске, здания УВД в г. Грозном, взрывы на рынках и вокзалах, на улицах и площадях в различных регионах России в 90-е гг. XX в. Взрывы смертников в людных местах в Израиле, подрыв катерами со смертниками американского эсминца, французского нефтеналивного танкера в Йеменском заливе, взрывы на о. Бали в Индонезии и Филиппинах — это лишь беглое перечисление терактов с применением взрывчатых веществ, произошедших в августе–октябре 2002 г. в мире.

Целью технически грамотного террориста может являться расплавление реакторной зоны, а для этого возможны повреждения систем охлаждения реактора (основных трубопроводов, насосов и т. п.), электрических кабелей и систем защиты. Большую угрозу представляет подрыв (или угроза подрыва) ядерного взрывного устройства. Ядерный взрыв представляет собой наиболее страшное проявление терроризма. В силу этого сохранность стратегических ядерных материалов (высокообогащенного урана и плутония) и оружия является жизненным вопросом национальной безопасности и должна быть главным приоритетом в организации защиты ядерного комплекса.

Но наибольшую опасность представляет распространение ядерных технологий обогащения урана и попадание таких материалов в руки террористов в страны с авторитарным и неадекватным мировому сообществу руководством. Достаточно вспомнить, что создатель пакистанского ядерного оружия передавал в Иран, Ливию, Северную Корею и Малайзию секретные ядерные технологии. Опасность расползания ядерного оружия по миру, возможность его попадания в руки террористических организаций требует ужесточения контроля за ним со стороны МАГАТЭ и соответствующих силовых структур государств мира.

Обнаружение ВВ осуществляется обычно с применением специально обученных собак, миноискателей, специализированных аналитических и мобильных приборов-газоанализаторов, дозиметров, рентгеновской аппаратуры. Но использование подобной аппаратуры не эффективно для обнаружения ВВ типа пластита в поясах смертников. Здесь может быть применен иной бесконтактный контроль в местах большого скопления людей при одиночном их прохождении через специально оборудованные ворота с использованием достаточно дешевых приборов наблюдения как в видимой, так и в инфракрасной области спектра. Это возможно на основе дистанционного контроля аномалий температуры человеческого тела и его покровов.

### ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ТЕРРОРИЗМ

Экологический терроризм связан с насильственным, целенаправленным воздействием на экосистему с целью получения геополитических, экономических и иных выгод и преимуществ. Этот вид терроризма опасен тем, что он может быть замаскирован и вписан в природные процессы и иметь отсроченное во времени последействие.

Примерами явного экологического терроризма и даже экоцида являются применение химического оружия против курдов в 1991 г. в Ираке, дефолиация тропических лесов во Вьетнаме в ходе американской агрессии в период 1961–1973 гг., поджог нефтепромыслов в Кувейте

иракской армией в 1991 г., прицельное бомбометание и ракетные атаки по химическим объектам и нефтеперерабатывающим заводам в Югославии в 1999–2000 гг. и т. п.

Следует отметить, что в ходе военной акции США в апреле 2003 г. в Ираке применение высокоточного оружия (до 80% от общего числа) и использование современных технологий (а также действий спецслужб и даже подкупа иракских военных) во многом предопределило успех проведенной операции и минимизировало экологические последствия ее проведения.

Для сравнения заметим, что во время войны в Индокитае для уничтожения растительности было использовано более 22 млн т отравляющих веществ «эйджент оранж», около 500 тыс. т напалма, фосфорных бомб и других зажигательных смесей. Вместе с гербицидами в природную среду Южного Вьетнама попало не менее 500...600 кг диоксина, одного из наиболее токсичных ядов.

В результате подрывов и разрушения иракской армией в 1991 г. более 550 нефтяных скважин Кувейта в воды Персидского залива попало 1,7 млн т нефти, в атмосферу попало около 125 тыс. т канцерогенных продуктов горения нефти. Ежесуточно в атмосферу поступало около 70 млн т сажи, 50 тыс. т диоксида серы, 100 тыс. т двуокиси углерода. Это был самый интенсивный очаг горения за всю историю человечества, который сопровождался черными шлейфами облаков, выпадением кислотных осадков и понижением температуры поверхности на 10°С.

В неявном непреднамеренном виде экологический терроризм связан с Чернобыльской аварией на 4-м блоке АЭС, захоронением химического оружия после Второй мировой войны в Балтийском море и с захоронением радиоактивных отходов в мировом океане.

К разряду рукотворных экологических катастроф и аварий (непреднамеренного терроризма) можно отнести аварию трубопровода Харьяга–Усинск в Коми (с разливом нефти не менее 100 тыс. т) в 1994 г., гибель нефтеналивного танкера «Престиж» у берегов Испании 18.10.2002 г. с разливом около 80 тыс. т нефти, а также многие другие примеры влияния техносферы на здоровье и жизнь людей. Использование газа фентонила при освобождении заложников из театрального центра на Дубровке в Москве привело к гибели более 100 человек.

Следует также отметить, что любые войны, революции, геноцид имеют экологическую составляющую, связанную с гибелью и разрушением живой и неживой природы.

## ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕРРОРИЗМ

В XX в. терроризм был взят на вооружение уже целыми государствами. Государственный терроризм принял такие размеры, что 39-я сессия Генеральной Ассамблеи ООН в 1984 г. приняла специальную резолюцию «О недопустимости политики государственного терроризма и любых действий государств, направленных на подрыв общественно-политического строя в других суверенных государствах». Этот вид терроризма был связан с противостоянием СССР и США в годы «холодной войны».

К государственному терроризму относится и массовый террор против инакомыслия в Камбодже и других странах, военная агрессия США против Северного Вьетнама в 70-е гг. XX в. и многие другие примеры такого рода.

Все это не изжито и в XXI в., когда во имя установления демократических принципов или борьбы против распространения оружия массового поражения были осуществлены военные акции против Югославии в 2000 г. или против Ирака в 2003 г., что не принесло мира и спокойствия ни в Косово, ни в Ираке. Силовой метод установления демократии в Ираке сопровождался разрушением тоталитарных форм стабильности и безопасности, всплеском грабежей и насилия, привел к многочисленным актам сопротивления, росту исламского радикализма и влияния адептов «Аль-Каиды».

## ГЛОБАЛЬНАЯ УГРОЗА ТЕРРОРИЗМА

Подводя итоги вышесказанному, можно сделать вывод о том, что терроризм в XX–XXI вв.:

1) стал одним из наиболее опасных вызовов международной безопасности;

2) превратился в глобальную проблему;

3) стал более социально опасным для общества, многоликим по преследуемым целям и видам проявления;

4) получил возможность использовать в своих преступных целях достижения науки и техники;

5) стал в ряде случаев осуществляться при участии государственных органов, получив «статус» государственного терроризма.

Терроризм — это глобальная угроза. С ним трудно, если вообще возможно, справиться усилиями одного государства, с ним можно бороться только общими усилиями. Заметна динамика роста числа террористических групп в современном мире. Если в 80-е гг. XX в. их было от 500 до 800, то сейчас число доходит до 1000. Наметилась тенденция: террористические группы все реже берут ответственность за

теракты. Анонимность террористов создает у людей чувство беззащитности перед этой угрозой. Для эффективной борьбы с терроризмом необходимо развивать систему взаимодействия спецслужб, общими усилиями перекрывать каналы финансирования и вооружения террористов, добиваться ликвидации их баз, а также разъяснять человечеству, что терроризм — одна из самых страшных угроз современности и бороться с ним надо самыми жесткими мерами.

Бедность, религиозный и национальный экстремизм являются одними из главных причин и следствий одновременно многих глобальных проблем и ЧС, связанных с актами террора, являются питательной средой и инструментом в руках людей, служб и даже государств для управления обществом посредством устрашения во имя тех или иных интересов — политических, экономических или финансовых. Наиболее бедные страны Азии и Африки являются одновременно и убежищем для террористов и поставщиком исполнителей терактов. Резкое размежевание стран по доходам и потреблению — одна из ключевых системных особенностей современного мира.

Среднегодовой доход в США превышает 20 тыс. долларов, тогда как в Афганистане и многих других странах-изгоях он менее 1000 долларов на работающего человека. Уровню бедности и нищеты соответствует доход в два доллара в день на человека, и таких людей на планете не менее 1 млрд человек. Страны третьего мира при таком разрыве в потреблении и доходах никогда не смогут догнать США по экономическому и военному уровню, поэтому противостояние Север–Юг подчас приводит к крайним проявлениям антиглобализма, экстремизма и даже терроризма. При сохранении такого уровня неравенства ни о каком устойчивом развитии мирового сообщества, о реализации стратегии, заявленной на конференциях ООН по окружающей среде в Рио-де-Жанейро в 1992 г. и в Киото в 1997 г. или в Йоханнесбурге в 2002 г. («Всемирный саммит по устойчивому развитию»), подтвержденной на юбилейной конференции ООН по устойчивому развитию в бразильской столице «Рио+20», о новой политике в области снижения глобальных рисков говорить не приходится.

По некоторым оценкам в настоящее время существует, как отмечалось, до 1000 террористических организаций с общим объемом финансирования от 5 до 20 млрд долларов в год. И если исключить финансирование терроризма спецслужбами некоторых государств (что было распространено особенно в период «холодной» войны во второй половине XX в.), то оно связано в первую очередь с криминальной деятельностью — в первую очередь, в области наркобизнеса, торговли оружием, рэкета, игорного бизнеса, проституции. Этот вид капитала имеет такую

величину, что превратился в серьезную финансово-экономическую силу вне границ «своих» государств, которая готова использовать все способы, в том числе и теракты, для отмывания своих денег, достижения своих целей и получения новых дивидендов и преимуществ в бизнесе.

Гибель около 5000 человек после авиатерактов 11 сентября 2001 г. в США, захват около 900 заложников в Москве 24 октября 2002 г., серия взрывов на Северном Кавказе в 2003 г., палестино-израильское противостояние, взрывы, направленные против американцев в Эль-Риаде в 2003 г., амбиции и террор ИГИЛ в Ираке и Сирии и многие другие примеры свидетельствуют о возрастающей угрозе миру со стороны международного терроризма и о необходимости согласованной и скоординированной политики государств мирового сообщества.

Активное противостояние против международного терроризма, к сожалению, будет иметь место и в XXI в., до тех пор, пока не будет подлинного единства действий цивилизованного мира, пока не будут уничтожены его корни и та питательная среда, которая связана с бедностью, религиозным и национальным экстремизмом на Земле.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие цели преследуют организаторы террористических акций?
2. Что (кто) является объектами террористического воздействия?
3. Что (кто) выступает в качестве субъектов террористических действий?
4. Каковы проявления терроризма?
5. Перечислите виды терроризма.
6. В чем опасность информационного терроризма?
7. Каковы основные причины экономического терроризма?
8. Приведите примеры химического и биологического терроризма.
9. В чем опасность экологического терроризма? Приведите примеры этого вида терроризма.
10. Каковы особенности современного терроризма?
11. Что является питательной средой для терроризма?
12. Каким образом можно бороться с международным терроризмом?

## § 10.5. ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ ВЕДЕНИИ ВОЕННЫХ ДЕЙСТВИЙ

Современная военно-политическая обстановка в мире и особенно около границ Российской Федерации отличается высоким динамизмом, противоречивыми тенденциями, сложным характером и не может оцениваться однозначно.

Преодоление военного противостояния с Западом, прекращение состояния «холодной войны» и идеологической конфронтации поли-

тических систем позволило человечеству значительно снизить угрозу военных конфликтов и возможность перерастания их во всеобщую ракетно-ядерную войну.

Вместе с тем, бесконтрольное распространение и накопление современных видов оружия в мире, в том числе и ядерного, стремление к созданию однополюсного мира и доминированию в политике одной мировой сверхдержавы, при ее приверженности силовому решению сложных проблем, создают предпосылки к усилению военных угроз.

В случае возникновения на территории России локальных вооруженных конфликтов и развертывания широкомасштабных боевых действий источниками чрезвычайных ситуаций военного характера будут являться современные обычные средства поражения при высокой вероятности применения противником ядерного, химического и бактериологического оружия, а также новых видов оружия. Рассмотрим некоторые характеристики и поражающие факторы современных средств оружия.

### ЯДЕРНОЕ ОРУЖИЕ

Ядерное оружие является наиболее мощным из средств массового поражения. Его создание требует колоссальных затрат, высоких технологий, соответствующих кадров и поэтому под силу немногим странам. Военные аналитики считают, что в ядерном арсенале США находится свыше 10 000 ядерных боеприпасов (ЯБП). Франция имеет свыше 500 ЯБП, Великобритания — 300, Китай — 300, Израиль — около 100, Индия — 60, Пакистан — 7, ЮАР — 6. Корея и Иран имеют плутоний для 3 ЯБП. Кроме этих стран, активно реализуют свои ядерные программы Аргентина и Бразилия, в недавнем прошлом — Ливия. Новые ядерные стратегии США и НАТО признают возможность использования ядерного оружия не только во всеобщей войне, но и в региональных конфликтах.

США считают возможным применять ядерное оружие первыми, в том числе (в особых случаях) и против неядерных государств. Предусматривается применение ядерного оружия ограниченно, выборочно, сдержанно, после некоторого времени обычной войны (от 8 до 21 суток). Кроме этого, планируется и ведение всеобщей ядерной войны. Считается, что она может начаться в условиях резкого обострения международной обстановки.

*Ядерное оружие* (ЯО) — это оружие, взрывное действие которого основано на использовании внутриядерной энергии, выделяющейся при цепных реакциях деления тяжелых ядер некоторых изотопов урана и плутония или термоядерных реакциях синтеза легких ядер — изотопов

водорода (дейтерия и трития) — в более тяжелые, например, ядра изотопов гелия. Система ядерного оружия включает носитель (корабль, самолет), средство доставки к цели (ракету, бомбу, торпеду, фугас) и сам ядерный боеприпас.

ЯО предназначено для массового поражения людей, уничтожения или разрушения административных и промышленных центров, различных объектов, сооружений, техники.

Огромное количество энергии, высвобождающейся при взрыве ядерного боеприпаса, расходуется на образование воздушной ударной волны, светового излучения, проникающей радиации, радиоактивного заражения местности и электромагнитного импульса, называемых *поражающими факторами ядерного взрыва*.

Поражающее действие ядерного взрыва зависит от мощности боеприпаса, вида взрыва, типа ядерного заряда. Мощность ядерного боеприпаса характеризуется тротиловым эквивалентом, то есть массой тринитротолуола (тротила), энергия взрыва которого эквивалентна энергии взрыва данного ядерного боеприпаса, и измеряется в тоннах, тысячах тонн, миллионах тонн. По мощности ядерные боеприпасы подразделяются на сверхмалые (менее 1 тыс. т), малые (1–10 тыс. т), средние (10–100 тыс. т), крупные (100 тыс. т–1 млн т) и сверхкрупные (более 1 млн т).

Ядерные взрывы могут осуществляться на поверхности земли (воды), под землей (водой) или в воздухе на различной высоте. В связи с этим принято различать следующие виды ядерных взрывов: наземный, подземный, подводный, воздушный и высотный. Наиболее характерными видами ядерных взрывов являются наземный и воздушный.

*Наземный ядерный взрыв* — взрыв, произведенный на поверхности земли или на такой высоте, когда его светящаяся область касается поверхности земли и имеет форму полусферы или усеченной сферы. При наземном взрыве в грунте образуется воронка, диаметр и глубина которой зависят от высоты, мощности взрыва и вида грунта.

Наземные взрывы применяют для разрушения сооружений большой прочности, а также в тех случаях, когда желательно сильное радиоактивное заражение местности.

*Воздушным* называется ядерный взрыв, при котором светящаяся область не касается поверхности земли и имеет форму сферы. Различают низкий и высокий воздушные взрывы. При низком воздушном взрыве за счет воздействия отраженной от поверхности земли ударной волны светящаяся область может несколько деформироваться снизу.

Воздушные ядерные взрывы применяются для разрушения малопрочных сооружений, поражения людей и техники на больших площадях или когда сильное радиоактивное заражение местности недопустимо.

*Ударная волна* является основным поражающим фактором ядерного взрыва. Большинство разрушений и повреждений зданий, сооружений и оборудования объектов, а также поражения людей обусловлены, как правило, воздействием ударной волны.

В зависимости от того, в какой среде распространяется волна, ее называют соответственно воздушной ударной волной, ударной волной в воде или сейсмовзрывной волной в грунте.

Воздушная ударная волна представляет собой зону сильного сжатия воздуха, распространяющуюся во все стороны от центра взрыва со сверхзвуковой скоростью.

Основными параметрами воздушной ударной волны, определяющими ее поражающее действие, являются: избыточное давление $\Delta P_{ф}$, скоростной напор $\Delta P_{ск}$ и время действия ударной волны $t_{ув}$.

Избыточное давление во фронте ударной волны $\Delta P_{ф}$ определяет скачок давления, который происходит практически мгновенно при подходе волны к месту регистрации давления.

Скоростной напор $\Delta P_{ск}$ — это динамические нагрузки, создаваемые потоками воздуха. Скоростной напор зависит от плотности воздушных масс и связан с избыточным давлением ударной волны. Разрушительное действие скоростного напора заметно сказывается в местах с избыточным давлением более 50 кПа, где скорость перемещения воздуха более 100 м/с.

Время действия ударной волны $t_{ув}$ — это время действия избыточного давления, величина которого зависит от мощности взрыва и измеряется в секундах.

Различные разрушения зданий и сооружений, вызываемые действием воздушной ударной волны, определяются, в основном, значениями $\Delta P_{ф}$ и $t_{ув}$. Степень воздействия избыточного давления и скоростного напора в повреждении или разрушении объектов зависит от размеров, конструкции объектов и степени их связи с земной поверхностью. Поражения людей вызываются как прямым воздействием ударной волны, так и косвенным (летящими обломками зданий, деревьями и др.). Характер и степень поражения людей зависят от избыточного давления в подошедшей волне, положения в этот момент человека и степени его защиты. Полученные при этом травмы принято делить на легкие ($\Delta P_{ф}$ = 0,2...0,4 кгс/см$^2$), средние ($\Delta P_{ф}$ > 0,5 кгс/см$^2$) и крайне тяжелые или смертельные (при давлении свыше 1 кгс/см$^2$).

*Световое излучение* ядерного взрыва представляет собой электромагнитное излучение оптического диапазона в видимой, ультрафиолетовой и инфракрасной областях спектра.

Энергия светового излучения поглощается поверхностями освещаемых тел, которые при этом нагреваются. Температура нагрева зависит от многих факторов и может приводить к обугливанию, оплавлению и воспламенению поверхностей объектов.

Источником светового излучения является светящаяся область взрыва, состоящая из нагретых до высокой температуры паров материалов ядерного боеприпаса и воздуха, а при наземных взрывах — и испарившегося грунта.

На долю светового излучения приходится 30...40% всей энергии ядерного взрыва. На открытой местности световое излучение обладает наибольшим радиусом действия по сравнению с ударной волной и проникающей радиацией.

Основным параметром, характеризующим поражающее действие светового излучения, является световой импульс — количество световой энергии, падающей на единицу площади освещаемой поверхности, перпендикулярной к направлению излучения, за все время свечения области взрыва (огненного шара). Продолжительность светового импульса $t_с$, с, зависит от мощности боеприпаса и определяется по формуле

$$t_с = \sqrt[3]{q},$$

где $q$ — мощность боеприпаса, кт.

Световой импульс в данной точке прямо пропорционален мощности ядерного взрыва и обратно пропорционален квадрату расстояния до центра взрыва. На световой импульс влияют также вид ядерного взрыва, прозрачность атмосферы и другие факторы.

Поражение людей световым излучением выражается в появлении ожогов различных степеней открытых и защищенных одеждой участков кожи, а также в поражении глаз.

Ожоги могут возникать как непосредственно от излучения, так и от пламени, возникшего при возгорании от светового излучения различных материалов.

Степень воздействия светового излучения на здания, сооружения, технику и т. д. зависит от свойств их конструктивных материалов. Оплавление, обугливание и воспламенение материалов могут привести к возникновению пожаров.

*Проникающая радиация* ядерного взрыва представляет собой поток гамма-излучения и нейтронов.

Гамма-излучение и нейтронное излучение различны по своим физическим свойствам, но распространяются в воздухе одинаково во все стороны на расстояние 2,5...3 км.

Проходя через биологическую ткань, гамма-кванты и нейтроны ионизируют атомы и молекулы, входящие в состав живых клеток, результатом чего является нарушение нормального обмена веществ и изменение характера жизнедеятельности клеток, отдельных органов и систем организма, что приводит к возникновению лучевой болезни.

Источником проникающей радиации являются ядерные реакции деления и синтеза, протекающие в боеприпасах в момент взрыва, а также радиоактивный распад осколков деления.

Поражающее действие проникающей радиации характеризуется количеством энергии ионизирующих излучений, которая поглощается единицей массы облучаемой среды.

Нейтроны и гамма-излучение действуют на любой объект практически одновременно, поэтому поражающее действие проникающей радиации определяется суммированием доз гамма-излучения и нейтронов:

$$D_{\Sigma} = D_{\gamma} + D_{\text{п}}.$$

Доза облучения зависит от типа ядерного взрыва, мощности и вида взрыва, а также от расстояния до центра взрыва. Проникающая радиация является одним из основных поражающих факторов при взрывах нейтронных боеприпасов и боеприпасов сверхмалой и малой мощности.

Поражающее воздействие проникающей радиации на людей зависит от поглощенной дозы и времени, прошедшего после взрыва. В зависимости от дозы различают четыре степени лучевой болезни: I степень (легкая) возникает при суммарной дозе 100...200 рад; II степень (средняя) — 200...400 рад; III степень (тяжелая) — 400...600 рад; IV степень — свыше 600 рад.

*Радиоактивное заражение* местности, приземного слоя атмосферы, воздушного пространства, воды и других объектов возникает в результате выпадения радиоактивных веществ из облака ядерного взрыва.

Особенность радиоактивного заражения как поражающего фактора определяется тем, что высокие уровни радиации могут наблюдаться не только вблизи места взрыва, но и на большом удалении от него, а также опасностью радиоактивного заражения в течение нескольких суток и даже недель после взрыва.

Источниками радиоактивного заражения при ядерном взрыве являются: продукты (осколки) деления ядерных взрывчатых веществ;

**Рис. 10.1**
*Схема радиоактивного загрязнения местности в районе ядерного взрыва и по следу движения облака*

радиоактивные изотопы (радионуклиды), образующиеся в грунте и других материалах под воздействием нейтронов; наведенная активность; неразделившаяся часть ядерного заряда.

Каждый радиоизотоп (радионуклид) распадается со своей скоростью. Период полураспада для разных изотопов колеблется в широких пределах — от 8,05 суток для иода-131, до 14 млрд лет для тория-232.

На местности, подвергшейся радиоактивному заражению при ядерном взрыве, образуются два участка: район взрыва и след облака.

По степени опасности зараженную местность по следу облака взрыва принято делить на четыре зоны (рис. 10.1):

*Зона А — зона умеренного заражения.* Характеризуется дозой излучения $D_\infty$ до полного распада радиоактивных веществ на внешней границе зоны 40 рад и на внутренней — 400 рад. Площадь зоны А составляет 70...80% площади всего следа.

*Зона Б — зона сильного заражения.* Дозы излучения $D_\infty$ на границах равны соответственно 400 рад и 1200 рад. Площадь зоны Б — примерно 10% площади радиоактивного следа.

*Зона В — зона опасного заражения.* Характеризуется дозами излучения $D_\infty$ на границах 1200 рад и 4000 рад.

*Зона Г — зона чрезвычайно опасного заражения.* Дозы на границах $D_\infty$ — 4000 рад и 7000 рад.

Уровни радиации на внешних границах этих зон через 1 час после взрыва составляют соответственно 8, 80, 240, 800 рад/ч.

Спад уровня радиации подчиняется определенной зависимости, которая выражается формулой

$$P_t = P_1 \cdot t^{-1,2},$$

где $P_t$ — уровень радиации в любое заданное время, Р/ч; $P_1$ — уровень радиации на один час после взрыва, Р/ч; $t$ — время, прошедшее после ядерного взрыва, ч.

Большая часть радиоактивных осадков, вызывающая радиоактивное заражение местности, выпадает из облака за 10...20 ч после ядерного взрыва.

*Электромагнитным импульсом (ЭМИ) ядерного взрыва* принято называть мощные импульсные электромагнитные поля с длинами волн от 1 до 1000 м, возникающие при ядерных взрывах в атмосфере и в более высоких слоях.

Основной причиной генерации ЭМИ длительностью менее 1 с считают взаимодействие гамма-квантов и нейтронов с газом во фронте ударной волны и вокруг него. Основная часть энергии ЭМИ приходится на частоты до 30 кГц. Амплитуда может достигать очень больших значений (порядка тысяч В/м для взрывов боеприпасов малого калибра и десятков тысяч В/м — крупного калибра).

При наземном и низком воздушном взрывах поражающее воздействие ЭМИ наблюдается на расстоянии нескольких километров от центра взрыва.

При высотном ядерном взрыве могут возникать электромагнитные поля в зоне взрыва на высотах 20...40 км от поверхности земли, а также на поверхности земли в зоне радиусом до нескольких сотен километров.

Поражающее действие ЭМИ проявляется, прежде всего, в радиоэлектронной и электротехнической аппаратуре, в которой наводятся электрические напряжения, способные вызвать пробой изоляции, повреждение полупроводниковых приборов и других элементов. Наиболее подвержены воздействию ЭМИ линии связи, управления и сигнализации.

Если ядерные взрывы произойдут вблизи линии энергоснабжения и связи, имеющих большую протяженность, то наведенные на них напряжения могут по проводам распространяться на значительные расстояния, вызывая при этом повреждения радиоаппаратуры и травмы людей.

Наиболее эффективной защитой от ЭМИ является экранирование линий энергоснабжения и управления, а также радио- и электроаппаратуры.

## ХИМИЧЕСКОЕ ОРУЖИЕ

Еще в Крымской войне 1853–1856 гг. во время осады Севастополя английская армия применяла сернистый газ для «выкуривания» обороняющихся русских гарнизонов из инженерных сооружений.

В конце XIX в. промышленная революция привела к возможности применять ядовитые вещества как боевое оружие.

Учитывая это обстоятельство, в Гааге были своевременно приняты документы о запрещении химического и биологического оружия, получившие название Гаагских Соглашений 1899 и 1907 гг.

Однако, в Первую мировую войну эти соглашения были нарушены. Немецкие войска 22 апреля 1915 г. в районе реки Ипр (Бельгия) провели первую газовую атаку в истории войн. В первые часы химической атаки погибло около 6000 человек, а 15 000 получили поражения различной степени тяжести. Всего в Первую мировую войну было применено 125 тыс. тонн различных отравляющих веществ (ОВ). Поражено было 1 млн 300 тыс. человек (то есть на 1 т ОВ примерно 10 пораженных), из них 100 тыс. погибло.

После Первой мировой войны, несмотря на подписание 37 государствами 17 июня 1925 г. в Женеве «Протокола о запрещении применения на войне удушливых, ядовитых или других подобных газов и бактериальных средств», химическое оружие (ХО) применялось неоднократно. В 1935–1936 гг. во время Итало-Эфиопской (Абиссинской) войны итальянцы применяли фосген и иприт. Было произведено 19 авиационных налетов, поражено 250 тыс. человек, из них 15 тыс. погибло. Во время японо-китайской войны 1937–1943 гг. примерно 10% потерь были вызваны применением химического оружия.

Во Вторую мировую войну ХО широкого применения не нашло. Однако оно играло роль сдерживающего фактора.

После Второй мировой войны благодаря научно-технической революции произошла революция и в области химического оружия. Полигонами по испытанию новых видов ХО стали: Корея (1951–1952 гг.), Вьетнам, Лаос, Камбоджа (1961–1971 гг.). В этих войнах было применено более 100 тыс. тонн различных боевых токсичных химических веществ, что привело к поражениям различной степени тяжести примерно 2 млн человек, заражению 360 тыс. га земли, 500 тыс. га леса. Использовались дефолианты (в том числе содержащие диоксин), гербициды, инкапаситанты (CS — Си-Эс, адамсит, хлорпикрин, бромацетон, BZ — Би-Зэт).

В настоящее время химическим оружием обладают 30 стран. Реальность такова, что несмотря ни на какие конвенции, химическое оружие разрабатывается во многих странах мира и планируется его

применение в больших войнах, локальных конфликтах и при проведении террористических акций, таких как в токийском метро. Во Вьетнаме, в Палестине, в Анголе, в Ираке — везде применялось химическое оружие.

*Химическое оружие* — это один из видов оружия массового поражения, поражающее действие которого основано на применении боевых токсичных химических веществ (БТХВ).

Химическое оружие рассматривается как оружие оперативно-тактического назначения. Оно применяется внезапно, массированно, на основе простых планов и при строгом соблюдении единства командования, в сочетании с обычным и ядерным оружием. Применением химического оружия решаются три задачи:

1) поражение людей;

2) уничтожение растительности;

3) сковывание работы объектов и учреждений.

Система химического оружия включает два компонента: БТХВ и средства их применения.

К БТХВ относятся три группы веществ: отравляющие вещества (ОВ), токсины и фитотоксиканты. ОВ и токсины предназначены для поражения людей и животных, а фитотоксиканты — для поражения растительности.

*Отравляющие вещества* — химические соединения, вызывающие при их боевом применении поражение живой силы, а также заражение воздуха, местности, техники и обмундирования.

Наиболее широкое распространение получила классификация ОВ по тактическому назначению и физиологическому действию на организм.

По тактическому назначению ОВ распределяются на смертельные, временно выводящие живую силу из строя и раздражающие.

По физиологическому воздействию на организм ОВ подразделяются на следующие группы:

1) нервно-паралитического действия, поражающие нервную систему (V-газы, GB — зарин, GD — зоман) и отличающиеся высокой степенью токсичности. Эти вещества вызывают расстройства функций нервной системы, мышечные судороги и паралич;

2) общеядовитого действия, вызывающие общее отравление организма (АС — синильная кислота, СК — хлорциан);

3) удушающего действия, поражающие органы дыхания (CG — фосген);

4) кожно-нарывного действия, поражающие кожные покровы (HD — иприт) и вызывающие на теле долго незаживающие язвы;

5) психотропные, наносящие поражение центральной нервной системе (диэтиламид, лизергиновая кислота, псилоцид и др.).

Из ОВ смертельного действия в настоящее время на вооружении состоят VX — Ви-Икс, зарин, иприт. Из ОВ временно и кратковременно выводящих из строя — BZ, CS, CR.

*Токсины* — химические вещества белковой природы растительного, животного или микробного происхождения, обладающие высокой токсичностью и способные при их применении оказывать поражающее действие на людей и животных. Токсины, в отличие от ядов небелковой природы, вырабатывают в организме иммунитет.

В настоящее время на вооружении состоят две рецептуры на основе токсинов: XR — ботулинический токсин типа «А», сильнейший из всех известных в настоящее время ядов смертельного действия; PG — стафилококковый энтеротоксин типа «Б», вызывает рвоту.

Из числа токсинов растительного происхождения наибольшее значение, по мнению специалистов США, имеет рицин. Рицин получают экстракцией из семян клещевины. По ингаляционной токсичности рицин близок к зарину и зоману.

Токсины животного происхождения продуцируются некоторыми видами змей, а также отдельными видами членистоногих (скорпионами, пауками). Однако боевое применение их маловероятно.

При хранении в жидком состоянии токсины быстро разрушаются, но в высушенном виде сохраняют свою токсичность в течение многих недель и месяцев.

Токсины разрушаются дезинфицирующими растворами и длительным кипячением.

*Фитотокситанты* — токсичные химические вещества (рецептуры), предназначаемые для поражения различных видов растительности.

В качестве табельных фитотоксикантов на вооружении армии США состоят три основные рецептуры: «Оранжевая» (Orange), «Белая» (White), «Синяя» (Blue). Особую опасность представляет диоксин — технологическая примесь «Оранжевой» рецептуры — высокотоксичное вещество с многосторонним замедленным действием, приводящим к гибели через несколько недель после поражения. Обладает выраженным кумулятивным действием.

К числу параметров, по которым целесообразно характеризовать БТХВ, можно отнести тактическое назначение, быстродействие, стойкость и токсичность.

Для применения БТХВ существует современная система средств их применения. Эта система включает химические боеприпасы и бое-

вые приборы, позволяющие применять ХО на всю глубину оперативного построения сил.

Основным носителем ХО является авиация, имеющая на вооружении химические авиабомбы; кассеты разового действия, а также кассетные установки для выстреливания химических боеприпасов; выливные и распылительные авиационные приборы. Второе по значению место занимают ракетно-артиллерийские средства. Кроме того, на вооружении многих армий имеются химические средства ближнего боя, такие как химические генераторы аэрозолей, химические фугасы, химические шашки, гранаты и патроны.

## УНИЧТОЖЕНИЕ ЗАПАСОВ ХО В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Ратифицировав в 1997 г. Гаагскую Конвенцию о запрещении разработки, производства, накопления, применения химического оружия и его уничтожении, Россия взяла на себя международные обязательства по ликвидации химического оружия, доставшегося ей в наследство от СССР (около 40 тыс. т).

Постановлением Правительства Российской Федерации от 21 марта 1996 г. № 305 утверждена Федеральная целевая программа «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации». Полное уничтожение химического оружия будет завершено в 2016 г.

Все запасы химического оружия бывшего Советского Союза оказались сосредоточены в семи арсеналах в Европейской части России. В шести из них складировано примерно одинаковое количество запасов ХО.

Масштаб проблемы и потенциальная угроза, которую влечет хранение и уничтожение ХО, вызывает беспокойство, особенно в условиях борьбы с терроризмом.

Отдельной проблемой является создание и поддержание инфраструктуры поселков рядом с объектами по хранению и уничтожению химического оружия.

Согласно Федеральному закону «Об уничтожении химического оружия» от 2 мая 1997 г. № 76-ФЗ определяется *зона защитных мероприятий* — как территория вокруг объектов, в пределах которой осуществляется специальный комплекс защитных мероприятий, направленных на обеспечение коллективной и индивидуальной защиты граждан, защиты окружающей среды от возможного воздействия токсичных химикатов вследствие возникновения чрезвычайных ситуаций.

В этой зоне необходимо решать ряд задач социально-медицинского характера, а именно:

1) обеспечение медицинского, социально-гигиенического мониторинга здоровья персонала объектов по хранению и уничтожению химического оружия, привлекаемых работников и граждан, проживающих и работающих в зонах защитных мероприятий;

2) использование эффективных средств антидотной терапии, лекарственных препаратов и пищевых добавок для повышения устойчивости организма граждан, занятых на работах с химическим оружием;

3) поддержание в готовности к применению средств индивидуальной и коллективной защиты персонала объектов по хранению и уничтожению химического оружия, привлекаемых работников и граждан, проживающих и работающих в зонах защитных мероприятий.

## ОБЫЧНЫЕ СРЕДСТВА ПОРАЖЕНИЯ

Термины «обычные средства поражения», «обычное оружие» вошли в употребление после появления ядерного оружия, обладающего неизмеримо более высокими боевыми свойствами.

К **обычному оружию** относятся все огневые и ударные средства, применяющиеся артиллерийские, защитные, авиационные, стрелковые и инженерные боеприпасы и ракеты в обычном снаряжении, зажигательные боеприпасы и смеси.

Обычное оружие может применяться самостоятельно и в сочетании с ядерным оружием для поражения живой силы и техники противника, а также для разрушения и уничтожения различных объектов (химически опасных объектов (ХОО), радиационно опасных объектов (РОО), пожаро-взрывоопасных объектов (ПВОО), гидротехнических сооружений и др.).

По принципу доставки обычные средства поражения (ОСП) можно условно разделить на три группы.

Первую группу составляют баллистические и крылатые ракеты.

Такие ракеты оснащаются полубронебойной, осколочно-фугасной или кассетной боевой частью. Радиус действия таких ракет не превышает 700...800 км.

Во вторую группу ОСП входят авиационные средства поражения в обычном снаряжении. При доставке средств поражения может использоваться авиация с дальностью действия до 18 тыс. км.

Третья группа обычных средств поражения доставляется к намеченной цели при помощи ракетно-артиллерийских и реактивных систем, а также стрелкового оружия. Дальность доставки к цели таких средств поражения может достигать 120...170 км.

По действию обычное оружие делят на осколочные, фугасные, кумулятивные, бетонобойные, зажигательные боеприпасы и боеприпасы объемного взрыва.

*Осколочные* боеприпасы предназначены главным образом для поражения людей. Наиболее эффективными боеприпасами этого типа являются шариковые бомбы, которые сбрасываются с самолетов в кассетах, содержащих от 96 до 640 бомб. Над землей такая кассета раскрывается, а бомбы разлетаются и взрываются на площади до 250 тыс. м$^2$. Убойная сила поражающих элементов (металлические шарики диаметром 2...3 мм) каждой бомбы сохраняется в радиусе до 15 м.

Основное назначение *фугасных* боеприпасов — разрушение промышленных, жилых и административных зданий, железнодорожных и автомобильных магистралей, поражение техники и людей. Основным поражающим фактором фугасных боеприпасов является воздушная ударная волна, возникающая при взрыве обычного взрывчатого вещества (ВВ), которым снаряжаются эти боеприпасы.

*Кумулятивные* боеприпасы предназначены для поражения бронированных целей. Принцип их действия основан на прожигании преграды мощной струей продуктов детонации ВВ с температурой 6 тыс. градусов и давлением 6 тыс. атм.

*Бетонобойные* боеприпасы предназначены для поражения железобетонных сооружений высокой прочности, а также для разрушения взлетно-посадочных полос аэродромов. В корпусе боеприпаса размещается два заряда — кумулятивный и фугасный — и два детонатора. При встрече с преградой срабатывает детонатор мгновенного действия, который подрывает кумулятивный заряд. С некоторой задержкой (после прохождения боеприпаса через перекрытие) срабатывает второй детонатор, подрывающий фугасный заряд, который и вызывает основное разрушение объекта.

*Зажигательные* боеприпасы предназначаются для поражения людей, уничтожения огнем зданий и сооружений промышленных объектов и населенных пунктов, подвижного состава и различных складов.

Основу зажигательных боеприпасов составляют зажигательные вещества и смеси, которые принято делить на следующие группы: зажигательные смеси на основе нефтепродуктов (напалмы); металлизированные зажигательные смеси (пирогели); термит и термитные составы; обычный или пластифицированный фосфор.

Пирогели — загущенные металлизированные огнесмеси на основе нефтепродуктов, в своем составе имеющие магниевую или алюминиевую стружку (порошок), поэтому они горят со вспышками, развивая

температуру до 1600°С и выше. Образующийся при горении шлак способен прожигать тонкие листы металла.

Термитные составы — это механические смеси, состоящие из порошкообразных металлов (например, алюминия) и окисей металлов (например, закиси-окиси железа). При горении термитных составов развивается температура до 3000°С. Так как в результате протекающей химической реакции из окислов металла выделяется кислород, термитные составы могут гореть и без доступа воздуха.

Белый фосфор самовоспламеняется на воздухе, развивая температуру горения около 900°С. При горении выделяется большое количество белого ядовитого дыма (окиси фосфора), который, наряду с ожогами, может стать причиной тяжелых поражений людей.

Принцип действия боеприпасов *объемного взрыва* (БОВ) заключается в следующем: жидкое топливо, обладающее высокой теплотворной способностью, помещенное в специальную оболочку, при взрыве разбрызгивается, испаряется и перемешивается с кислородом воздуха, образуя сферическое облако топливно-воздушной смеси радиусом около 15 м и толщиной слоя 2–3 м. Образовавшаяся смесь подрывается в нескольких местах специальными детонаторами. В зоне детонации за несколько десятков микросекунд развивается температура 3000°С.

В момент взрыва внутри оболочки из топливно-воздушной смеси образуется относительная пустота. Возникает нечто похожее на взрыв оболочки шара с откачанным воздухом («вакуумная бомба»).

Основным поражающим фактором БОВ является ударная волна. Боеприпасы объемного взрыва по своей мощности занимают промежуточное положение между ядерными и фугасными боеприпасами.

**Высокоточное оружие** объединяет в себе два элемента: поражающие средства и автоматические средства наведения. Такая система управления полностью исключает человека из процесса наведения оружия на цель, действует принцип «выстрелил и забыл».

К высокоточному оружию относят также управляемые авиационные бомбы (УАБ). По внешнему виду они напоминают авиационные бомбы обычного типа и отличаются от последних наличием системы управления и небольших крыльев. УАБ предназначены для поражения малоразмерных целей.

Отличительным признаком высокоточного оружия является вероятность поражения цели с первого выстрела в любое время суток и при любых метеорологических условиях.

Стационарное расположение объектов экономики позволяет противнику заранее установить их координаты и наиболее уязвимые мес-

та в технологическом комплексе. Этот факт свидетельствует о существенной роли высокоточного оружия в современном вооруженном конфликте, так как в этом случае оно может быть использовано по целям, роль и значение которых особенно важны для устойчивости функционирования объекта в целом, — например, для разрушения источников энергоснабжения промышленного объекта.

Таким образом, обычные средства поражения на сегодняшний день являются высокоэффективным средством вооруженной борьбы, и их использование будет приводить к поражению населения и разрушению объектов экономики. Для определения эффективности мероприятий по защите населения и территорий необходимо уметь пользоваться методиками по определению показателей возможной обстановки при применении обычных средств поражения.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите поражающие факторы ядерного оружия.
2. От чего зависит поражающее действие ядерного взрыва?
3. Что является основным поражающим фактором ядерного взрыва?
4. Какие параметры определяют поражающее действие воздушной ударной волны?
5. Каковы особенности светового излучения ядерного взрыва?
6. От чего зависит воздействие проникающей радиации? Какие степени лучевой болезни выделяют в зависимости от дозы облучения?
7. Какие зоны радиоактивного заражения вы знаете? Дайте их характеристику.
8. В чем проявляется поражающее действие ЭМИ?
9. Какие группы веществ относятся к боевым токсичным химическим веществам?
10. Как классифицируют по физиологическому воздействию отравляющие вещества? Приведите примеры.
11. На какие виды по действию делят обычное оружие?

ГЛАВА 11

# ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

*Всё чередой идёт определенной,*
*Всему пора, всему свой миг...*
А. С. Пушкин

## § 11.1. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ И ТЕРРИТОРИЙ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

*Защита населения* — это комплекс взаимоувязанных по месту, времени проведения, цели, ресурсам мероприятий Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС), направленных на устранение или снижение на пострадавших территориях до приемлемого уровня угрозы жизни и здоровью людей в случае реальной опасности возникновения или в условиях реализации опасных и вредных факторов и стихийных бедствий, техногенных аварий и катастроф.

Безопасность людей в ЧС обеспечивается: 1) повышением устойчивости функционирования систем и объектов жизнеобеспечения; 2) организацией и проведением защитных мероприятий; 3) ликвидацией последствий и реабилитацией населения, территорий и окружающей среды, подвергшихся воздействию факторов ЧС.

### ОСНОВЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И МИНИМИЗАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧС

Предупреждение и минимизация последствий ЧС основывается на соблюдении определенных принципов. К ним относятся:

1. Идентификация и мониторинг опасных объектов, ведение реестров.
2. Планирование мероприятий по обеспечению безопасности в ЧС.
3. Проведение плановых комплексных мероприятий по повышению безопасности и устойчивости объектов в условиях ЧС.
4. Подготовка персонала предприятий к действиям в ЧС.
5. Подготовка населения к действиям в ЧС.
6. Подготовка и содержание в готовности необходимых сил и средств.

7. Прогнозирование и оценка обстановки при ЧС.

8. Заблаговременная подготовка средств защиты.

9. Организация надежного информационного обеспечения.

10. Проведение эвакуационных мероприятий в ЧС.

11. Организация и проведение аварийно-спасательных и других неотложных работ.

12. Обеспечение устойчивости функционирования объекта экономики в ЧС.

13. Наличие разработанной нормативно-правовой базы в области ЧС.

14. Контроль выполнения требований законодательных и нормативных правовых актов.

15. Организация системы предупреждения и ликвидации ЧС мирного и военного времени.

## ПАСПОРТ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНА

Приказом № 484 Министерства РФ по делам гражданской обороны, ЧС и ликвидации последствий стихийных бедствий от 25 октября 2004 г. утвержден типовой паспорт безопасности территорий субъектов РФ и муниципальных образований (РГ 2.12.04 № 267). Этот документ развивает идею декларирования опасностей, которая уже реализована в области промышленной безопасности.

В паспортах территорий учитываются все виды потенциальных опасностей, а также силы и средства защиты, которые имеются в регионе. Паспорт утверждается руководителем высшего исполнительного органа субъекта РФ (главой муниципального объединения).

В паспорте имеются следующие разделы:

I. Общая характеристика территории.

II. Характеристика опасных объектов на территории.

III. Показатели риска природных ЧС.

IV. Показатели риска техногенных ЧС.

V. Показатели риска биолого-социальных ЧС.

VI. Характеристика организационно-технических мероприятий по защите населения.

VII. Расчетно-пояснительная записка, обосновывающая показатели рисков.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что понимается под защитой населения в ЧС?
2. Какими мероприятиями обеспечивается безопасность людей в ЧС?
3. На каких принципах основано предупреждение и минимизация последствий в ЧС?
4. Что представляет собой паспорт безопасности региона?
5. Какие разделы должны быть представлены в паспорте безопасности?

## § 11.2. ЕДИНАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ЧС

Опасности в виде аварий, взрывов, катастроф носят объективный характер и происходят во всех странах мира. Поэтому правительства в своих странах создают с учетом национальных особенностей органы и организации по предупреждению и ликвидации ЧС.

Для защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации создана Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС).

Помимо РСЧС в России действует система Гражданской обороны, которая в соответствии с последней редакцией от 19.06.2007 г. Федерального закона «О гражданской обороне» представляет собой систему мероприятий по подготовке к защите и по защите населения, материальных и культурных ценностей на территории Российской Федерации от опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, *а также при возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера*.

Гражданская оборона как комплекс мер по защите населения возникла у нас и в других странах в начале XX в. в связи с ростом боевых возможностей авиации. В нашей стране ее зарождение относится к марту 1918 г., когда впервые были определены правила поведения населения в условиях воздушного нападения.

В дальнейшем в оборонной политике государства проявлялась тенденция к объединению всех мероприятий по противовоздушной и противохимической обороне в единую систему. Постановление Совета Народных комиссаров СССР от 4 октября 1932 г. «О противовоздушной обороне СССР» закрепило это объединение. В результате была создана местная противовоздушная оборона (МПВО) страны. МПВО организовывала и проводила комплекс организационно-технических мероприятий по защите населения в зоне досягаемости авиации вероятного противника.

В 1956 г. в связи с появлением реальной угрозы применения ядерного оружия были изменены состав и организационная структура МПВО, уточнены ее задачи. Она стала организовываться и проводиться на территории всей страны.

В 1961 г. МПВО была преобразована в Гражданскую оборону СССР, которая стала составной частью системы общегосударственных оборонных мероприятий. Был принят территориально-производствен-

ный принцип ее построения, значительно расширился и усложнился круг задач.

За время своего существования гражданская оборона страны прошла несколько этапов своего развития. В январе 1992 г. Гражданская оборона была выведена из структуры Минобороны России, Вооруженных сил СНГ и объединена с созданным в декабре 1991 г. ГКЧС России. Органы ее управления и войска ГО были нацелены на решение задач по защите населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера. В 1994 г. ГКЧС России преобразован в МЧС России.

Вступивший в силу в феврале 1998 г. Федеральный закон «О гражданской обороне» определил задачи гражданской обороны в современных условиях, правовые аспекты их осуществления, полномочия, общие обязанности и права органов государственной власти, органов местного самоуправления и организаций, руководителей гражданской обороны всех уровней и их органов управления в области ГО, состав сил и средств ГО, принципы ее организации и ведения.

В последние годы для обозначения проблемы защиты населения и территорий в мирное и военное время стал использоваться термин «гражданская защита». В перспективе — создание единой системы гражданской защиты.

Необходимость создания такой системы вызвана:

1) изменением характера ведения современных войн и соответственно изменением средств и способов защиты населения и расширением задач ГО;

2) военными конфликтами и терроризмом, которые ведут к нанесению ударов по потенциально опасным объектам, так как ЧС природного и техногенного характера вызывают такие же разрушения объектов, что и во время ведения военных действий, то есть объединяются задачи по защите населения в мирное и военное время;

3) возможностью малыми затратами поднять потенциал ГО и РСЧС на более высокий уровень.

Подобные системы создаются в ряде стран. Например, в США создано Федеральное агентство по управлению в чрезвычайных ситуациях (сокращенно FEMA или NEMA). Аналогичные структуры действуют в Дании, Бельгии, Италии и других странах.

В России с 1992 г. для обеспечения безопасности населения и территорий в чрезвычайных ситуациях природного, техногенного и экологического характера функционирует «Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» (РСЧС). Постановлением Правительства РФ № 794 от 30.12.2003 г. утверждено обновленное Положение об этой системе.

*Основными задачами* системы являются:

1) проведение единой государственной политики в области обеспечения безопасности;

2) формирование системы экономических и правовых мер по обеспечению безопасности;

3) осуществление государственных целевых и научно-технических программ в области безопасности;

4) обеспечение высокой готовности к действиям в ЧС и проведению работ по их ликвидации;

5) прогнозирование и оценка социально-экономических последствий ЧС;

6) организация жизнеобеспечения пострадавшего населения;

7) обучение и подготовка населения к действиям в ЧС, подготовка и повышение квалификации специалистов системы;

8) создание и использование чрезвычайных резервных фондов (финансовых, продовольственных, медицинских и материально-технических) для обеспечения безопасности;

9) осуществление международного сотрудничества в области обеспечения безопасности.

Приведем **основные положения** рассматриваемого документа.

1. Единая система (ЕС) объединяет органы управления, силы и средства для выполнения задач, предусмотренных ФЗ «О защите населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера».

2. ЕС состоит из функциональных и территориальных подсистем.

3. ЕС функционирует на федеральном, межрегиональном, региональном, муниципальном и объектовом уровнях.

4. Функциональные подсистемы создаются в федеральных органах исполнительной власти (ФОИВ). Перечень ФОИВ с соответствующими этим органам функциями по предупреждению и ликвидации ЧС приводится в Положении.

5. Территориальные подсистемы создаются в субъектах РФ для предупреждения и ликвидации ЧС в пределах территорий этих субъектов.

6. На каждом уровне ЕС создаются: координационные органы; постоянно действующие органы; органы повседневного управления; силы и средства, резервы ресурсов, системы связи и оповещения.

7. Координационные органы — это соответствующие комиссии по предупреждению и ликвидации ЧС и обеспечению пожарной безопасности: на федеральном уровне — Правительственная комиссия и комиссии ФОИВ, на региональном (в пределах территории субъекта РФ) — комиссия органа исполнительной власти субъекта РФ, на му-

ниципальном уровне (в пределах территории муниципального образования) — комиссия органа местного самоуправления, на объектовом уровне — комиссия организации. В пределах федеральных округов работы по координации осуществляют полномочные представители Президента РФ. Полномочия комиссий определяются положением о них. Возглавляются комиссии руководителями соответствующих органов или их заместителями.

Основными задачами комиссий по предупреждению и ликвидации ЧС и обеспечению пожарной безопасности в соответствии с их компетенцией являются:

а) разработка предложений по реализации государственной политики в области предупреждения и ликвидации ЧС и обеспечения пожарной безопасности (ПБ);

б) координация деятельности органов управления и сил единой системы;

в) обеспечение согласованных действий ФОИВ, органов исполнительной власти субъекта РФ, органов местного самоуправления и организаций при решении задач предупреждения и ликвидации ЧС и обеспечения ПБ, а также строительно-восстановительных работ;

г) рассмотрение вопросов о привлечении сил и средств ГО к организации и проведению мероприятий по предотвращению и ликвидации ЧС.

8. Постоянно действующими органами управления являются:

а) на федеральном уровне — МЧС России, подразделения ФОИВ для решения задач в области защиты населения и территорий от ЧС и (или) гражданской обороны;

б) на региональном уровне — территориальные органы МЧС России, специально уполномоченные решать задачи ГО и задачи по предупреждению и ликвидации ЧС по субъектам РФ — главные управления МЧС по субъектам;

в) на муниципальном уровне — органы, специально уполномоченные на решение задач в области защиты населения и территорий от ЧС и (или) гражданской обороны при органах местного самоуправления;

г) на объектовом уровне — структурные подразделения организаций.

9. Органами повседневного управления единой системы являются: центры управления в кризисных ситуациях, информационные центры, дежурно-диспетчерские службы ФОИВ; центры управления в кризисных ситуациях региональных центров; центры управления в кризисных ситуациях главных управлений МЧС по субъектам РФ, информцентры, дежурно-диспетчерские службы органов исполнительной власти субъектов РФ и территориальных органов ФОИВ;

дежурно-диспетчерские службы муниципальных образований и организаций (объектов).

10. В состав сил и средств каждого уровня единой системы входят силы и средства постоянной готовности: аварийно-спасательные службы, аварийно-спасательные формирования, оснащенные специальной техникой, оборудованием, инструментом, материалами с учетом обеспечения АСДНР в зоне ЧС в течение 3 суток, иные службы и формирования.

11. Для приема сообщений о ЧС, в том числе вызванных пожаром, установлен единый телефонный номер — 01.

12. Органы управления и силы ЕС функционируют в трех режимах:

а) при отсутствии угрозы возникновения ЧС — режим повседневной деятельности;

б) при угрозе возникновения ЧС — режим повышенной готовности;

в) при возникновении и ликвидации ЧС — режим чрезвычайной ситуации.

В каждом режиме проводятся соответствующие мероприятия.

13. Ликвидация ЧС осуществляется в соответствии с установленной Правительством РФ классификацией ЧС, а именно, в случае ЧС:

а) локальной — силами и средствами организации;

б) муниципальной — силами и средствами органов местного самоуправления;

в) межмуниципальной и региональной — силами и средствами исполнительной власти субъекта РФ;

г) межрегиональной и федеральной — силами субъектов РФ, оказавшихся в зоне ЧС;

д) трансграничной — по решению Правительства РФ в соответствии с международными договорами.

14. Руководство силами и средствами, привлеченными к ликвидации ЧС, осуществляют руководители работ, определенные законодательством.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие системы для защиты от чрезвычайных ситуаций созданы в Российской Федерации?
2. Какие основные задачи решает РСЧС?
3. Из каких подсистем состоит единая система и для чего они предназначены?
4. На каких уровнях функционирует единая система?
5. Какие органы создаются на каждом уровне единой системы?
6. В каких режимах функционируют органы управления и силы единой системы?
7. Какими силами осуществляется ликвидация ЧС на различных уровнях РСЧС?

## § 11.3. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Рассмотрим некоторые из положений, необходимых для разработки предупредительных мер.

**Составление номенклатуры опасностей.** Для каждой ЧС характерно наличие тех или иных опасностей (в системе ЧС их принято называть поражающими факторами). Задача специалистов в области ЧС состоит в том, чтобы идентифицировать эти опасности.

Так, при взрывах конденсированных ВВ образуется избыточное давление воздушной среды, которое уменьшается по определенной зависимости по мере удаления от места взрыва. Такой взрыв сопровождается также образованием токсичных газов, дыма, высокой температурой, скоростным напором воздушной среды, сильным звуком и другими явлениями.

Целесообразно заблаговременно (в рамках декларации или паспорта безопасности) составить полный перечень (номенклатуру) таких потенциальных опасностей для любой гипотетической ЧС с учетом конкретных условий.

**Квантификация опасностей.** Идентифицируемые опасности необходимо оценить количественно. Очевидно, что давление взрыва и количество образующихся токсических веществ зависят, например, от массы заряда.

**Учет погодных условий.** Течение многих ЧС существенно зависит от метеорологических, топографических, климатических и иных условий.

Так, распространение облака газообразных продуктов взрыва зависит от скорости и направления ветра. С этой целью для гипотетических аварий необходимо учитывать «розу ветров», для конкретной — определять или запрашивать эти параметры в метеорологической службе.

**Определение размеров зоны ЧС.** Это сложная задача, которая не может быть решена априорно с большой точностью в силу наличия многих трудно учитываемых факторов. Решение этой задачи имеет характер прогноза.

Прогноз — это научно-обоснованное суждение о состоянии какого-либо явления в будущем, имеющее вероятностный характер. Поэтому более корректно говорить о прогнозировании размеров зон ЧС.

**Учет физико-химических свойств веществ и процессов.** Газообразные продукты, образующиеся в результате аварий, могут иметь плотность, отличающуюся от плотности воздуха. Это обстоятельство

имеет существенное значение, и его необходимо учитывать при действиях не только в ЧС. В современных условиях нередки аварии, которые происходят при перевозке веществ в жидком состоянии. В зависимости от термодинамического состояния жидкости, находящейся в сосуде, возможны три пути протекания процесса при его разгерметизации:

1) при больших энергиях перегрева жидкости или сжатых газов (паров) жидкость может полностью переходить во взвешенное мелкодисперсное и парообразное состояние с образованием взрывоопасных смесей;

2) при низких энергетических параметрах жидкости происходит спокойный ее пролив на твердую поверхность, а испарение осуществляется за счет теплоотдачи от твердой поверхности;

3) в промежуточном режиме в начальный момент происходит резкое вскипание жидкости с образованием мелкодисперсной фракции, а затем наступает режим свободного испарения с относительно низкими скоростями.

Для определения размеров зон воздействия необходимо вначале определить, какое количество жидкости или газа поступит в окружающую среду при том или ином виде аварии.

**Использование современной вычислительной техники и программ.** Учитывая чрезвычайную сложность процессов, происходящих при ЧС, и большой объем данных и зависимостей, необходимо разрабатывать программы и использовать для этих целей компьютерные технологии.

В качестве примера прогнозирования ЧС и предварительной оценки обстановки рассмотрим методику РД 52.04, разработанную для заблаговременного и оперативного прогнозирования масштабов заражения при авариях на химически опасных объектах (ХОО) и транспорте в случае выброса АХОВ в окружающую среду.

При аварийном выбросе вещества образуется *первичное* или *вторичное* облако, либо сразу то и другое. Первичное облако образуется в результате мгновенного перехода в атмосферу части АХОВ; вторичное — при испарении после разлива АХОВ. Только первичное облако образуется, если АХОВ представляет собой газ (CO, $NH_3$); только вторичное, когда АХОВ — высококипящая жидкость (гептил). Оба облака образуются, если вскрывается изотермический резервуар.

Поведение облака АХОВ в воздухе зависит от его плотности по отношению к плотности воздуха, концентрации и степени вертикальной устойчивости атмосферы (СВУА). Хлор, сернистый ангидрид тяжелее воздуха, поэтому и облако этих газов распространяется по ветру, прижимаясь к земле (у аммиака наоборот). Первичное облако рас-

пространяется дальше, чем вторичное, но действует кратковременно в момент прохождения через объект. Продолжительность действия вторичного облака определяется временем испарения и устойчивостью атмосферы, но концентрация АХОВ в нем в 10...100 раз ниже, чем в первичном облаке.

В городах наблюдается распространение облака по магистральным улицам к центру, проникновением во дворы, тупики. Некоторые АХОВ 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 АХОВ производится прогнозирование и оценка химической обстановки, которая может создаться после аварии. В первую очередь, это относится к оценке размеров зоны поражения, а также времени поражающего действия, возможных людских потерь.

Для прогноза необходимы исходные данные: объем хранилища АХОВ $V$, м$^3$; физико-химические свойства вещества; метеорологические условия (температура воздуха, скорость ветра на высоте 10 м — на высоте флюгера, СВУА); время после аварии $N$, ч; расстояние до объекта $L$, м.

При определении степени вертикальной устойчивости атмосферы (СВУА) различают инверсионно-нисходящие потоки воздуха, способствующие увеличению концентрации АХОВ в приземном слое; конвекцию — восходящие потоки воздуха, рассеивающие облако; изотермию — безразличное состояние атмосферы, наиболее часто встречающееся в реальных условиях. СВУА — функция от скорости ветра, облачности, времени суток, она определяется по таблицам согласно РД 52.04.53-90 «Методика прогнозирования масштабов заражения СДЯВ при авариях (разрушениях) на ХОО и транспорте».

Учет многочисленных факторов, влияющих на определение требуемых характеристик (количества АХОВ в облаках, продолжительности поражающего действия и др.) корректируется поправочными коэффициентами, полученными численно-математическими способами.

Факторы и соответствующие им значения коэффициентов следующие: условия хранения — $K_1$ = 0,01...0,2; физико-химические свойства — $K_2$ = 0,02...0,06; токсодоза — $K_3$ = 0,01...3,0; скорость ветра — $K_4$ = 1...4; метеоусловия для первичного облака — $K_5$ = 1; 0,23; 0,08; время после аварии — $K_6$ = 1...3; температура воздуха — $K_7$ = 0,1...1,0; метеоусловия для вторичного облака — $K_8$ = 0,081 (инверсия), 0,133 (изотермия), 0,235 (конвекция).

Количество выброшенного в окружающую среду АХОВ определяется по формуле

$$Q_0 = \rho V,$$

где ρ — плотность вещества, т/м$^3$; $Q_0$ — количество АХОВ, вышедшее в окружающую среду, т.

Радиус района аварии для низкокипящих АХОВ (хлора, аммиака, сероводорода, формальдегида и др.) можно оценить по формуле

$$R_{ан} = 50\sqrt{Q_0},$$

где $R_{ан}$ — радиус района аварии для низкокипящих АХОВ, м.

Предельный радиус района аварии для низкокипящих АХОВ составляет 1000 м.

Радиус района аварии для высококипящих АХОВ (синильной кислоты, сероуглерода, соляной кислоты и др.) определяется по формуле

$$R_{ав} = 25\sqrt{Q_0}.$$

Предельный радиус района аварии для этих АХОВ составляет 500 м.

При пожарах радиус района аварии может увеличиваться в 1,5...2 раза.

Эквивалентное количество АХОВ, прошедшего в первичное и вторичное облако:

$$Q_{э1} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7 \cdot Q_0;$$

$$Q_{э2} = (1 - K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot \frac{Q_0}{h\rho},$$

где $h$ — высота слоя жидкости.

При свободном разливе АХОВ $h$ = 0,05 м. При разливе АХОВ в поддон или обваловку $h$ = ($H$ – 0,2) м, где $H$ — высота поддона (обваловки), м.

Глубина зоны возможного заражения первичным ($Г_1$) и вторичным ($Г_2$) облаком находится по табличным данным методики (табл. 11.1). Полная глубина равна Г = Г′ + 0,5Г″, где Г′, Г″ — наибольший и наименьший размеры первичного или вторичного облака.

*Таблица 11.1*

**Глубина зоны заражения, км**

| Скорость ветра, м/с | Эквивалентное количество АХОВ, т | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,5 | 1 | 5 | 10 | 50 | 100 | 500 | 1000 | 2000 |
| 1 и менее | 3,16 | 4,75 | 12,53 | 19,20 | 52,67 | 81,91 | 231 | 363 | 2000 |
| 3 | 1,53 | 2,17 | 5,34 | 7,96 | 20,59 | 31,30 | 84,50 | 130 | 202 |
| 5 | 1,19 | 1,68 | 3,75 | 5,53 | 13,88 | 20,82 | 54,67 | 83,60 | 129 |
| 10 | 0,84 | 1,19 | 2,66 | 3,76 | 8,50 | 12,54 | 31,61 | 47,53 | 71,90 |

Далее определяют площади фактического и возможного заражения $S_ф$ и $S_в$, км$^2$:

$$S_ф = K_8 \cdot Г^2 \cdot N^{0,2}; \quad S_в = 8,75 \cdot 10^{-3} \cdot Г^2 \cdot \varphi,$$

где φ — угловые размеры зоны заражения, градусы; $N$ — время, прошедшее после аварии, ч.

Время подхода облака к объекту зависит от скорости переноса облака воздушным потоком и определяется по формуле

$$t_{подх} = \frac{L}{V_п},$$

где $V_п$ — скорость переноса облака, $V_п = (1,5...2)V_в$, км/ч; $V_в$ — скорость ветра, км/ч.

Время поражающего действия вторичного облака $T_п$, ч:

$$T_п = \frac{h\rho}{K_2 K_4 K_7}.$$

Нанесение зон заражения на карту производится следующим образом.

При $V_в < 0,5$ м/с зона заражения представляет круг с радиусом равным Г, φ = 360°. При $V_в = 0,6...1$ м/с зона заражения имеет вид полукруга, φ = 180°. При скорости ветра по прогнозу больше 1 м/с зона заражения имеет вид сектора: при $V_в = 1...2$ м/с φ = 90°, при $V_в > 2$ м/с φ = 45°. Радиус сектора равен Г, биссектриса сектора совпадает с осью следа облака и ориентирована по направлению ветра.

Определение возможных потерь производится либо по таблицам из методики, либо аналитически: безвозвратные потери — $N_{см} = N_{см}^{уд} Q_0$, чел; санитарные потери — $N_{сан} = (3...4)N_{см}$.

Величина $N_{см}^{уд}$ зависит от вида АХОВ: $N_{см}^{уд} = 0,5$ чел/т (для фосгена и хлора); $N_{см}^{уд} = 0,2$ чел/т (для сернистого ангидрида и сероводорода).

При взрыве размер зоны ЧС можно оценить зависимостью

$$R = X\sqrt[3]{G},$$

где $R$ — размер зоны ЧС, м; $X$ — коэффициент, характеризующий зоны слабых ($X = 13,5$ при $\Delta P_ф = 10$ кПа), средних ($X = 8,2$ при $\Delta P_ф = 20$ кПа), сильных ($X = 6,4$ при $\Delta P_ф = 30$ кПа) и полных разрушений ($X = 4,7$ при $\Delta P_ф = 50$ кПа); $G$ — масса ВВ, т.

Безвозвратные потери рассчитываются по формуле $N_{см} = ПG^{0,666}$, где П — плотность населения, тыс. чел/км$^2$.

Существуют прогностические оценки и для других видов ЧС. Некоторые из них, в частности, по определению зон вероятного поражения, рассмотрены в § 10.2.

Рассмотренная методика прогнозирования ЧС вследствие аварии на ХОО предназначена прежде всего для решения задач гражданской обороны, так как она позволяет определить лишь границы зоны порогового поражения. Методика НТЦ «Промышленная безопасность» позволяет определить пространственно-временное поле концентраций АХОВ, размеры зон химического заражения, соответствующих различной степени поражения людей, определяемой по ингаляционной токсодозе. Эта методика более приспособлена для разработки декларации безопасности опасных производственных объектов, при разработке планов по защите персонала и населения и т. п.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие факторы и характеристики необходимы для разработки предупредительных мер?
2. Что предполагает номенклатура и квантификация опасностей?
3. Как учитываются погодные условия и физико-химические свойства веществ при практическом расчете зоны поражения?
4. Какие возможны процессы при разгерметизации сосудов с жидкостью?
5. Как образуются первичное и вторичное облака при аварии на химически опасном объекте?
6. Какие параметры определяются при прогнозировании обстановки в результате аварии на ХОО?
7. Какой вид на топографической карте имеют зоны химического заражения при различных скоростях ветра?

## § 11.4. ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Основными способами защиты населения являются: своевременное оповещение; мероприятия противорадиационной, противохимической и противобактериологической защиты; укрытие в защитных сооружениях; использование средств индивидуальной защиты и медицинской помощи; проведение эвакомероприятий (рассредоточение, эвакуация и отселение населения из зон ЧС).

### ОПОВЕЩЕНИЕ НАСЕЛЕНИЯ

Этот способ является реализацией одного из основных принципов обеспечения безопасности — принципа информации.

В случае угрозы или возникновения ЧС федеральные и местные органы ГОЧС осуществляют *оповещение* — передачу речевой информации с использованием городских сетей проводного, радио-, телевизионного вещания и локальных средств. Перед передачей речевой ин-

формации должны 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 ГОЧС 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.»**

### МЕРОПРИЯТИЯ ПРОТИВОРАДИАЦИОННОЙ, ПРОТИВОХИМИЧЕСКОЙ И ПРОТИВОБАКТЕРИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ (ПР, ПХ И ПБЗ)

Противорадиационная, противохимическая и противобактериологическая защита представляет комплекс мероприятий по предотвращению или ослаблению воздействия на людей ионизирующих излучений, отравляющих веществ (ОВ), аварийно химически опасных веществ (АХОВ) и биологических средств (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 (групп, звеньев), сотрудниками санэпидстанций и лабораторий с целью определения степени заражения (загрязнения) местности, технических средств, помещений, продуктов питания радиоактивными веществами (РВ), АХОВ, БС и определения 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. Принципы действия

этих приборов и области их применения в целях радиационной безопасности обстоятельно изложены в § 7.8.

Напомним, что *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:

$$AgBr \rightarrow Ag^{+} + Br;$$
$$Ag^{+} + e \rightarrow (\text{почернение}).$$

*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: $KNO_3 \rightarrow KNO_2$, образующийся ион $NO_2$ с индикатором дает окраску, пропорциональную дозе излучения.

*Сцинтилляционный* метод основан на способности некоторых веществ (сернистого цинка с серебром; йодистого натрия 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. 11.1.

Ионизирующее излучение производит ионизацию газовой среды в детекторе (ионизационной камере, газоразрядном счетчике), где образуется ионизационный ток (ИТ). В усилительном устройстве ИТ усиливается, в каскаде формирования импульсов происходит калибровка одинаковых по форме и длительности импульсов. Интегратор формирует усредненное значение тока, пропорциональное частоте сле-

**Рис. 11.1**
*Блок-схема дозиметрического прибора*

дования импульсов, которое измеряется на регистрирующем устройстве (микроамперметре, цифровом индикаторе).

Основными методами обнаружения **отравляющих веществ, АХОВ и биологических средств** являются химический, биохимический, ионизационный и оптический. Используются и другие методы обнаружения.

*Химический* метод основан на химической реакции ядовитого вещества с 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 фиксируют изменения одного из оптических свойств анализируемой вредной примеси в воздухе, такого как оптическая плотность (интерферометрический метод) или спектральное поглощение (масс-спектрометрический метод).

*Интерферометрический* метод основан на измерении смещения интерференционной картины вследствие изменения состава исследуемого воздуха на пути следования одного из двух лучей. Величина смещения пропорциональна концентрации газов в детекторе прибора.

*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.

На основе указанных выше методов созданы приборы дозиметрического и химического контроля.

## 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).

## СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ

СИЗ по назначению подразделяются на средства защиты органов дыхания, кожи и медицинские.

По принципу действия **СИЗ органов дыхания** 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, ДПГ-3 (дополнительные патроны газовые).

Главными характеристиками фильтрующих противогазов являются:

1) защитная мощность θ — время, в течение которого противогаз осуществляет эффективную защиту человека от вредных веществ, мин:

$$\theta = \frac{m \cdot 1000}{C \cdot V},$$

где $m$ — количество ОВ, СДЯВ, поглощенное шихтой, г; $C$ — концентрация, мг/л; $V$ — объем воздуха, проходящий через коробку противогаза в минуту (принимают $V_{ср}$ = 30 л/мин);

2) коэффициент проскока $K_п$ — характеристика противоаэрозольного фильтра, показывающая, какая часть вредного вещества попадает в подмасочное пространство:

$$K_п = \frac{C_к}{C_0} \cdot 100\%,$$

где $C_0$ — концентрация РВ, БС до фильтра (в воздухе), мг/л; $C_к$ — концентрация РВ, БС в подмасочном пространстве, мг/л.

Характеристики фильтрующих противогазов ГП-7, ГП-7В и патронов ДПГ-1, ДПГ-3 представлены в таблице 11.2.

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 $K_п$ = 0,1%.

*Таблица 11.2*

**Время защитного действия противогазов ГП-7, ГП-7В, ДПГ-1, ДПГ-3, мин**

| СДЯВ | *C*, мг/л | ГП-7(В) | ГП-7(В) ДПГ-1 | ГП-7(В) ДПГ-3 |
|---|---|---|---|---|
| Аммиак | 5 | – | 30 | 60 |
| Хлор | 5 | 40 | 80 | 100 |
| Сероводород | 10 | 25 | 50 | 50 |
| Двуокись азота | 1 | – | 30 | – |
| Тетраэтил-свинец | 2 | 50 | 500 | 500 |
| Окись этилена | 1 | – | 25 | – |
| Окись углерода | 3 | – | 40 | – |
| Фенол | 0,2 | 200 | 800 | 800 |
| Фурфурол | 1,5 | 30 | 400 | 400 |
| Сероуглерод | 5 | 40 | 40 | 40 |
| Сернистый ангидрид | 2 | 60 | 60 | 60 |

*Примечания*: **1.** Детские противогазы обеспечивают защиту в 2 раза выше, чем ГП-7. **2.** Защитный эффект противогазов по внутреннему радиоактивному облучению составляет: для ГП-5 $K_з = 2…10$, для респиратора $K_з = 10$; для ГП-7 $K_з = 1000$. **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 противогазов $K_п = 10^{-4}$%.

*Таблица 11.3*

**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 |

*Продолжение табл. 11.3*

| СДЯВ | Фильтрующий прибор | | Время защитного действия при 15 ПДК, мин |
|---|---|---|---|
| | Респираторы | Противогазы | |
| Пары ртути | РПГ-67-Г | – | 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 |

*Примечания*: **1.** с/ф — коробка с противоаэрозольным фильтром. **2.** б/ф — коробка без фильтра. **3.** Противогазовые коробки большого габарита. **4.** Маркировка коробок: А — коричневая; В — желтая; Г — черно-желтая; Е — черная; БКФ — защитная; КД — серая; СО — белая; К — красная.

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 11.3.

*Изолирующие* средства защиты органов дыхания предназначены для работы в атмосфере с недостатком 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:

$$2NaO_2 + H_2O = 2NaOH + 1{,}5O_2 + Q;$$
$$2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O.$$

Время защитного действия изолирующих противогазов зависит от интенсивности работы человека и составляет 40...300 мин.

На объектах повышенной опасности (в шахтах) применяют портативные дыхательные устройства ПДУ-1, ПДУ-2, предназначенные для экстренного спасения человека.

Изолирующие противогазы на основе сжатого кислорода основаны на раздельной подаче кислорода из баллона и поглощения углекислого газа в патроне с химпоглотителем $Ca(OH)_2$.

**Средства защиты кожи** в зависимости от назначения подразделяются на общевойсковые и специальные. Общевойсковые средства защиты кожи (легкий защитный костюм Л-1, общевойсковой защитный комплект ОЗК) предназначены для защиты от паров ОВ и СДЯВ.

Специальные виды защитной одежды предназначены для защиты персонала от высоких температур, радиоактивного загрязнения, электростатических полей, ядовитых жидкостей, растворов кислот, патогенных микроорганизмов.

К **медицинским средствам индивидуальной защиты** относятся: аптечка индивидуальная АИ-2, индивидуальные противохимические пакеты ИПП-8, ИПП-10 и пакет перевязочный индивидуальный ПП.

Аптечка АИ-2 предназначена для оказания самопомощи при ранениях, ожогах (для обезболивания), профилактики или ослабления поражения РВ, БС, ОВ, АХОВ и содержит следующие средства.

1. Противоболевое средство — *промедол*. Шприц-тюбик в гнезде № 1. Применяют для профилактики шока при переломах, ранениях, ожогах.

2. Антидот от нервно-паралитических ОВ — *тарен*. Пенал красного цвета в гнезде № 2. Применяют при опасности поражения и при поражении.

3. Противобактериальное средство № 2 — *сульфадиметоксин*. Пенал без окраски в гнезде № 3. Применяют через двое суток после облучения и при желудочно-кишечных расстройствах.

4. Радиозащитное средство № 1 — *цистамин*. Пенал розового цвета в гнезде № 4. Применяют при угрозе облучения.

5. Противобактериальное средство № 1 — *хлортетрациклин*. Два пенала без окраски в гнезде № 5. Применяют при угрозе бактериального заражения и для предупреждения инфекций при ранениях и ожогах.

6. Радиозащитное средство № 2 — *йодистый калий*. Пенал белого цвета в гнезде № 6. Применяют до или после выпадения радиоактивных осадков в пределах 10 дней по 1 таблетке в день.

7. Противорвотное средство — *этаперазин*. Пенал голубого цвета в гнезде № 7. Применяют при появлении первичной реакции на облучение и при тошноте после травмы головы.

8. Противоядие от раздражающих СДЯВ — *фицилин* и транквилизатор против психохимических ОВ — *трифтазин*. Находятся в резервном гнезде аптечки.

Пакет ИПП-8 предназначен для обеззараживания капельножидких ОВ на коже и одежде. Во флаконе содержится полидегазирующая жидкость (хлорирующе-окисляющая).

Пакет ИПП-10 содержит полидегазирующую жидкость на основе аминоспиртов.

## КОЛЛЕКТИВНЫЕ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ

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:

1) защитными свойствами по избыточному давлению в фронте воздушной ударной волны (5 классов, $\Delta P_ф = 5{,}0...500$ кПа);

2) 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. Коэффициент $K_{защ}$ изменяется в зависимости от места расположения защитного сооружения. Например, на территории радиационно-опасного объекта строятся защитные сооружения с $K_{защ} = 5000$, в пределах 3...7 км от РОО $K_{защ} = 3000...1000$;

3) коэффициентом $K_д$ снижения дозы внутреннего облучения $Д_{вн.обл}$, $K_д = 2...100$.

Например, при $R = 30$ км от РОО $K_{защ} = 500$; при $K_д = 2$ $Д_{вн.обл} = 10$ бэр; при $K_д = 100$ $Д_{вн.обл} = 1$ бэр.

**Убежище** состоит из основных и вспомогательных помещений. К основным помещениям относятся помещения для укрываемых, пункты управления и медицинские пункты. К вспомогательным — фильтровентиляционные блоки, санузлы, дизель-электростанции, помещения для регенерационной установки и др.

Убежища работают в 3 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 АХОВ, например $NH_3$, или РВ, пожаре).

Для контроля условий обитания в помещениях убежища могут использоваться ряд приборов: термометр, психрометр Ассмана, дозиметры ДРГ-01Т, ГМУ-2 или ПГА-ДУ (контроль углекислого газа), люксметр, газоанализаторы УГ-2, УГ-3 (для вредных примесей), войсковой прибор химической разведки ВПХР (для отравляющих веществ).

Для массового укрытия людей от поражающих факторов источников ЧС используются простейшие укрытия в виде **защитных сооружений открытого типа**. К ним относятся открытые и перекрытые щели, котлованные и насыпные укрытия.

Щели роют землеройными машинами (траншейными экскаваторами) или вручную.

В слабых грунтах для предохранения от разрушения наклонных стен щелей их одевают досками или другими местными материалами. Открытые щели выкапывают глубиной до 1,5 м, шириной поверху 1,1...1,2 м и шириной по дну 0,5...0,6 м. При оборудовании перекрытой щели из открытой ее глубину увеличивают на 0,2...0,3 м. Расстояние между соседними щелями должны быть не менее 10 м.

Щели располагаются вне зон возможных завалов при взрывах (не ближе 7 м от зданий), а при наличии свободной территории — еще дальше. Вместе с тем их следует располагать по возможности ближе к местам пребывания людей, которые будут пользоваться щелями.

Щели, особенно перекрытые, значительно ослабляют действие поражающих факторов. Вместе с тем, даже перекрытые щели не обеспечивают полную защиту от отравляющих веществ и бактериальных средств. Поэтому следует использовать СИЗ органов дыхания, а в открытых щелях — и средства защиты кожи.

### 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 руководителем ГО объекта экономики, штабом ГОЧС 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, то есть 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/км$^2$ ($Д_{эфф}$ > 50 мЗв/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 ГОЧС города.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите основные способы защиты населения в чрезвычайных ситуациях.
2. Как осуществляется оповещение населения при ЧС?
3. Что представляют собой мероприятия противорадиационной, противохимической и противобактериологической защиты?
4. Какие физические и химические методы используются в приборах для обнаружения и измерения ионизирующих излучений? Объясните принципы действия этих методов.
5. Как подразделяются средства защиты человека в чрезвычайных ситуациях?
6. Какими показателями характеризуются фильтрующие противогазы?
7. Укажите время защитного действия изолирующих противогазов.
8. Для каких целей предназначена индивидуальная аптечка АИ-2?
9. Для защиты от каких поражающих факторов предназначены коллективные средства защиты?
10. На какие типы в зависимости от защитных свойств подразделяются защитные сооружения?
11. Какие показатели используются для характеристик защитных сооружений?
12. Что представляют из себя простейшие укрытия?
13. Какие виды эвакомероприятий вы знаете?
14. Что следует делать при эвакуации?

ГЛАВА 12

# ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

*Что день грядущий мне готовит...*
А. С. Пушкин

## § 12.1. ОРГАНИЗАЦИЯ ЛИКВИДАЦИИ ЧС

Ликвидация ЧС включает проведение в зоне ЧС и в прилегающих к ней районах всех видов разведки и неотложных работ, а также организацию жизнеобеспечения пострадавшего населения и личного состава сил, привлекаемых к ликвидации.

Используя прогностические данные о возможных ЧС в определенном подведомственном районе (объекте), их характере и масштабах, составляется план ликвидации ЧС, который может включать:

1) краткую характеристику зоны бедствия (очага поражения);

2) силы и средства, привлекаемые для выполнения задач по ликвидации ЧС;

3) очередность работ;

4) порядок охраны общественного порядка в зоне ЧС;

5) специальные мероприятия с учетом специфики района (территории, объекта);

6) меры медицинского обеспечения;

7) обеспечение безопасности;

8) организацию управления;

9) вопросы материально-технического обеспечения и др.

Эффективность ликвидации ЧС во многом зависит от экстренности реагирования на них. Это заключается в осуществлении взаимосвязанных действий органов руководства и повседневного управления РСЧС по незамедлительному получению информации о факте возникновения ЧС, своевременному оповещению об этом населения и заинтересованных организаций, а также уточнению и анализу обстановки, принятию решений и организации действий сил и средств ликвидации ЧС.

Получив информацию о возникновении ЧС, орган по делам ГОЧС по аппаратуре оповещения организует оперативное оповещение населения города (поселка) о возникновении ЧС.

Председатель комиссии по предупреждению и ликвидации ЧС и обеспечению пожарной безопасности (КЧСПБ), используя прогностические данные и первоначальные данные о характере и масштабах ЧС, принимает решение, в котором, как минимум, определяет основные задачи, состав сил и средств, дает указания о защите личного состава формирований и порядке спасения людей.

Для получения достоверной информации в зоне бедствия (часть зоны ЧС, требующая дополнительной и немедленно предоставляемой помощи и материальных ресурсов для ликвидации ЧС) организуется комплексная разведка, в которой участвуют специалисты.

При необходимости в звено включают эпидемиологов, которые отбирают пробы воздуха и почвы для лабораторного определения вида возбудителей инфекции. Для разведки на объектах сельскохозяйственного производства привлекаются специалисты фитосанитарного надзора и ветеринары.

На основе данных, полученных из различных органов и специальной комплексной разведки, председатель КЧСПБ оценивает в комплексе обстановку и принимает решение.

Проведение аварийно-спасательных и других неотложных работ (АСДНР) в зонах бедствия района чрезвычайной ситуации является одной из основных задач сил и средств РСЧС (в том числе и ГО).

В основу организации аварийно-спасательных работ должен быть положен дифференцированный подход в зависимости от обстановки, предусмотрена двухэтапная система лечебно-эвакуационного обеспечения:

1) квалифицированная помощь, оказываемая непосредственно в зоне бедствия;

2) специализированная помощь и стационарное лечение за пределами района аварии (в лечебных учреждениях).

Для эвакуации пострадавших установлены определенные правила. В первую очередь на транспорт грузят тяжело пораженных, а затем пораженных средней тяжести, которые могут ехать сидя, последними — легко пораженных.

Условия проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ требуют от личного состава формирований строгого соблюдения мер безопасности. Это позволит предотвратить несчастные случаи, потери личного состава формирований и населения при проведении АСДНР.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие мероприятия предполагает ликвидация ЧС?
2. Какие вопросы включаются в план ликвидации ЧС?
3. Как разворачиваются действия при получении информации о возникновении ЧС?
4. Как осуществляется лечебно-эвакуационное обеспечение?

## § 12.2. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ И ДРУГИХ НЕОТЛОЖНЫХ РАБОТ

Проведение аварийно-спасательных и других неотложных работ (АСДНР) в зонах ЧС является одной из основных задач системы ГОЧС.

Целью проведения АСДНР является спасение людей и оказание медицинской помощи пораженным, локализация аварий и устранение повреждений, препятствующих ведению спасательных работ, создание условий для последующего проведения восстановительных работ.

**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 защитные сооружения; 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.

АСДНР проводятся непрерывно, днем и ночью, в любую погоду до полного их завершения. Для организованного проведения АСДНР в зонах ЧС решением руководителя ГОЧС создается группировка сил и средств (объектовые, территориальные формирования, воинские части ГО).

При ЧС федерального масштаба в работу включается аэромобильный спасательный отряд МЧС России.

Технические средства для ведения АСДНР:

1) машины для вскрытия подвалов, защитных сооружений (экскаваторы, бульдозеры, краны, домкраты, лебедки);

2) пневматический инструмент для проделывания отверстий и подачи воздуха (универсальные инструменты «Простор» и «Спрут», бурильные установки, отбойные молотки);

3) оборудование для резки металлов (керосинорезки, автогенные аппараты, суперножницы «Технезис» и др.);

4) средства обеспечения переправки техники по бездорожью (механизированные мосты, тягачи-трейлеры, самоходные гусеничные паромы, понтоны и др.);

5) средства обеспечения водой (бурильные установки, фильтровальные станции и т. д.);

6) средства поиска людей (кинологи с собаками, теплопеленгаторы).

Наряду с использованием техники и машин повышению эффективности АСДНР способствуют: прогнозирование, оценка обстановки, разведка зоны ЧС, выработка алгоритма поведения спасателей, знание особенностей вероятных участков работ.

## ТЕХНОЛОГИЯ ПРОВЕДЕНИЯ АСДНР

Технология выполнения АСДНР 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, защитным сооружениям, где находятся люди. Ширина проездов для одностороннего проезда 3...3,5 м, двухстороннего — 6...6,5 м с разъездами 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 под-

нимать плиты, обломки зданий. Сначала приподнимается плита на 1...2 см, передается раствор глюкозы пострадавшему, а после этого начинается работа по извлечению людей.

4. Вынос 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. При землетрясении каждый час умирает 50 человек. Работы необходимо продолжать до 2-х недель. Например, в Спитаке находили живых людей на 11–12-е сутки после землетрясения. В шахтах спасение людей идет до тех пор, пока не найдут последнего погибшего. После этого, 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 теплоцентрах.

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.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие цели предусматривает проведение аварийно-спасательных и других неотложных работ в зоне ЧС?
2. Как организуются аварийно-спасательные работы?
3. Какие мероприятия проводятся в ходе спасательных работ в зоне ЧС?
4. Какие технические средства применяются для ведения АСДНР?
5. Какова технология проведения АСДНР?

## § 12.3. СПЕЦИАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ТЕХНИКИ И ТЕРРИТОРИЙ, ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ, САНИТАРНАЯ ОБРАБОТКА ЛЮДЕЙ

Одним из важнейших мероприятий по ликвидации последствий ЧС является специальная обработка техники и территорий, обеззараживание зданий и сооружений, 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 которых оценивается коэффициентом $K_д$:

$$K_д = \frac{A_к}{A_н} \quad \left(K_д = \frac{P_к}{P_н}\right),$$

где $A_н$ ($P_н$) — активность (уровень радиации) на поверхности до дезактивации, Ки/м$^2$ (мР/ч); $A_к$ ($P_к$) — активность (уровень радиации) на поверхности после проведения дезактивации.

Отношение $P_к/P_н$ иногда называют коэффициентом снижения мощности дозы.

Механические способы дезактивации применяют для различных грунтов. К ним относятся: сметание ($K_д = 15$), срезание грунта ($K_д = 25$), вспашка ($K_д = 7$), засыпание (покрытие) ($K_д = 20$). Для бетона, дерева используют способ вакуумирования, соскабливания ($K_д = 5...10$).

Наиболее эффективными и часто применяемыми физико-химическими способами являются:

1) водоструйный — для стен зданий, резервуаров ($K_д = 17...67$); скорость струи 20...25 м/с, температура до 80°С, расход воды 30...40 л/м;

2) паровой — для жаростойких поверхностей ($K_д = 40$); давление пара 0,15 мПа (1,5 атм);

3) гидроабразивный — для обработки ржавых и окрашенных поверхностей: вода в сочетании с абразивом (карбидом бора, песком) подается под давлением $P = 7$ МПа ($K_д = 200$);

4) растирание щетками растворов щелочей и кислот с последующим смывом водой — для дезактивации оборудования сложной конфигурации ($K_д = 50$).

Для предотвращения и профилактики радиоактивного заражения поверхностей используют способ предварительного нанесения полимерной пленки, поверхностно активного вещества и комплексообразователя. Пленка затвердевает через 2...3 часа. Дезактивация при этом способе — снятие пленки ($K_д$ до 200). Пленкообразователь — поливиниловый спирт с добавкой щелочи.

При использовании дезактивирующих пленок возможна сухая дезактивация, то есть удаление пленки производится механическим способом (воздухом).

Применяют так называемые локализующие пленки, которые наносят на поверхность с целью фиксации и предотвращения распространения радионуклидов, то есть 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%-м водным раствором поверхностно-активного вещества (ПАВ) (сульфанола), комплексообразователя (гексаметафосфата натрия), щавелевой кислоты (антикора) и активных добавок (отбеливателя и др.).

Препарат имеет шифр СФ-ЗК. Механизм дезактивации следующий: сульфанол уменьшает поверхностное натяжение воды и улучшает смачиваемость поверхности; комплексообразователь образует с радионуклидами комплексы, растворимые в воде; щавелевая кислота растворяет ржавчину (где особенно много радионуклидов). Активные добавки придают устойчивость раствору и снижают его расход. Затем радионуклиды удаляются с поверхности струей воды. Расход СФ-ЗК составляет 2...3 л/м$^2$, $K_д$ = 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 (хлора, аммиака, сероводорода, фосгена), 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%-й водный раствор щелочи NaOH нейтрализует окислы азота, сернистый ангидрид, хлор, фосген; 10%-й раствор гипохлорита кальция — синильную кислоту,

иприт, гидразины; аммиак нейтрализуется водой, щелочью; фосген — 25%-м 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 следующими способами: 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).

**Дезинсекция** — процесс уничтожения насекомых, сельскохозяйственных 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. Демеркуризация помещения может проводиться по следующей схеме:

1. Сбор капель ртути механическим способом.

2. Обработка пола с помощью щеток, смоченных водными растворами:

а) 20%-го хлорного железа, 2%-го марганцовокислого калия, подкисленного соляной кислотой (5 см$^3$ на 1 л раствора);

б) 4%-го дихлорамина Б ($C_6H_5–SO_2NCl_2$).

Контакт раствора с поверхностью 1 сут, расход 0,5 л/м$^2$.

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.

В зависимости от способов спецобработки местности и сооружений используются следующие технические средства:

1) специальные — экстракционные полевые автостанции ЭПАС, тепловые машины специальной обработки ТМС-65, дегазационные комплекты ДК-4, АДК; авторазливочные станции АРС-14, автодегазаторы горячим воздухом и паром, механизированные прачечные;

2) многоцелевые — поливочные и уборочные машины ПМ, бульдозеры, скреперы, снегоочистители, земснаряды, пожарные машины, стиральные машины, распыляющие устройства и др.;

3) обычные (технические средства коммунального хозяйства).

**Санитарная обработка** населения может проводиться различными способами. Она может осуществляться механической очисткой и обеззараживанием одежды и обуви, а также кожных покровов людей, пораженных в результате загрязнения РВ, АХОВ и бактериальными веществами.

Существует способ предотвращения заражения радионуклидами, АХОВ с помощью порошкообразных препаратов (талька, силикагеля), мазей и паст. При дезактивации эффективность достигает $K_д = 35$. При загрязнении одежды и кожных покровов возникает необходимость санитарной обработки всего человека, которая может быть частичной и полной.

При загрязнении радионуклидами частичная санобработка заключается в вытряхивании одежды и протирании открытых участков тела водой. При заражении АХОВ и бактериальными средствами для частичной санобработки применяют индивидуальные противохимические пакеты ИПП-8, -9, -10.

Полная санитарная обработка проводится на специальных развертываемых обмывочных пунктах, площадках.

В интересах успешной ликвидации возможных ЧС необходимо проводить априорную аналитическую работу по изучению опасностей и причин методом ДОП.

В зависимости от природы (генезиса) опасностей и причин, приводящих к ЧС, различают ЧС природного (например, землетрясения, наводнения), техногенного (взрывы, пожары, химические и радиационные аварии и др.), антропогенного (террористические акты), социального характера и др. Такое деление носит условный характер. Например, пожары могут быть и природного, и техногенного, и антропогенного происхождения.

Еще раз обратим внимание на этиологию причин ЧС. Нельзя безоговорочно относить разрушительные последствия, например землетрясений или наводнений, на счет природы.

Природа живет по своим объективным законам. Пренебрежение этими законами — главная антропогенная и социальная составляющая причин ЧС. Были бы выполнены все положенные работы — и не было бы столь грандиозного наводнения на р. Лене в 2001 г. Соблюдай строители правила сейсмостойкого строительства — не было бы такого количества жертв в результате землетрясения в Армении в 1986 г.

В ЧС техногенного характера такое же значение имеет соблюдение регламентированных требований безопасности. Несмотря на существование различных ЧС, можно выделить ряд общих организационных и методических положений, знание которых необходимо для предупреждения и ликвидации ЧС.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие используются меры при специальной обработке техники и территории, обеззараживании зданий и сооружений?
2. Что такое дезактивация?
3. Какие методы используются при механических способах дезактивации?
4. Какие способы применяются при дегазации?
5. Какие вы знаете способы дезинфекции?
6. Как осуществляется демеркуризация помещения?
7. Как проводится санитарная обработка людей?

РАЗДЕЛ ЧЕТВЕРТЫЙ

# БЕЗОПАСНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ ПРОИЗВОДСТВА

*Нельзя допустить, чтобы люди направили на свое уничтожение те силы природы, которые они сумели открыть и покорить.*

Ф. Жолио-Кюри

ГЛАВА 13

# БЕЗОПАСНОСТЬ И ОХРАНА ТРУДА

*Если бы люди договорились об определениях, то споров бы не существовало.*

Демокрит

## § 13.1. ВВЕДЕНИЕ

**В** процессе труда человека подстерегает множество опасностей, связанных с производственным циклом, условиями производственной среды, состоянием самого работника и со множеством других факторов, сопутствующих трудовой деятельности. Практика показывает, что потенциальные опасности не всегда реализуются, так как на производстве действует система обеспечения безопасности жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, носящая название охрана труда.

Понятие «охрана труда» основательно вошло в законодательные нормативные акты всех уровней. Охрана труда — это раздел, органическая часть более общей и обширной области знаний об опасностях современного мира и методах защиты от них, которая называется *безопасностью деятельности*. Можно сказать, что охрана труда — это безопасность деятельности в условиях производства.

Принципиальная особенность охраны труда состоит в том, что она связана с технологией, техникой и организацией конкретного производства. Очевидно, что охрана труда в металлургии существенно отличается от охраны труда в кондитерском или лесозаготовительном производстве. В то же время независимо от характера предприятий общие вопросы, которые рассматриваются ниже, занимают в охране труда 80...85%.

*Условия труда* — совокупность факторов, влияющих на человека в процессе труда. При определенных значениях некоторые факторы могут представлять опасность. Синонимом опасности в охране труда являются *опасные и вредные производственные факторы* (ОВПФ).

К *опасным* относятся факторы, которые могут быть причиной травмы или другого внезапного ухудшения здоровья.

К *вредным* относятся факторы, которые могут приводить к заболеванию. Иными словами, ОВПФ — это потенциальные опасности. Вредный фактор может при определенных условиях стать опасным. ОВПФ по природе действия на человека делятся на механические, физические, химические, биологические, психофизиологические.

*Безопасность труда* — это такое состояние условий труда, при котором значения ОВПФ не превышают нормативных величин.

Безопасность труда — понятие не абсолютное, а относительное, ибо, как отмечалось в первом разделе, всегда существует остаточный риск.

*Охрана труда* — это система правовых, социально-экономических, организационно-технических, санитарно-гигиенических, лечебно-профилактических, реабилитационных и иных мероприятий, направленных на обеспечение безопасности, сохранение жизни и здоровья людей.

Таким образом, безопасность — это цель, а охрана труда — средство ее достижения. Следовательно, логично с позиций системного подхода говорить о безопасности и охране труда как о системе.

Теоретические положения, рассмотренные в первом разделе, полностью применимы к безопасности и охране труда.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что понимают под условиями труда?
2. Как различаются между собой опасные и вредные производственные факторы?
3. Как делятся по природе действия на человека ОВПФ?
4. Какое определение можно дать безопасности труда?
5. Что понимают под охраной труда?
6. Как соотносятся между собой безопасность труда и охрана труда?

## § 13.2. ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ

*Право* — это система общеобязательных социальных норм, охраняемых государством. Право дифференцировано по отраслям (конституционное, трудовое, гражданское и др.). Отдельной отрасли права в области безопасности нет. Однако законодательство в этой области весьма обширное.

*Законодательство* — это система нормативных актов, издаваемых органами законодательной и исполнительной власти всех уровней. Законодательство подразделяется на законы и подзаконные нормативные акты.

*Закон* в широком смысле слова обозначает любые установленные государством общеобязательные правила. Закон обладает высшей

юридической силой по отношению к иным нормативным актам. Закон всегда содержит нормы права. Законы бывают основные, конституционные, кодификационные, текущие (федеральные и региональные) и др. *Верховенство закона* — один из основных принципов законности.

Подзаконные нормативные акты являются юридическими актами, устанавливающими нормы права, основанными на законах и не противоречащими им. Подзаконные нормативные акты развивают и конкретизируют законы, играют вспомогательную роль. Их юридическая сила зависит от положения соответствующего органа, издавшего этот подзаконный нормативный акт. Подзаконные нормативные акты в зависимости от принявшего его органа делятся на общие, ведомственные, местные и локальные (внутриорганизационные).

Главное место в системе *общих* подзаконных нормативных актов занимают акты президента страны (указы и постановления). Следующая ступень — акты правительства и те акты ведомств, которые распространяются на неподчиненные им объекты. Такие полномочия предоставлены Роспотребнадзору, Ростехнадзору и др. *Ведомственные* нормативные акты регулируют отношения внутри ведомств. Эти акты издаются в форме приказов, инструкций, постановлений, положений, писем, указаний, уставов и т. д. *Местные* нормативные акты принимаются органами местного самоуправления и действуют на определенной территории. *Локальные* (внутриорганизационные) нормативные акты принимаются в пределах своей компетенции администрацией предприятий, учреждений, организаций. Они регулируют внутреннюю деятельность организации (например, Правила внутреннего трудового распорядка).

В области безопасности действуют международные источники — конвенции, рекомендации, протоколы и др.

### ЗАКОНЫ

Перечислим некоторые законы по различным аспектам безопасности.

**Конституция РФ** — основной закон (принята 12.12.1993 г.).

**Федеральные законы** (ФЗ):

1. Об охране окружающей среды (10.01.2002 № 7-ФЗ).
2. Об охране атмосферного воздуха (04.05.1999 № 96-ФЗ).
3. О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения (30.12.2001 № 196-ФЗ).
4. Трудовой кодекс РФ (30.12.2001 № 196-ФЗ).
5. О пожарной безопасности (21.12.1994 № 69-ФЗ).
6. О техническом регулировании (27.12.2002 № 184-ФЗ).

7. О борьбе с терроризмом (25.07.1998 № 130-ФЗ).

8. О защите населения и территории от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (21.12.1994 № 68-ФЗ).

9. О гражданской обороне (12.02.1998 № 28-ФЗ).

10. О безопасности (05.03.1992 № 2446-1).

11. Основы законодательства РФ об охране здоровья граждан (22.07.1993 № 5487-1).

12. О радиационной безопасности населения (09.01.1996 № 3-ФЗ).

13. Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний (24.07.1998 № 125-ФЗ).

14. О страховых тарифах на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний на 2000 год (02.01.2000 № 10-ФЗ).

Отметим некоторые правовые положения, содержащиеся в законах:

«Каждый имеет право на условия труда, отвечающие требованиям безопасности и гигиены...» (Декларация прав и свобод человека и гражданина, ст. 23 п. 2; Конституция РФ, ст. 37 п. 3).

«Сокрытие должностными лицами фактов и обстоятельств, создающих угрозу для жизни и здоровья людей, влечет за собой ответственность в соответствии с Федеральным законом» (Конституция РФ, ст. 41 п. 3).

Принцип презумпции экологической опасности планируемой хозяйственной и иной деятельности (Федеральный закон «Об охране окружающей среды», ст. 3).

«Работодатель обязан обеспечить информирование работников об условиях и охране труда на рабочих местах, о существующем риске повреждения здоровья и полагающихся им компенсациях и СИЗ» (Трудовой кодекс РФ, ст. 212).

### ПОДЗАКОННЫЕ НОРМАТИВНЫЕ АКТЫ

В практике приняты следующие *сокращенные обозначения*:

Строительные нормы и правила — СНиП.

Государственный стандарт — ГОСТ.

Санитарные правила — СП.

Гигиенические нормативы — ГН.

Санитарные нормы — СН.

Санитарные правила и нормы — СанПиН.

Правила безопасности — ПБ.

Правила устройства и безопасной эксплуатации — ПУБЭ.

*Инструкции по охране труда*:

Межотраслевые типовые — ТИ РМ.

Типовые — ТИ РО.

Инструкции по безопасности — ИБ.

К подзаконным актам относятся все документы, принимаемые в соответствии и в развитие законов: указы и постановления президента страны, постановления и распоряжения правительства, государственных органов и т. д. до предприятий и организаций.

Приведем названия *некоторых подзаконных актов*.

СП 2.2.1.1312-03 «Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых промышленных предприятий».

СП 2.2.2.1327-03 «Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту».

ГОСТ Р 51898-2002 «Аспекты безопасности. Правила включения в стандарты».

ГОСТ Р 12.0.006-2002 «Общие требования к управлению охраной труда в организации».

ГОСТ Р ИСО 14001-98 «Системы управления окружающей средой».

Положение о единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (Постановление Правительства РФ от 30.12.2003 № 794).

Р 2.2.1766-03 «Руководство по оценке риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии».

Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда».

СНиП II-11-77 «Защитные сооружения гражданской обороны».

СНиП II-12-77 «Защита от шума».

СНиП II-М.1-71 «Генеральные планы промышленных предприятий».

СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение».

СНиП 2.04.05-86 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

СНиП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений».

СП 2.6.1.758-99 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99)».

Положение об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях (утв. Минтруда России 24.10.2002 № 73).

Положение о проведении государственной экспертизы условий труда в РФ (утв. Постановлением Правительства РФ 25.04.2003 № 244).

Положение о порядке проведения аттестации рабочих мест по условиям труда (Постановление Минтруда России от 14.03.1997 № 12).

Правила отнесения отраслей (подотраслей) экономики к классу профессионального риска (Постановление Правительства РФ от 31.08.1999 № 975 с изменениями и дополнениями от 21.12.2000 № 996).

СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к ПЭВМ и организация работы».

СанПиН 2.2.4.1191-03 «ЭМП в производственных условиях».

СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 «ЭМП радиочастотного диапазона».

СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов».

СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».

СН 2.2.4/2.1.8.583-96 «Инфразвук на рабочих местах, в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки».

СанПиН 2.2.4/2.1.8.582-96 «Гигиенические требования при работе с источниками воздушного и контактного ультразвука промышленного, медицинского и бытового назначения».

Несмотря на изменение правового положения стандартов (в соответствии с законом «О техническом регулировании» они приобрели рекомендательный характер) рассмотрим некоторые системы стандартов в государственной системе стандартизации (ГСС). В них содержится много полезной информации. Поэтому стандарты могут использоваться в учебном процессе.

## ПРИМЕРЫ СИСТЕМ И КОМПЛЕКСОВ ГОСУДАРСТВЕННЫХ СТАНДАРТОВ

### КЛАССИФИКАЦИЯ ГОСУДАРСТВЕННЫХ СТАНДАРТОВ ССБТ

Как вы уже знаете, государственные стандарты (ГОСТ) обозначаются специальным образом. Например, государственные стандарты Системы стандартов безопасности труда (ССБТ):

ГОСТ 12.a.bcd-ef ССБТ. *Название*

В этом схематическом обозначении:

12 — шифр системы ССБТ в ГСС;

a — шифр подсистемы;

bcd — порядковый номер стандарта в подсистеме;

ef — последние две цифры года утверждения или пересмотра;

Название — название стандарта.

*Шифр подсистемы* — это одна цифра от 0 до 9. Каждой цифре соответствует своя подсистема:

0 — организационно-методические стандарты;

1 — стандарты требований и норм по видам опасных и вредных производственных факторов;

2 — стандарты требований безопасности к производственному оборудованию;

3 — стандарты требований безопасности к производственным процессам;

4 — стандарты требований к средствам защиты работающих;

5 — стандарты требований безопасности к зданиям и сооружениям;

6–9 — резерв.

Пример обозначения: ГОСТ 12.0.004-90 ССБТ. Организация обучения безопасности труда

## КЛАССИФИКАЦИЯ СТАНДАРТОВ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ПРИРОДЫ

Пример обозначения: ГОСТ 17.2.3.02-87. Выброс углекислого газа бензиновых двигателей

На первом месте — *шифр системы* в ГСС — 17.

На втором месте — *шифр комплекса*. Установлено 10 комплексов: 0 — организационно-методические стандарты; 1 — гидросфера; 2 — атмосфера; 3 — биоресурсы; 4 — почвы; 5 — земля; 6 — флора; 7 — фауна; 8 — ландшафты; 9 — недра.

На третьем месте — *шифр группы*: 0 — основные положения; 1 — термины, определения, классификация; 2 — показатели качества природных сред, параметры загрязняющих выбросов и сбросов и показатели интенсивности использования природных ресурсов; 3 — правила охраны природы и рационального использования природных ресурсов; 4 — методы определения параметров состояния природных объектов и интенсивности хозяйственных воздействий; 5 — требования к средствам контроля и измерений состояния окружающей природной среды; 6 — требования к устройствам, аппаратам и сооружениям по защите окружающей среды от загрязнений; 7 — прочие стандарты.

На четвертом месте — *порядковый номер* стандарта.

Две последние цифры — год регистрации стандарта.

КЛАССИФИКАЦИЯ КОМПЛЕКСА СТАНДАРТОВ «БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ»

Шифр комплекса — 22.

Шифр группы — цифра от 0 до 9: 0 — основные положения; 1 — мониторинг и прогнозирование; 2 — безопасность объектов народного хозяйства; 3 — безопасность населения; 4 — безопасность продовольствия; 5 — безопасность животных и растений; 6 — безопасность воды; 7 — управление, связь, оповещение; 8 — ликвидация ЧС; 9 — аварийно-спасательные работы.

Пример обозначения: ГОСТ Р 22.0.05-94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные чрезвычайные ситуации, термины и определения

22 — шифр системы в ГСС; 0 — группа; 05 — номер в группе; 94 — две последние цифры года утверждения стандарта.

Буква Р в обозначении стандарта означает «Россия» (государственный стандарт России, в отличие от ГОСТов СССР).

В заключение правовых основ безопасности необходимо отметить следующее чрезвычайно важное обстоятельство. При всей тщательности разработки нормативных документов по безопасности в них могут быть упущения и недоработки. Поэтому специалисты предприятий должны критически подходить к нормативным требованиям.

Необходимо принимать соответствующие меры безопасности даже в тех случаях, когда они не предусмотрены действующим законодательством, но необходимы по существу.

В отмененном КЗОТе РСФСР эта норма была изложена в такой редакции (ст. 143): «При отсутствии в правилах требований, соблюдение которых при производстве работ необходимо для обеспечения безопасных условий труда, администрация предприятия, учреждения, организации по согласованию с соответствующим выборным профсоюзным органом предприятия, учреждения, организации принимает меры, обеспечивающие безопасные условия труда».

Отметим, что подзаконные нормативные акты по безопасности труда в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании», вступившем в силу с 1 июля 2003 г., действуют до введения технических регламентов, которые должны быть разработаны в течение 7 лет.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что представляют собой законы и подзаконные нормативные акты?
2. Приведите некоторые основные законы по различным аспектам безопасности и определенные правовые положения, содержащиеся в них.
3. Укажите, как называются действующие подзаконные нормативные акты и как их обозначают сокращенно.
4. Приведите примеры некоторых подзаконных нормативных актов, важных для вашей будущей профессии.
5. Укажите классификацию государственных стандартов по безопасности труда, приведите примеры и расшифруйте обозначения в стандартах.
6. Приведите классификацию и структуру государственных стандартов в области охраны природы.
7. Расшифруйте государственные стандарты комплекса «Безопасность в чрезвычайных ситуациях».

## § 13.3. УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТЬЮ И ОХРАНОЙ ТРУДА

Под *управлением* в широком смысле слова понимается элементарная функция организованных систем различной природы (биологических, социальных, технических), обеспечивающая сохранение их структуры, поддержание режима деятельности, достижение целей.

Различают стихийное и сознательное управление, первое существовало всегда, второе появилось на определенной стадии развития общества.

*Сознательное управление* — это организованный процесс, направленный на достижение определенного результата с помощью совокупности средств и методических приемов, образующих систему управления. Системы управления создаются в различных сферах деятельности. Наибольшую известность получили международные стандарты ИСО серии 9000 (управление качеством) и ИСО серии 14 000 (управление окружающей средой). В основу методологии создания систем управления, определяемой этими стандартами, положены системные принципы планирования и контроля.

В России разработаны и введены в действие аутентичные стандарты серий 9000 и 14 000: ГОСТ Р ИСО 9000 и ГОСТ Р ИСО 14000. Стандарты, регламентирующие управление качеством и окружающей средой, имеют определенную общность, не противоречат друг другу и являются сочетаемыми.

Приоритет в управлении безопасностью принадлежит советским ученым и специалистам. В 1970-х гг. на ряде предприятий в нашей

стране уже применялись элементы систем управления. Например, в Саратовском объединении «Нитрон» была внедрена система безопасности по стопроцентному соблюдению требований безопасности, на металлургическом заводе в г. Белая Калитва применялся показатель безопасности. Это были заводские разработки, подготовленные в коллективах предприятий.

С 1975 г. началась систематическая разработка стандартов по безопасности для целей управления во Львове под научным руководством проф. Г. Г. Гогиташвили. Опыт львовских предприятий получил всеобщее признание и был положен в основу государственного документа «Рекомендации. Управление охраной труда. Основные положения», утвержденного в 1983 г.

В 1980-е гг. в СССР в ряде отраслей народного хозяйства были разработаны отраслевые стандарты управления безопасностью.

Значительно позже (в 1996 г.) в Великобритании появился стандарт BS-8800 «Руководство по системам управления безопасностью и охраной здоровья персонала».

В 1999 г. разработан международный стандарт OHSAS 18001 «Серия оценки здоровья и безопасности на производстве», согласованный с ИСО серии 9000 и ИСО серии 14 000.

В 2001 г. Международной организацией труда разработано «Руководство по системам управления охраной труда МОТ СУОТ 2001».

**Рис. 13.1**
*Основные элементы систем управления безопасностью труда:*

*а* — цикл Деминга; *б* — круг управления Г. Г. Гогиташвили; *в* — система управления по МОТ.

Приведенные системы управления и стандарты отличаются некоторыми особенностями (см. рис. 13.1). Однако основные положения различных систем управления имеют общий характер, обусловленный природой феномена управления.

Рассмотрим принципиальные положения, которые должны учитываться при разработке систем управления безопасностью. Существует множество теорий, рассматривающих несчастные случаи, аварии, катастрофы и другие опасности как события, носящие неизбежный и неподдающийся управлению характер. Поэтому возникает вопрос о том, есть ли объективные предпосылки для организации управления. Практический опыт позволяет утвердительно ответить на поставленный вопрос. Действительно, можно привести множество примеров того, как в результате целенаправленных, правильно организованных действий устраняются или уменьшаются опасности. Существуют объекты одного назначения, например легковые автомобили, резко отличающиеся по уровню безопасности.

**Рис. 13.2**
*Принципиальная схема управления безопасностью деятельности*

**Рис. 13.3**
*Уровни управления охраной труда:*

О — объекты управления разных уровней; К — блоки контроля; С — блоки сравнения; Р — блоки регулирования.

Таким образом, есть все основания утверждать, что уровнем безопасности можно управлять (рис. 13.2). Управление состоит в том, что в результате целенаправленных мероприятий уровень безопасности повышается или удерживается на приемлемом уровне.

Управление безопасностью осуществляется на различных уровнях (рис. 13.3). Система управления охраной труда в РФ имеет три уровня управления: федеральный, уровень субъекта РФ и местный. Другими словами, различают управление государственное, в субъектах государственной системы, на предприятиях, вплоть до отдельных рабочих мест.

Органы, ответственные за управление безопасностью на государственном уровне, определяются законодательно и конкретизируются соответствующими постановлениями.

*Управление безопасностью деятельности* — это итеративный (повторяющийся) циклический процесс, направленный на последовательное совершенствование как объекта управления, так и самой системы управления.

Представляется целесообразным выделить (различать) следующие виды руководств по системам управления безопасностью:

1. Руководства международных организаций, например OHSAS 18 000 «Система управления охраной труда Международной организации труда (СУОТ МОТ)».

2. Национальные руководства отдельных стран, например стандарт Великобритании BS-8800.

3. Специальные руководства, учитывающие виды опасностей и другие особенности, например Р 2.2.1766–03 «Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников», разработанное НИИ медицины труда РАМН.

4. Отраслевые руководства (стандарты) по управлению безопасностью в отраслях промышленности, сельского хозяйства и т. д.

5. Руководства (стандарты) управления безопасностью в организациях, учитывающие и реализующие рекомендации названных выше руководств с учетом конкретных условий организации.

Системы управления безопасностью являются подсистемами общих систем управления соответствующих уровней.

В системах управления безопасностью должна учитываться государственная политика в области безопасности, содержащаяся в соответствующих законодательных и нормативных правовых актах. Например, к основным направлениям государственной политики относятся такие:

1) обеспечение приоритета сохранения жизни и здоровья людей;

2) государственный надзор и контроль за соблюдением требований безопасности;

3) координация деятельности в различных сферах безопасности (охрана окружающей среды, промышленная безопасность, предупреждение чрезвычайных ситуаций и др.);

4) организация государственной статистической отчетности в различных сферах безопасности;

5) распространение передового отечественного и зарубежного опыта в обеспечении безопасности;

6) установление компенсаций за тяжелую работу и работу с вредными или опасными условиями труда;

7) подготовка и повышение квалификации специалистов по безопасности и др.

В организации систему управления безопасностью обязан создать и обеспечить ее эффективное функционирование работодатель.

## ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ В ОРГАНИЗАЦИИ

На рисунке 13.4 представлена общая схема цикла управления безопасностью. Рассмотрим ее элементы подробно.

### 1. АНАЛИЗ И ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ

Анализ состояния безопасности является исходным этапом процесса управления. Результаты анализа служат основой создания новых систем управления, а в действующих системах используются для оценки эффективности управления за определенный период. Следует различать анализ условий безопасности и анализ системы управления безопасностью.

**Рис. 13.4**
*Цикл управления безопасностью, предложенный специалистами МАНЭБ*

Основная цель анализа *условий безопасности* заключается в идентификации опасностей, то есть в установлении факта существования опасностей и в определении их характеристик.

Источниками информации для анализа и оценки могут быть:

1) непосредственные измерения;

2) материалы аттестации рабочих мест по условиям труда;

3) материалы расследования профессиональных заболеваний, несчастных случаев, аварий, пожаров, инцидентов;

4) данные контролирующих органов и др.

Данные анализа должны быть документально оформлены. Они служат информационной базой, по которой будет оцениваться эффективность управления и будут приниматься решения по совершенствованию условий труда. Необходимо подчеркнуть, что обычно применяемые сравнения достигнутых показателей безопасности в анализируемом периоде с показателями, имевшими место в аналогичном предыдущем периоде, некорректны. Это связано с природой опасностей, которые имеют, как известно, случайный (стохастический) характер. Временной ряд показателей, например травматизма, складывается из периода сезонных и случайных колебаний. Поэтому сравнение данных текущего периода с предыдущими за тот же период не позволяет делать никаких выводов относительно тенденций.

Анализ собственно *системы управления* заключается в оценке компетентности работодателя и других участников в вопросах управления. Необходимо оценить участие и роль работников, привлекаемых к управлению. Это одно из важнейших условий эффективного функционирования системы. Работодатель должен создать условия для активного участия работников в управлении безопасностью.

Для оценки идентифицируемых опасностей могут использоваться различные характеристики, например такие:

1) риски, то есть частота реализации опасности определенной тяжести (ущерба);

2) показатели производственного травматизма (частоты, тяжести, нетрудоспособности);

3) классы условий труда;

4) индексы профзаболеваемости;

5) количество людей, работающих в условиях, не соответствующих нормативным требованиям и др.

## 2. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ

Цели и задачи управления имеют иерархическую природу. Различают директивные цели и плановые. Для достижения целей необходимо решить определенные задачи.

Цели и задачи должны быть предметными, реальными, количественно определенными, измеряемыми и контролируемыми.

Цели задаются на основе удобным образом подобранных показателей как по отдельным видам факторов, так и по их совокупности. Цели и задачи должны быть документально оформлены.

### 3. ПЛАНИРОВАНИЕ

Планирование осуществляется на основе данных анализа и установленных целей с учетом имеющихся человеческих и финансовых ресурсов. Учитывая наличие различного рода ограничений, следует устанавливать приоритеты. Результат планирования оформляется в виде программы улучшения условий деятельности.

Программа должна своевременно пересматриваться через запланированные промежутки времени и в случае необходимости корректироваться.

Функция планирования состоит в проектировании мероприятий, реализация которых приводит к достижению желаемых результатов или целей. *Планирование — это главное звено системы управления.* Планирование состоит из двух взаимоувязанных этапов. Прежде всего должны определяться плановые задания (конечные цели) на период планирования. Формированию целей предшествует прогнозирование. Плановые показатели должны выражаться в показателях, характеризующих условия труда. Вторым этапом является составление планов мероприятий, направленных на достижение плановых заданий. Такое планирование применительно к охране труда включает мероприятия, направленные на обеспечение безопасных и здоровых условий труда на рабочих местах, производственных участках, в цехах, в целом на предприятиях, в объединениях, министерствах, совершенствование лечебно-профилактического и санитарно-бытового обслуживания работающих, обеспечение рабочих и служащих эффективными СИЗ, обучение работающих безопасным приемам и методам труда и др.

Мероприятия направлены на три блока объекта управления «человек–среда–последствия». Различают планирование перспективное (пятилетнее), текущее (годовое), оперативное (квартальное, месячное, декадное).

### 4. ОРГАНИЗАЦИЯ

Организация управления предполагает распределение обязанностей между участниками управления.

*Организация* — это функция непосредственного формирования управляемой и управляющей систем в виде различных форм воздействия на объекты управления. Она включает в себя регламентацию должностных обязанностей, привлечение работников к управлению безопасностью труда, методическое обеспечение работ, использование передового опыта по охране труда, координацию и регулирование. Организация выражается в подготовке и принятии управленческих

решений, своевременной корректировке плановых заданий, мобилизации коллектива на выполнение планов. Функция организации реализуется органами управления безопасностью труда на основе правовых и нормативных актов.

Целенаправленное воздействие на производственный коллектив осуществляется через систему методов управления, содержание и характер которых определяются целями и задачами, стоящими перед управляющей системой. Управление наиболее эффективно при комплексном использовании методов. Методы управления внутренне связаны с функциями управления. Методы и функции — это как бы два среза одного объекта. Функции управления реализуются посредством системы методов.

*Метод* — это система правил и приемов изучения явлений и закономерностей природы и общества с целью достижения определенных результатов практической деятельности.

Методы управления безопасностью труда подразделяются на такие основные группы: экономические; организационно-распорядительные (административные); социально-психологические и идеологические; инженерно-технические и др.

В практике управления методы управления органически связаны между собой и дополняют друг друга.

### 5. СТИМУЛИРОВАНИЕ

*Активизация (стимулирование)* — формы воздействия, побуждающие участников управления творчески решать задачи в процессе управления. Стимулирование основано на применении различных форм морального и материального поощрения.

Стимулирование бывает положительное (благодарность, премирование, награждение ценным подарком и др.) и отрицательное (замечание, выговор, увольнение).

### 6. ОПЕРАТИВНЫЕ КОРРЕКТИРУЮЩИЕ ДЕЙСТВИЯ (МОНИТОРИНГ)

Программы и планы должны корректироваться с учетом изменений, происходящих в реальных условиях.

К таким изменениям относятся новые законодательные и нормативные правовые акты, реформирование управления в стране, реорганизация предприятий, изменение технологических процессов, новые материалы, оборудование и др.

Организация должна разрабатывать и обеспечивать практическое использование методов выявления возможностей возникновения

аварийных ситуаций, а также методов реагирования на них путем предотвращения или смягчения их последствий, сокращения несчастных случаев и заболеваемости на производстве, связанных с последствиями аварий.

Организация должна иметь планы действий персонала в возможных аварийных ситуациях, ликвидации их последствий.

Организация должна анализировать и корректировать (при необходимости) планы и мероприятия по подготовленности к аварийным ситуациям, их предотвращения и ликвидации последствий. Организация также должна периодически проверять практическую подготовленность персонала к действиям в аварийных ситуациях.

### 7. КОНТРОЛЬ, АУДИТ

*Контроль* — это система наблюдений и проверок соответствия реальных условий безопасности нормативным требованиям, осуществляемая уполномоченными органами.

*Аудит* — независимый систематический процесс получения объективной оценки данных для определения степени соблюдения установленных требований.

В процессе аудита рассматриваются такие элементы системы управления, как: участие работников; распределение обязанностей; документация системы управления; планирование, развитие и осуществление СУОТ; предупредительные и регулирующие меры; управление изменениями; предупреждение аварийных ситуаций, готовность к ним и реагирование; снабжение; мониторинг исполнения и оценка результативности; расследование связанных с работой травм, ухудшений здоровья, болезней и инцидентов и их воздействие на деятельность по обеспечению безопасности и охране здоровья; предупредительные и корректирующие действия; непрерывное совершенствование и любые другие цели и объекты проверки/аудита, в зависимости от целесообразности.

В выводах аудита должно быть определено, являются ли осуществляемые элементы системы управления охраны труда или их подсистемы:

1) эффективными для осуществления политики и целей организации по охране труда;

2) эффективными для содействия полному участию работников в системе управления;

3) реагирующими на оценку результативности деятельности по охране труда и предыдущих проверок/аудитов;

4) обеспечивающими организации достижение соответствия с относящимися к делу национальными законами и правилами.

Аудит должен проводиться компетентными, не связанными с проверяемой деятельностью лицами, работающими или не работающими в организации.

Результаты проверки/аудита и выводы проверки/аудита должны быть доведены до лиц, ответственных за корректирующие мероприятия.

Консультации по выбору аудитора и все этапы проверки/аудита на рабочем месте, включая анализ результатов, предполагают участие работников в должном порядке.

## 8. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ

*Определение эффективности* является заключительной функцией управления. Оценка эффективности является необходимым элементом в любой деятельности. В вопросах безопасности она имеет особое значение, так как непосредственно связана со здоровьем человека.

В процессе труда происходит производственное потребление рабочей силы, которое с психофизиологической точки зрения представляет собой затраты жизненных сил при взаимодействии человека со средствами производства в определенных условиях труда.

Неблагоприятные условия труда могут иметь своим результатом:

1) снижение работоспособности вследствие повышенного утомления;

2) увеличение внутрисменных потерь в связи с увеличением времени на отдых;

3) временную потерю трудоспособности вследствие общих заболеваний: исследованиями установлено, что от 20 до 50% случаев временной потери трудоспособности непосредственно связаны с условиями труда на производстве;

4) несчастные случаи и профессиональные заболевания.

В конечном итоге эти последствия могут быть сведены к экономическим показателям. Различают социальную, инженерно-техническую и экономическую эффективность мероприятий. Эффективность мероприятий оценивается по достигнутым темпам изменения показателей. Если фактические темпы соответствуют запланированным или выше, то мероприятия эффективны.

Эффективность управления безопасностью труда определяется по следующим показателям:

1) показатель частоты травматизма $П_ч = \frac{A}{B} \cdot 1000$;

2) показатель нетрудоспособности по травматизму $П_н = \frac{Д_т}{B} \cdot 1000$;

3) показатель нетрудоспособности по болезням $П_б = \frac{Д_б}{B} \cdot 1000$;

4) показатель тяжести травмы $П_т = \frac{Д_т}{A}$,

где $A$ — количество несчастных случаев; $B$ — число работающих; $Д_т$, $Д_б$ — дни нетрудоспособности по травматизму и болезням;

5) показатель условий труда $П_{ут}$, он определяется числом опасных и вредных производственных факторов;

6) показатель эффективности использования средств на охрану труда

$$П_э = \frac{З_у}{З_у + З_б + З_м},$$

где $З_у$ — затраты на улучшение условий труда; $З_б$ — выплаты по больничным листам; $З_м$ — материальные последствия аварий и травм (кроме $З_б$).

Показатель $П_э$ при повышении эффективности работ по охране труда растет и стремится к единице. Темпы улучшения показателей определяются общепринятым путем в процентах по отношению к базовым данным.

Весьма представительным является показатель $К_{ут}$, равный отношению количества людей $n$, работающих в условиях, соответствующих требованиям безопасности, и общего числа работающих $N$, то есть

$$К_{ут} = \frac{n}{N}.$$

Нетрудно определить, что $К_{ут}$ может изменяться в пределах от 0 до 1. Для оценки эффективности могут быть предложены и другие показатели, которые адекватно отражают происходящие изменения.

В результате анализа необходимо:

1) оценить соответствие системы управления условиям организации;

2) определить необходимые изменения в системе;

3) решить, какие действия необходимо предпринять для устранения недостатков, обнаруженных в анализируемом периоде;

4) обеспечить обратную связь, включая определение приоритетов, в целях рационального планирования и непрерывного совершенствования;

5) оценить прогресс в достижении целей организации по охране труда и энергичность корректирующих действий;

6) оценить эффективность действий, намеченных при предыдущих анализах эффективности СУОТ руководством.

Частоту и масштаб периодических анализов эффективности системы управления охраной труда работодателем или лицом, обладающим наибольшей ответственностью, следует определять в соответствии с потребностями и условиями деятельности организации.

Анализ эффективности СУОТ руководством должен учитывать: 1) результаты расследования связанных с работой травм, ухудшений здо-

ровья, болезней и инцидентов; мониторинга исполнения и изменения результативности; аудиторской деятельности и 2) дополнительные внутренние и внешние факторы, а также изменения, включая организационные, которые могут повлиять на систему управления охраной труда.

Выводы из анализа эффективности СУОТ руководством должны быть документально зафиксированы и официально доведены до сведения лиц, ответственных за конкретный элемент (элементы) системы управления охраной труда, с тем чтобы они могли принять соответствующие меры, и комитета по охране труда, состоящего из представителей работников и работодателя.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Укажите основные вехи в развитии управления безопасностью и стандарты в этой области.
2. В чем смысл управления безопасностью труда?
3. Какие уровни управления охраной труда существуют в России?
4. Укажите основные направления государственной политики в области охраны труда и выделите приоритетное.
5. Перечислите основные элементы системы управления безопасностью в организации.
6. Какова основная цель анализа и оценки состояния безопасности?
7. Что является основным в планировании?
8. Какие формы стимулирования используются в управлении охраной труда?
9. Какие элементы системы управления охраной труда рассматриваются в процессе охраны труда?
10. Какими показателями можно оценить эффективность управления охраной труда?

## § 13.4. ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАДЗОР И КОНТРОЛЬ ЗА СОБЛЮДЕНИЕМ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА ПО ОХРАНЕ ТРУДА

Различают следующие виды надзора и контроля за соблюдением законодательства по охране труда: государственный, ведомственный, общественный.

Государственный контроль осуществляют специально уполномоченные государственные органы и инспекции.

В 2004 г. была проведена административная реформа органов федеральной власти, которая коснулась также контролирующих и надзорных органов с определенным переподчинением функций и частичным перераспределением полномочий.

Государственный надзор за соблюдением законодательства о труде (правового и трудоохранного) осуществляет федеральная инспекция

труда и государственные инспекции труда в субъектах РФ в составе Управления государственного надзора и контроля за соблюдением законодательства о труде и охране труда. Положение о федеральной инспекции утверждено Постановлением Правительства РФ от 30.06.04 № 324. Федеральной инспекции в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 27.05.04 № 252 переданы территориальные органы по государственному надзору и контролю за соблюдением законодательства о труде и охране труда. В федеральной и территориальных инспекциях труда в 2005 г. насчитывалось более 3500 инспекторов.

В результате проведенной административной реформы в стране создан принципиально новый орган исполнительной власти — Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор), который соединил функции бывшего Госгортехнадзора, Энергонадзора, Госатомнадзора, а также надзорные функции в охране окружающей среды. Служба осуществляет функции по принятию нормативных правовых актов, контролю и надзору в сфере:

1) безопасности при использовании атомной энергии;

2) промышленной безопасности; безопасного ведения работ, связанных с пользованием недрами;

3) охраны недр (при разработке месторождений полезных ископаемых);

4) безопасности производства, хранения и применения взрывчатых материалов промышленного назначения;

5) безопасности электрических и тепловых установок и сетей;

6) безопасности гидротехнических сооружений на объектах промышленности и энергетики;

7) охраны окружающей среды в части, касающейся ограничения негативного техногенного воздействия, в том числе в области обращения с отходами производства и потребления.

Об объемах работ, осуществляемом Ростехнадзором, можно судить по перечню основных направлений деятельности и количеству поднадзорных объектов, которые приведены на рис. 13.5.

Правопреемником Госсанэпиднадзора России стала Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор) в структуре Министерства здравоохранения и социального развития РФ. Роспотребнадзор осуществляет государственный надзор и контроль за исполнением обязательных требований законодательства РФ в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия предприятиями независимо от их подчиненности и форм собственности, а также должностными лицами и гражданами. Роспотребнадзор проводит также государственную

**Рис. 13.5**
*Объекты повышенной опасности, подконтрольные Ростехнадзору*

регистрацию потенциально опасных химических и биологических веществ, государственную регистрацию и сертификацию новых медицинских иммунобиологических препаратов и дезинфекционных средств и др.

Федеральная служба по надзору в сфере здравоохранения и социального развития осуществляет контроль за порядком производства медэкспертизы, за порядком установления утраты профессиональной трудоспособности в результате несчастных случаев на производстве и профзаболеваний, порядком организации и осуществлении медико-социальной экспертизы, а также реабилитации инвалидов и т. д.

Федеральное агентство по здравоохранению и социальному развитию организует деятельность госслужбы медико-социальной экспертизы по профессиональной переподготовке отдельных категорий работников по вопросам охраны труда, по установлению связи заболевания с профессией.

Государственная экспертиза условий труда осуществляет государственный контроль за:

1) правильностью применения списков производств, работ, профессий, должностей и показателей, по которым устанавливаются льготные пенсии и предоставляются дополнительные отпуска;

2) предоставлением работникам предприятий в соответствии с законодательством льгот и компенсаций за работу в неблагоприятных условиях труда;

3) качеством проведения аттестации рабочих мест по условиям труда и их отнесению к категории с вредными и тяжелыми условиями труда.

Положение о Госэкспертизе условий труда утверждено постановлением Совета министров РФ от 3 декабря 1990 г. № 557.

Государственная инспекция безопасности дорожного движения (ГИБДД) в составе МВД России разрешает ввод в эксплуатацию новых и вышедших из ремонта автомобилей, следит за техническим состоянием автомобильного транспорта на предприятиях, в хозяйствах и учреждениях, за обеспечением его безопасной эксплуатации, участвует в расследовании аварий и случаев нарушения правил эксплуатации автомобилей, а также осуществляет контроль за подготовкой кадров для автотранспорта.

Государственный пожарный надзор в РФ в соответствии с Федеральным законом № 69-ФЗ от 21.12.1994 г. «О пожарной безопасности» (ст. 5) организует и осуществляет Главное управление государственной противопожарной службы, которое входит в состав МЧС России в качестве единой самостоятельной оперативной службы.

Федеральная служба по техническому регулированию и метрологии (бывший Госстандарт) разрабатывает технические регламенты в соответствии с Законом о техническом регулировании, в том числе и в области безопасной эксплуатации установок различного назначения, зданий, сооружений и т. д. Обладая хорошей метрологической базой, эта служба осуществляет качественный и объективный контроль испытательных лабораторий по аттестации рабочих мест, контролирует деятельность органов сертификации работ по охране труда в организации и т. д.

Федеральное агентство по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству (бывший Госстрой) контролирует соответствие строительным нормам и правилам предпроектной и проектной документации строительства объектов различного назначения.

Министерства и ведомства осуществляют ведомственный (внутриведомственный) контроль за соблюдением законодательства о труде на подчиненных им предприятиях и организациях.

Ведомственный контроль по охране труда осуществляется вышестоящей организацией по подчиненности.

К ведомственному контролю относится также контроль, осуществляемый службой охраны труда данного предприятия.

Общественный контроль за состоянием охраны труда осуществляют профсоюзы в лице их соответствующих органов и иные уполномоченные работниками представительные органы.

Высший надзор за точным и единообразным исполнением законов о труде осуществляет Генеральный прокурор РФ с подчиненными ему нижестоящими прокурорами.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие существуют виды надзора и контроля за соблюдением законодательства по охране труда и кто их осуществляет?
2. Какие функции возложены на Ростехнадзор?
3. Какие сферы хозяйственной деятельности регулируются Ростехнадзором?
4. Какие полномочия и функции предоставлены Роспотребнадзору?
5. Какие еще государственные органы надзора и контроля в области безопасности вы знаете?

ГЛАВА 14

# УПРАВЛЕНИЕ ОХРАНОЙ ТРУДА В ОРГАНИЗАЦИИ

*Знать, чтобы предвидеть.*
*Предвидеть, чтобы управлять.*
О. Конт

В организациях могут создаваться системы управления охраной труда (рис. 14.1). Управление охраной труда в рабочем порядке осуществляется службой охраны труда, подчиненной руководителю предприятия.

## § 14.1. СЛУЖБА ОХРАНЫ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИИ

Деятельность в области охраны труда регламентируется законодательными и нормативными правовыми актами. Часть из них рассмотрена ранее. Отметим те законодательные акты, которые имеют особо важное значение при организации службы охраны труда:

Федеральный закон «Трудовой кодекс РФ» № 197-ФЗ от 30.12.2001 г.

Закон РФ «О коллективных договорах и соглашениях» № 2490-1 от 11.03.1992 г.

Постановление Министерства труда и социального развития РФ от 8.02.2000 г. № 4 «Об утверждении рекомендаций по организации работы службы охраны труда в организации».

ГОСТ 12.0.230-2007 «Системы управления охраной труда. Общие требования» (с 1 июля 2009 г. введен в РФ в качестве национального стандарта).

ГОСТ Р 54934-2012 «Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья».

В соответствии с этими документами на каждом предприятии с численностью более 50 работников создается служба охраны труда или вводится специалист по охране труда. При отсутствии службы работодатель заключает договор со специалистами или организациями, оказывающими услуги в области охраны труда.

В Трудовом кодексе РФ регламентированы вопросы социального партнерства в сфере труда, обязанности и права работодателей и работников в области охраны труда, вопросы финансирования и организации охраны труда, контроля, ответственности, расследования несчастных случаев и др.

В каждой отрасли действуют отраслевые и межотраслевые правила по охране труда.

В организациях создаются комитеты (комиссии) по охране труда, которые организуют совместные действия работодателя и работников по обеспечению требований охраны труда.

Непосредственная работа по охране труда на предприятии состоит из следующих направлений.

**Рис. 14.1**
*Система управления охраной труда в организации*

1. Организация работы по обеспечению выполнения работниками требований охраны труда.

2. Контроль за соблюдением работниками законодательства по охране труда.

3. Организация профилактической работы по предупреждению травматизма и профессиональных заболеваний.

Работодатель *должен* организовать проведение обязательных предварительных (при поступлении на работу) и периодических медицинских осмотров. Порядок проведения медицинских осмотров определяется приказом соответствующего ведомства.

*Предварительные медицинские осмотры* проводятся с целью определения соответствия работника поручаемой работе по состоянию здоровья.

*Периодические медицинские осмотры* проводятся с целью предотвращения профессиональных заболеваний. Осмотры проводятся за счет работодателя.

4. Перспективное, годовое и текущее планирование по улучшению условий и охраны труда.

Планы разрабатываются на основании анализа санитарно-технического состояния на производственных участках, материалов аттестации отдельных рабочих мест, санитарных и экологических паспортов.

5. Организация кабинета по охране труда.

Такой кабинет организуется в соответствии со СНиП 2.09.04-87 и представляет собой оборудованную наглядными пособиями и информационными материалами часть производственного, административного или бытового помещения.

6. Организация обучения и инструктирования.

На предприятиях проводятся следующие виды инструктажей: 1) вводный; 2) первичный на рабочем месте; 3) повторный; 4) внеплановый; 5) целевой (с регистрацией в наряде-допуске).

7. Разработка инструкций по охране труда.

Инструкции разрабатываются применительно к конкретным условиям работы на основании требований, изложенных в официальных документах.

Инструкции состоят из следующих разделов: 1) общие требования охраны труда; 2) требования охраны труда перед началом работы; 3) требования охраны труда во время работы; 4) требования охраны труда в аварийных ситуациях; 5) требования охраны труда по окончании работы.

8. Определение компенсаций.

Законодательством предусматриваются компенсации за тяжелые работы и работы с вредными или опасными условиями труда, не устра-

нимыми при современном техническом уровне производства и существующей организации труда. Компенсационные выплаты предусматривают возмещение работающим расходов, связанных с выполнением трудовых обязанностей. Компенсации предоставляют на основании списков и перечней производств, работ, профессий и должностей, утвержденных в централизованном порядке (списки № 1 и № 2).

9. Расследование и учет несчастных случаев.

10. Аттестация рабочих мест по условиям труда с последующей сертификацией работ по охране труда.

Аттестацию рабочих мест проводит администрация. Измерения проводят аккредитованные лаборатории.

При аттестации рабочих мест определяют: 1) фактические значения ОВПФ на рабочих местах; 2) тяжесть и напряженность трудового процесса; 3) травмобезопасность рабочих мест; 4) обеспеченность работников СИЗ.

*Сертификация* — установление соответствия работ официальным требованиям. Сертификация проводится после аттестации. Сертификат по охране труда — документ, удостоверяющий соответствие проводимых работ требованиям безопасности и охраны труда.

11. Пропаганда охраны труда.

Задача информационного обеспечения состоит в том, чтобы поддерживать сознательное отношение к сохранению здоровья, популяризировать новые средства обеспечения безопасности труда.

## ОСОБЕННОСТИ ОХРАНЫ ТРУДА ЖЕНЩИН

В процессе управления охраной труда учитывают требования законодательства к отдельным категориям работающих.

В связи с физиологическими особенностями женского организма действующее законодательство предусматривает особые условия безопасности труда женщин, в частности:

1) установлены предельно допустимые нормы нагрузок для женщин при подъеме и перемещении тяжестей вручную (не более 7 кг, а при чередовании с другой работой не более 10 кг);

2) утвержден перечень производств, работ, профессий и должностей с вредными и опасными условиями труда, на которых ограничивается применение труда женщин;

3) запрещается направление в служебные командировки, привлечение к работе в выходные дни и в ночное время, а также к сверхурочной работе беременных женщин;

4) действует СанПиН 2.2.0.555-96 «Гигиенические требования к условиям труда женщин» и др.

## ОСОБЕННОСТИ ОХРАНЫ ТРУДА МОЛОДЕЖИ

Законодательством предусмотрены особые условия охраны труда подростков (лиц моложе 18 лет), целью которых является сохранение их жизни и здоровья.

Вот некоторые примеры, взятые из Трудового кодекса РФ:

1) заключение трудового договора допускается с лицами, достигшими возраста 16 лет;

2) запрещается применение труда лиц в возрасте до 18 лет на вредных и опасных работах и переноска тяжестей, превышающих установленные нормы (есть соответствующие перечни и предельные нормы, утвержденные правительством РФ);

3) лицам до 18 лет запрещается работа в игорном бизнесе, ночных клубах и кабаре, в производстве, перевозке и торговле спиртными напитками, табачными изделиями;

4) лицам до 18 лет запрещается привлечение к ночным и сверхурочным работам;

5) лица моложе 18 лет при приеме на работу проходят предварительный медицинский осмотр и до достижения указанного возраста — ежегодный медицинский осмотр;

6) продолжительность рабочей недели сокращается для лиц в возрасте до 16 лет на 16 часов, в возрасте от 16 до 18 лет — на 4 часа.

## РАБОТЫ С ПОВЫШЕННОЙ ОПАСНОСТЬЮ

Работодатель должен уделять особое внимание организации и проведению работ, к которым предъявляются дополнительные (повышенные) требования безопасности труда, предусмотренные отдельными нормативными правовыми актами по охране труда. К таким работам относятся: эксплуатация и ремонт электроустановок, котлов, сосудов, работающих под давлением; обслуживание газового хозяйства, грузоподъемных машин и лифтов; выполнение работ на высоте, верхолазных, электрогазосварочных, погрузо-разгрузочных операций; деятельность, связанная с применением радиоактивных веществ, взрывчатых материалов, пиротехнических средств.

Перечень работ и профессий, к которым предъявляются дополнительные требования безопасности труда, должен определить работодатель на основании действующих нормативных правовых актов по охране труда.

Особое внимание в организации отводится работам, на проведение которых необходим наряд-допуск.

*Наряд-допуск* — это задание на производство работ, оформленное на специальном бланке установленной формы и определяющее содер-

жание, место работы, время ее начала и окончания, условия безопасного проведения, состав бригады и лиц, ответственных за безопасность выполнения работы. Лицо, выдающее наряд-допуск, устанавливает необходимость и объем работы, отвечает за возможность безопасного ее выполнения. Ответственность за правильность выполнения необходимых для допуска работ несет допускающий. Приемка рабочего места по окончании работы оформляется в нарядах или журналах.

Наряды выписываются на имя руководителей работ или производителей работ. Число нарядов-допусков, выдаваемых на одного ответственного руководителя, определяет в каждом конкретном случае лицо, выдающее наряд-допуск.

Допуск к работе осуществляется ежедневно с указанием даты и времени начала работы и оформляется подписями ответственного руководителя и производителя работ.

Допуск к работе по наряду производится непосредственно на рабочем месте. Проведение целевого инструктажа по безопасности труда фиксируется в наряде-допуске с подписью его участников. Экземпляр наряда-допуска должен находиться у производителя и лица, выдавшего его.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Всегда ли создается на предприятии служба охраны труда и что для этого необходимо?
2. Какие задачи реализуют службы охраны труда на предприятиях?
3. С какой целью проводятся предварительные и периодические медицинские осмотры и за чей счет они проводятся?
4. Какие виды инструктажей проводятся с работниками предприятий и в каких ситуациях?
5. Укажите структуру инструкций по охране труда.
6. Что определяется при аттестации рабочих мест?
7. Какие особенности установлены в охране труда женщин?
8. В чем заключаются особенности охраны труда лиц моложе 18 лет?
9. Какие работы относятся к работам с повышенной опасностью?

## § 14.2. ОСНОВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ ПО ОХРАНЕ ТРУДА В ОРГАНИЗАЦИИ

Управление охраной труда ведется на документальной основе. Поэтому приведем перечень документов, которые необходимо иметь в каждой организации.

**Журналы:**

1. Журнал регистрации вводного инструктажа.
2. Журнал регистрации первичного инструктажа.
3. Журнал регистрации несчастных случаев на производстве.

4. Журнал учета инструкций по охране труда работников предприятия.

5. Журнал выдачи удостоверений о проверке знания требований охраны труда.

6. Технический журнал по эксплуатации зданий и сооружений.

7. Журнал распоряжений.

8. Журнал регистрации нарядов-допусков на работы повышенной опасности.

9. Журнал регистрации входящей документации по охране труда.

10. Журнал приемки и осмотра лесов и подмостей.

11. Журнал учета и содержания защитных средств.

12. Журнал учета и периодических осмотров механизмов и агрегатов, неподконтрольных Ростехнадзору.

13. Журнал регистрации проверки знаний по безопасности труда.

Все журналы должны быть пронумерованы, прошнурованы и скреплены печатью.

**Программы:**

1. Программа вводного инструктажа.

2. Программа первичного инструктажа.

3. Программа для обучения рабочих безопасным методам труда.

4. Программа для обучения и проверки знаний по охране труда работников, к профессиям которых (или при выполнении работ) предъявляются дополнительные (повышенные) требования безопасности труда.

Программы обучения утверждаются руководителем, согласовываются выборным органом и визируются инженером по охране труда.

**Инструкции:**

1. Инструкции по охране труда по всем профессиям и видам работ.

2. Должностные инструкции с учетом функциональных обязанностей по охране труда.

**Списки и перечни:**

1. Перечень производств (и профессий), при работе в которых работники должны проходить обязательные предварительные (при поступлении на работу) и периодические (в течение трудовой деятельности) медицинские осмотры.

2. Перечень профессий с вредными условиями труда, работа в которых дает право на получение: а) молока; б) лечебно-профилактического питания; в) доплаты к тарифной ставке.

3. Перечень профессий и видов работ, к которым предъявляются повышенные требования по технике безопасности.

4. Перечень видов работ, на которые оформляется наряд-допуск.

5. Перечень профессий на прохождение обучения по безопасности труда по программе технического минимума.

6. Перечень должностей ИТР и электротехнического персонала, которые должны иметь квалификационную группу по электробезопасности.

7. Перечень вопросов по безопасным методам труда или экзаменационные билеты.

8. Перечень профессий и рабочих мест неэлектротехнического персонала, требующих присвоения I квалификационной группы по электробезопасности.

9. Перечень действующих инструкций по охране труда.

10. Перечень профессий и должностей работников, освобожденных от инструктажа на рабочем месте.

11. Список работников, обязанных проходить периодическую проверку знаний по охране труда в соответствии с занимаемой должностью.

12. Перечень тяжелых работ и работ с вредными или опасными условиями труда, на которых запрещается применение труда женщин.

13. Перечень тяжелых работ и работ с вредными или опасными условиями труда, при выполнении которых запрещается применение труда лиц моложе 18 лет.

14. Перечень профессий для получения бесплатной спецодежды и других средств индивидуальной защиты.

15. Личная карточка учета спецодежды, спецобуви, предохранительных приспособлений и других средств индивидуальной защиты.

**Списки членов комиссий:**

1. Комиссии по проверке знаний требований охраны труда у работников предприятия.

2. Комиссии для проведения периодических технических осмотров зданий и сооружений.

3. Комиссии (комитета) по охране труда.

4. Комиссии по проведению аттестации рабочих мест по условиям труда и др.

**Графики:**

1. График проведения периодических медицинских освидетельствований.

2. График замеров параметров опасных и вредных производственных факторов.

3. График испытаний и технических освидетельствований оборудования, машин и механизмов, вентиляционных систем.

4. График замеров сопротивления изоляции силовой и осветительной электропроводки и сопротивления заземления растеканию тока, проверка непрерывности цепи между заземлителем и заземляемым

оборудованием, проверка состояния заземляющего устройства, петли «фаза–ноль».

5. График проверки знаний по безопасным методам труда.

**Положения:**

1. Положение об организации работы по охране труда в организации.

2. Положение о применении наряда-допуска на выполнение работ повышенной опасности.

3. Положение о порядке проведения контроля за обеспечением безопасности труда.

**Приказы:**

1. О возложении исполнения обязанностей инженера по охране труда на специалиста, имеющего техническое образование.

2. По улучшению условий труда.

3. О проведении периодической проверки знаний по охране труда специалистов и других работников.

4. О создании комиссии по обучению и проверке знаний безопасных методов труда.

5. О создании комиссии по наблюдению за состоянием и эксплуатацией зданий и сооружений.

6. О создании комиссии (комитета) по охране труда.

7. Об ответственном за общее состояние всего электрохозяйства.

8. Об ответственном за проведение огневых работ в зданиях, помещениях и сооружениях с взрывопожароопасными и пожароопасными производствами.

9. Об ответственном за исправное состояние и безопасное действие сосудов, работающих под давлением.

10. О допуске персонала к самостоятельному обслуживанию сосудов под давлением.

11. Об утверждении должностных инструкций и инструкций по охране труда.

12. О назначении ответственного лица за безопасную эксплуатацию оборудования.

13. О назначении ответственного лица за безопасную эксплуатацию и техническое состояние котлов и экономайзеров.

14. О назначении ответственных лиц за эксплуатацию тепловых установок и тепловых сетей.

15. О проведении аттестации рабочих мест по условиям труда.

16. О назначении ответственного лица за безопасную эксплуатацию грузоподъемных механизмов.

17. О назначении ответственного лица за техническое состояние грузоподъемных механизмов.

18. О допуске к работе персонала, обслуживающего грузоподъемные механизмы.

19. О назначении ответственного лица за безопасное перемещение грузов краном.

20. О назначении ответственного лица за безопасную эксплуатацию газового хозяйства.

21. О порядке производства работ вблизи линий электропередач.

22. Приказы по организации работы автотранспортных средств: а) о порядке перевозки негабаритных грузов; б) о назначении ответственных за выпуск автотранспорта; в) о назначении старшего при перевозке людей (включая паспорта маршрутов и графики перевозки людей); г) о водителях, допущенных к перевозке людей; д) о порядке работы с этилированным бензином и антифризом; е) о назначении ответственного за шиномонтажный стенд.

**Планы:**

1. Мероприятия по охране труда (соглашение к коллективному договору).
2. План работы по охране труда.
3. Планы ликвидации аварий (ПЛА).

**Другие материалы:**

1. Акты о несчастных случаях на производстве по форме Н-1.
2. Сообщения о последствиях несчастных случаев на производстве.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие виды документов по охране труда должны быть в каждой организации?
2. Перечислите, какие журналы регистрации и учета необходимо вести в службах охраны труда предприятия.
3. Какие списки и перечни по охране труда составляются на предприятии?
4. Графики каких обязательных мероприятий по охране труда должны составляться на предприятии?
5. Перечислите некоторые из обязательных для предприятия приказов по охране труда.

## § 14.3. КОНТРОЛЬ ЗА СОБЛЮДЕНИЕМ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА ПО ОХРАНЕ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИИ

**Ведомственный контроль** осуществляется службой охраны труда предприятия. Он реализуется в нескольких формах.

*Целевые проверки* ставят своей задачей контроль производственного оборудования по определенному признаку. Например, проверка соответствия требованиям безопасности электроприводов, систем

пневматики и гидравлики и т. п. Объектом контроля могут быть средства коллективной защиты в производственных помещениях (системы вентиляции, кондиционирования, освещения и т. п.). Контроль, как правило, проводится в нескольких цехах. По замеченным недостаткам выдаются предписания.

*Комплексные проверки* проводятся в одном цехе. Объектом контроля является производственное оборудование, которое проверяется на соответствие комплексу требований безопасности, установленных стандартами ССБТ. Работники отделов охраны труда совместно с работниками служб стандартизации принимают участие в контроле за внедрением и соблюдением стандартов ССБТ, организуют проведение замеров параметров опасных и вредных производственных факторов.

**Общественный контроль** за соблюдением прав и интересов работников в области охраны труда осуществляют профессиональные союзы или уполномоченные трудового коллектива, которые действуют в соответствии с рекомендациями, разработанными Министерством труда РФ, и имеют право:

1) осуществлять контроль за соблюдением работодателем законодательных и иных нормативных актов об охране труда;

2) проводить независимую экспертизу условий труда и обеспечения безопасности работников предприятия;

3) принимать участие в расследовании несчастных случаев и профессиональных заболеваний на производстве, а также осуществлять их самостоятельное расследование;

4) получать информацию от руководителей и иных должностных лиц о состоянии условий и охраны труда, а также о всех подлежащих регистрации несчастных случаях на производстве;

5) предъявлять требования о приостановке работ в случаях непосредственной угрозы жизни и здоровью работников;

6) осуществлять выдачу работодателю обязательных к рассмотрению представлений об устранении выявленных нарушений;

7) обращаться в соответствующие органы с требованием о привлечении к ответственности должностных лиц, виновных в нарушении нормативных требований по охране труда, сокрытии фактов несчастных случаев на производстве;

8) принимать участие в рассмотрении трудовых споров, связанных с нарушением законодательства об охране труда, обязательств, установленных коллективными договорами или соглашениями по охране труда, с изменением условий труда.

На предприятии осуществляется и **административно-общественный контроль** (трехступенчатый).

*Первая ступень* контроля проводится ежедневно до начала работы, а при необходимости и в течение рабочего дня на каждом рабочем месте руководителем соответствующего участка (мастером, начальником участка и т. п.) и общественным инспектором по охране труда или уполномоченным (доверенным) лицом по охране труда профессионального союза или трудового коллектива. По выявленным при проверке нарушениям, которые не могут быть устранены немедленно и не грозят аварией или травмой, намечаются мероприятия по их устранению, определяются сроки и ответственные за исполнение. Результаты проверки записываются в журнал первой ступени контроля, который должен храниться у руководителя участка.

*Вторая ступень* контроля проводится начальником цеха и старшим общественным инспектором по охране труда или уполномоченным (доверенным) лицом по охране труда профессионального союза или трудового коллектива один раз в неделю с участием инженера по охране труда предприятия. Результаты проверки записываются в журнал второй ступени контроля, который должен храниться у начальника цеха. Намечаются мероприятия, исполнители и сроки устранения обнаруженных нарушений.

*Третья ступень* контроля проводится комиссией, возглавляемой работодателем (главным инженером) и председателем профсоюзного комитета или иного уполномоченного работниками представительного органа, один раз в месяц. По итогам проверки оформляется акт о выявленных нарушениях и издается приказ по предприятию по их устранению.

**Саморегулирование (СРО).** Последние годы в России получили развитие институты саморегулирования. Под саморегулированием понимается самостоятельная и инициативная деятельность, которая осуществляется субъектами предпринимательской или профессиональной деятельности и содержанием которой являются разработка и установление стандартов и правил указанной деятельности, а также контроль за соблюдением требований указанных стандартов и правил. Саморегулирование — новая форма организации и контроля, в том числе в области безопасности деятельности.

**Ответственность за нарушение требований охраны труда.** Законодательством предусматриваются следующие виды ответственности за нарушение правил охраны труда (ОТ): дисциплинарная, административная, материальная, уголовная.

При *дисциплинарной* ответственности (ст. 192 ТК РФ) решение о наложении взыскания принимает работодатель. Дисциплинарным взысканием за нарушение законодательства по ОТ являются замечание,

выговор и увольнение. Объектами ответственности являются подчиненные и наемные работники.

В отличие от дисциплинарной к *административной* ответственности в соответствии с Кодексом РФ об административных правонарушениях (КоАП РФ) привлекаются руководители, должностные лица и другие ответственные работники. Решение о наложении взыскания в виде штрафов разной величины принимают инспекторы или руководители органов государственного надзора.

*Материальная* ответственность как следствие нарушения правил охраны труда возникает в тех случаях, когда в результате нарушения этих правил причинен материальный ущерб государству или пострадавшим.

Решение об *уголовной* ответственности согласно Уголовному кодексу Российской Федерации (УК РФ) принимается в судебном порядке. Объектами ответственности являются лица, допустившие нарушения правил ОТ, которые могли повлечь (или повлекли) за собой несчастные случаи с тяжелыми последствиями.

Уголовная ответственность за преступления, связанные с нарушением правил безопасности, предусмотрена рядом статей. Например, ст. 143 УК РФ «Нарушение правил охраны труда» распространяется на должностных лиц и предусматривает различные меры наказания, вплоть до лишения свободы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что представляет собой ведомственный контроль по ОТ на предприятии?
2. В чем заключается общественный контроль в области ОТ?
3. Какие права в области охраны труда имеют уполномоченные (доверенные) лица по охране труда профессионального союза или трудового коллектива?
4. Что представляет собой административно-общественный контроль по охране труда на предприятии?
5. Какие виды ответственности за нарушение требований охраны труда предусмотрены законодательством?

## § 14.4. АТТЕСТАЦИЯ РАБОЧИХ МЕСТ

Аттестация рабочих мест по условиям труда является важной составляющей организации охраны труда на предприятии.

Аттестация рабочих мест по условиям труда, согласно ст. 229 Трудового Кодекса РФ, — это «Оценка условий труда на рабочих местах в целях выявления вредных и/или опасных производственных факторов и осуществление мероприятий по приведении условий труда в соответствии с государственными нормативными требованиями охраны

труда. Аттестация рабочих мест по условиям труда проводится в порядке, установленным федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере труда».

Аттестации подлежат все имеющиеся в организации рабочие места. В аттестацию рабочих мест входит, как отмечалось ранее:

1) определение фактических значений опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ) на рабочих местах;

2) оценка тяжести и напряженности трудового процесса;

3) оценка травмобезопасности рабочих мест;

4) оценка обеспеченности работников средствами индивидуальной защиты.

Результаты аттестации рабочих мест по условиям труда используются прежде всего для:

1) планирования и проведения мероприятий по охране и условиям труда в соответствии с действующими нормативными правовыми документами;

2) обоснования предоставления компенсации работникам, занятым на тяжелых работах и работах с вредными и опасными условиями труда;

3) рассмотрения вопроса о прекращении (приостановлении) эксплуатации цеха, участка, производственного оборудования, изменении технологий, представляющих непосредственную угрозу для жизни или здоровья работников.

Измерения параметров опасных и вредных производственных факторов, определение показателей тяжести и напряженности трудового процесса осуществляют лабораторные подразделения организации. При отсутствии у организации необходимых для этого технических средств и нормативно-справочной базы привлекаются центры Роспотребнадзора, лаборатории органов Государственной экспертизы условий труда Российской Федерации и другие лаборатории, аккредитованные (аттестованные) на право ведения указанных измерений.

Оценка травмоопасности рабочих мест проводится организациями самостоятельно или по их заявкам сторонними организациями, имеющими разрешение органов Государственной экспертизы условий труда Российской Федерации на право проведения указанных работ.

Аттестацию рабочих мест по условиям труда осуществляет аттестационная комиссия предприятия.

В состав аттестационных комиссий организации входят главные специалисты, а также работники служб охраны труда, а в состав аттестационных комиссий цехов — мастера и бригадиры.

Приказом назначаются председатель, члены комиссии и ответственный за составление, ведение и хранение документации по аттестации рабочих мест по условиям труда, а также определяются сроки и графики проведения работ.

Аттестационная комиссия организации:

1) осуществляет методическое руководство и контроль за проведением работы на всех ее этапах;

2) формирует необходимую нормативно-справочную базу и организует ее изучение;

3) составляет полный перечень рабочих мест с выделением аналогичных по характеру выполняемых работ и условий труда;

4) выявляет на основе анализа причин производственного травматизма наиболее травмоопасные участки работы и оборудования;

5) составляет перечень опасных и вредных факторов производственной среды, показателей тяжести и напряженности трудового процесса;

6) присваивает коды производствам, цехам, участкам, рабочим местам для проведения автоматизированной обработки результатов аттестации;

7) аттестует и принимает решения по дальнейшему использованию рабочих мест;

8) разрабатывает предложения по улучшению и оздоровлению условий труда;

9) вносит предложения о готовности организации к сертификации работ по охране труда.

По результатам проверки соответствия рабочего места требованиям безопасности заполняют карты аттестации рабочих мест, в которых фиксируются нормативные и фактические значения гигиенических параметров, величины их отклонения от нормы, наличие соответствия требованиям безопасности средств коллективной и индивидуальной защиты, соответствие требованиям безопасности оборудования и технологических процессов.

Оценка опасных и вредных производственных факторов на аналогичных по характеру выполняемых работ и по условиям труда рабочих местах производится на основании данных, полученных при аттестации не менее 20% таких рабочих мест.

В соответствии с нормативными документами условия труда по степени опасности и вредности подразделяются на четыре класса:

*1-й класс* — оптимальные условия труда.

*2-й класс* — допустимые условия труда, которые могут вызывать функциональные отклонения к концу смены, но после регламентированного отдыха организм человека приходит в нормальное состояние (1-й и 2-й классы соответствуют нормальным условиям труда).

*3-й класс* — вредные условия труда, характеризующиеся наличием вредных производственных факторов, превышающих гигиенические нормы. Они оказывают неблагоприятное воздействие на работающего и могут негативно влиять на потомство.

Вредные условия труда по степени превышения гигиенических норм и выраженности изменений в организме работающих подразделяются в свою очередь на четыре степени вредности (3.1, 3.2, 3.3 и 3.4).

*4-й класс*-опасные (экстремальные) условия труда, при которых в течение смены создается угроза для жизни, высокий риск возникновения тяжелых и острых профессиональных заболеваний.

На основании оценки фактического состояния условий труда по степени вредности и опасности, по тяжести и напряженности трудового процесса, травмобезопасности рабочего места определяется класс условий труда как для каждого фактора, так и для их комбинации и сочетания, а также для рабочего места в целом.

Общая оценка условий труда по степени вредности и опасности устанавливается:

1) по наиболее высокому классу и степени вредности;

2) в случае, если три и более факторов относятся к классу 3.1, то общая оценка условий труда соответствует классу 3.2;

3) при наличии двух и более факторов классов 3.2; 3.3; 3.4 условия труда оцениваются соответственно на одну ступень выше.

При сокращении времени контакта с вредными факторами условия труда могут быть оценены как менее вредные, но не ниже 3.1.

Если условия труда на рабочем месте отвечают гигиеническим требованиям и требованиям безопасности, то такое рабочее место признается аттестованным.

В случаях, когда на рабочем месте фактические значения ОВПФ превышают существующие нормы или требования по травмобезопасности и обеспеченности работников СИЗ не соответствуют существующим нормам, условия труда на таком рабочем месте относятся к вредным или опасным. В таком случае необходимо подготовить предложения для приведения рабочего места в соответствие с нормативными требованиями.

При отнесении условий труда к 4-му классу (опасному) рабочее место признается неаттестованным и подлежит незамедлительному переоснащению или ликвидации.

Результаты работы аттестационной комиссии организации оформляются протоколом. К протоколу должны прилагаться:

1) карты аттестации рабочих мест по условиям труда;

2) ведомости рабочих мест и результатов их аттестации по условиям труда в подразделениях;

3) сводная ведомость рабочих мест и результатов их аттестации по условиям труда в организации;

4) план мероприятий по улучшению и оздоровлению условий труда в организации.

Сроки проведения аттестации устанавливаются организацией исходя из изменений условий и характера труда, но не реже одного раза в 5 лет с момента проведения последних измерений.

Обязательной переаттестации подлежат рабочие места после замены производственного оборудования, изменения технологического процесса, реконструкции средств коллективной защиты и пр., а также по требованию органов Государственной экспертизы условий труда Российской Федерации при выявлении некачественного проведения аттестации рабочих мест по условиям труда. Результаты переаттестации оформляются в виде приложения по соответствующим позициям к карте аттестации рабочего места по условиям труда.

Документы аттестации рабочих мест по условиям труда являются материалами строгой отчетности и подлежат хранению 45 лет.

Государственный контроль за качеством проведения аттестации рабочих мест по условиям труда возложен на органы Государственной экспертизы условий труда Российской Федерации.

Ответственность за проведение аттестации рабочих мест по условиям труда несет руководитель организации.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Для каких целей используются результаты аттестации рабочих мест?
2. Какие функции осуществляет аттестационная комиссия?
3. На какие классы подразделяются условия труда по степени опасности и вредности? Охарактеризуйте их.
4. Как устанавливается общая оценка условий труда по степени вредности и опасности?
5. Какие документы прилагаются к протоколу работы аттестационной комиссии?
6. Каковы условия переаттестации?

## § 14.5. ПЛАНЫ ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙ

В соответствии с концепцией остаточного риска на любых объектах могут возникать аварии, обусловленные различными причинами. Поэтому необходимо заблаговременно предусмотреть гипотетически опасные ситуации (например, взрывы, пожары) и разработать план действий по их ликвидации и минимизации ущерба. Такой документ называется планом ликвидации аварий (ПЛА). Его полезно иметь в любой организации. В соответствии с п. 5.5.2 ГОСТ Р 12.0.006-2002 организация должна иметь планы действий в аварийных ситуациях. Имеются инструкции по составлению ПЛА.

Оперативной частью плана предусматриваются возможные аварии и другие условия данного производства, опасные для жизни людей, а также мероприятия, направленные на спасение людей, ликвидацию аварий в начальной стадии их возникновения и после ликвидации аварий. Кроме того, этот документ определяет действия ИТР и рабочих при возникновении аварий, а также действия газоспасательного подразделения (добровольной газоспасательной дружины) и пожарной части (добровольной пожарной дружины) в начальной стадии аварии.

Планы ликвидации возможных аварий разрабатываются в соответствии с фактическим положением в организации. Технические и материальные средства для осуществления мероприятий по спасению людей и ликвидации аварий предусматриваются планом в необходимом количестве и содержатся всегда в исправном состоянии. Ответственность за своевременное и правильное составление планов ликвидации аварий и соответствие их действительному положению несут руководители.

При составлении планов ликвидации аварий учитываются возможные нарушения нормальных режимов работы: отключение электроэнергии; прекращение работы вентиляции и выключение освещения; прекращение подачи сырья, топлива, газа, воды, пара; нарушение технологического процесса или режима работы аппаратов, коммуникаций; загорания, вызванные грозовыми разрядами, вторичным проявлением молнии и др. Кроме того, на предприятиях химической промышленности особую опасность представляют аварии, связанные с прорывом газов и легковоспламеняющихся жидкостей, выбросом реакционной массы термического разложения химических продуктов и др.

Оперативная часть плана ликвидации возможных аварий предусматривает также способы оповещения об аварии, пути выхода людей из опасных мест, включение аварийной вытяжной вентиляции. Здесь же устанавливается порядок выключения электроэнергии, остановки

аппаратов, перекрытия коммуникаций и другие меры, необходимые для спасения людей и предотвращения осложнения аварий.

Пути выхода людей из здания указываются от каждого рабочего места и для каждого случая аварий. В каждом случае предусматривается возможность и необходимость пользования индивидуальными газозащитными приборами. При любом виде аварии немедленно вызывается газоспасательная служба и пожарная часть для оказания помощи людям и ликвидации аварии.

В качестве приложений план ликвидации аварий содержит: план помещения цеха с расположением основного оборудования, вентиляции, щитов со средствами пожаротушения, пожарных извещателей и телефонов; схему расположения основных коммуникаций цеха, а также трубопроводов, задвижек и пусковых устройств, стационарных средств пожаротушения; инструкции по аварийной остановке производств, агрегатов, установок и др.; список газо-, взрыво- и пожароопасных мест и работ технологического, ремонтного и восстановительного характера с указанием степени опасности и другую необходимую документацию.

По планам ликвидации возможных аварий на предприятиях систематически проводятся учебные тревоги для проверки правильности этих планов, тренировки персонала, отработка взаимодействия работников производства с газоспасательной и пожарной службами, а также для проверки готовности персонала предприятий и газоспасательной службы к спасению людей и ликвидации аварий в момент их возникновения, обеспеченности производств газозащитными средствами и средствами для ликвидации аварий.

Учебные тревоги проводятся на каждом газо- или взрывоопасном производстве не реже одного-двух раз в год в разные периоды года и объявляются в разное время суток и смены.

План ликвидации аварий изучает весь персонал и рабочие цеха, а также работники газоспасательной станции и пожарной части. Ознакомление с планами оформляется под расписку. Лица, не знающие плана ликвидации в части, относящейся к местам их работы, к работе не допускаются.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие цели и задачи предусматривает план ликвидации аварии?
2. Какие возможные нарушения нормальных режимов работы различных систем учитываются в планах ликвидации аварий?
3. Что предусматривается в оперативной части ликвидации возможных аварий на предприятии?
4. Что включается в приложение к плану ликвидации аварии?

## § 14.6. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА

### ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРИЧИНЫ НЕДОСТАТОЧНОГО ВНИМАНИЯ РАБОТОДАТЕЛЕЙ К ОХРАНЕ ТРУДА

Производство продукции и услуг сопряжено с большим количеством потенциальных опасных и вредных факторов, которые при неблагоприятных условиях могут привести к человеческим жертвам и материальному ущербу. Поэтому одна из основных задач работодателя — не допустить этих потерь либо минимизировать их путем организационно-технических, санитарно-гигиенических, а также социально-экономических и иных мероприятий, направленных на улучшение условий и охраны труда, а в конечном итоге — на сохранение жизни и здоровья работников, что провозглашено в правовых документах приоритетом в области охраны труда.

До настоящего времени в стране отсутствуют эффективные экономические стимулы, вынуждающие работодателей (особенно малого и среднего бизнеса) уделять этой сфере заметное внимание. Российские предприниматели, освоившие азы из области движения товаров, оборота капитала, путей повышения прибыли, практически не думают о рабочей силе, создающей эти товары, обеспечивающей ускорение оборота капитала и накопления прибыли. Эта их позиция объясняется, прежде всего, дешевизной рабочей силы (которая в конечной стоимости продукции составляет в России в среднем 15...20%, тогда как в промышленно-развитых странах эта доля доходит до 60...70%). Такое отношение работодателей определяется также возможностью (в обход закона) использования нелегальной иностранной рабочей силы (из числа нелегальных переселенцев), об охране труда которых, по их мнению, не стоит беспокоиться. Усугублению подобной тенденции в определенной степени способствует и действующая налоговая система, и несовершенство нормативно-правовой базы и многое другое. Большую роль в нежелании инвестиций в охрану труда играет также то обстоятельство, что срок окупаемости капитальных затрат на охрану труда велик, что никак не стимулирует работодателей.

Низкая стоимость рабочей силы в нашей стране — будь то еще в дореволюционные времена, в годы Советской власти или в нынешний период — всегда была одним из заметных факторов, оказывающих воздействие на состояние охраны труда и, как следствие, на уровень производственного травматизма и профессиональных заболеваний, с присущими им социальными и экономическими потерями.

## ПОТЕРИ ОТ ТРАВМАТИЗМА И ПРОФЗАБОЛЕВАНИЙ

Несчастные случаи на производстве и немалые экономические потери характерны для всего цивилизованного мира. По данным Международной организации труда (МОТ) ежегодно в мире происходит 270 млн производственных травм и 160 млн случаев профессиональных заболеваний.

Плохие условия труда уносят жизни 2,2 млн человек в год. Минимум 350 тыс. смертей приходится на долю несчастных случаев на работе, остальное — смертность от профессиональных заболеваний. В частности, от контактов с токсичными веществами, по оценке МОТ, умирают до 440 тыс. человек, от табачного дыма — не меньше 200 тыс. работников в год, асбест уносит около 100 тыс. жизней ежегодно. Каждый день около 5000 мужчин и женщин во всем мире погибают в результате несчастных случаев и заболеваний, связанных с трудовой деятельностью. И это количество, по наблюдениям МОТ, растет на 10% каждые три года.

Связанные с этим потери, по подсчетам специалистов МОТ, эквивалентны 4% мирового валового внутреннего продукта (а мировой ВВП составляет гигантскую сумму в 30 триллионов долларов!).

В России динамика роста смертности из-за работы примерно соответствует общемировой. Количество профессиональных заболеваний также растет в последние годы, хотя статистика и не отражает эту тенденцию. У более чем 20% работников условия труда неблагоприятные, а работодатели редко вкладывают средства в их улучшение, констатируют специалисты НИИ медицины труда.

В России по данным Федеральной инспекции труда погибло на производстве: в 2001 г. — 6194 человека, в 2002 г. — 5865 человек, в 2003 г. — 5185 человек, в 2004 г. — 4924 человека. Следует отметить, что данные Госкомстата России о смертельном травматизме за эти годы в среднем на 1700–1900 человек меньше, поскольку статистические наблюдения осуществляются, как ни странно, не по всем отраслям экономической деятельности; данные же Фонда социального страхования России за этот же период меньше примерно на 150–250 человек, так как отражают только страховые случаи.

Для сведения: в странах Европейского Союза, где численность занятых на производстве составляет примерно 150 млн человек, происходит около 7 млн случаев производственного травматизма ежегодно. В результате профессиональных заболеваний и травматизма в 2001 г. в странах ЕС погибло 120 тыс. человек, а в США — 130 тыс. человек.

Причин, определяющих высокий уровень производственного травматизма и профзаболеваний в России, много. С одной стороны, это износ основных производственных фондов, который в некоторых отраслях достигает 70% и более; сохранение в ряде отраслей промышленности устаревшей технологии производства; сокращение, а в ряде случаев и прекращение разработок по созданию новой техники и новых технологий; низкие темпы роста инвестиций в обновление материально-технической базы. С другой стороны, это ухудшение контроля за технической безопасностью производства; ослабление ответственности работодателей за состояние условий и охраны труда; низкий уровень производственной и технологической дисциплины.

Усилия, предпринимаемые государственными органами власти в части совершенствования законодательной и нормативной правовой базы в области охраны труда, укрепления исполнительных органов государственной власти, органов надзора и контроля в сфере безопасности и т. п., противодействуют производственному травматизму и профессиональным заболеваниям, но не могут кардинально решить проблему улучшения условий и охраны труда.

Совершенствование охраны труда связано как с применением прогрессивных технологий, повышающих безопасность труда, и социальных мер, направленных на защиту прав и интересов работников, так и с экономическими аспектами улучшения условий труда и нормализации производственной среды, что предполагает оценку затрат и их эффективности.

## СТРУКТУРА ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В СВЯЗИ С ТРАВМАТИЗМОМ И ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬЮ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Экономика охраны труда — многофункциональная область теоретических знаний и практических приложений. Она, в частности, помогает правильно оценить потери от производственных травм и профессиональных заболеваний.

Оценка материальных последствий несчастных случаев на производстве — проблема не новая.

Эту проблему в начале XX в. изучал американский ученый Х. Хейнрич, который создал теорию стоимости несчастных случаев, которую часто называют теорией «айсберга». Согласно этой теории, Х. Хейнрич разделил материальные потери компании в результате несчастного случая на прямые и косвенные. Но только прямые потери (выплаты за время нетрудоспособности и стоимость лечения) могут быть отслежены достаточно надежно. Косвенные, находящиеся как бы под

поверхностью, остаются невидимыми. Х. Хейнрич в результате анализа пришел к выводу, что косвенные потери в четыре раза превышают прямые. К косвенным потерям он относил урон, нанесенный собственности (поломка машин и оборудования, потери продукции и полуфабрикатов), выплату компенсации за время нетрудоспособности (замена пострадавших и сверхурочные), потери рабочего времени других сотрудников (расследование несчастного случая, первая медпомощь, ремонт и уборка, простои), потери в производительности труда.

Современный американский специалист по экономике охраны труда Л. Дорман к возможным косвенным потерям предприятия в результате несчастного случая относит, кроме перечисленных выше, следующие: расходы на наем и обучение временных или постоянных работников для замены травмированного или травмированных, а также на реорганизацию производства; снижение производительности труда и качества продукции из-за привлечения новичков, а также у травмированного при переводе его впоследствии на более легкую работу; содержание резервных мощностей на случай необходимости покрытия потерь от несчастного случая; моральное воздействие на окружающих рабочих.

Соотношение между прямыми и косвенными потерями во многом зависит от характера несчастного случая и обстоятельств, при которых он имел место. В то же время согласно подсчетам американского специалиста Ф. Берда, сделанным в 1960 г., это соотношение составляет примерно 1:6, если в косвенные потери включать и материальные. Указанное соотношение довольно близко к соотношению надводной и подводной частей айсберга, поэтому теория стоимости несчастных случаев и получила это название.

Принятие в 1998 г. в России Федерального закона № 125-ФЗ «Об обязательном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» привело к дифференцированному учету прямых потерь, который до этого отсутствовал. В настоящее время к прямым потерям наши экономисты относят:

1. Затраты по оплате временной нетрудоспособности.

2. Единовременные выплаты в случае утраты профессиональной трудоспособности или смерти застрахованного.

3. Ежемесячные выплаты пострадавшему или лицам, имеющим право на получение такой выплаты в случае смерти пострадавшего.

4. Расходы на медицинскую, социальную и профессиональную реабилитацию, включая расходы на дополнительную медицинскую помощь (сверх предусмотренной по обязательному социальному

страхованию); санаторно-курортное лечение; другие фиксируемые затраты.

Анализ структуры прямых потерь в масштабах России, проведенный профессором Н. К. Кульбовской, показывает, что наибольший удельный вес имеют выплаты по возмещению утраченного заработка — 65...70%. Однако, если рассмотреть структуру затрат по основным отраслям промышленности, то разброс показателей получается весьма значительным. Обращает на себя внимание тот факт, что в структуре прямых потерь во всех отраслях наблюдается низкий удельный вес расходов на медицинскую, социальную и профессиональную реабилитацию — 3...5% от всех затрат. В то же время в практике зарубежного социального страхования (в Австрии, Германии, Канаде) затраты на реабилитацию достигают 30% всех затрат по страховому обеспечению, поэтому можно предполагать, что по мере расширения услуг реабилитации затраты по возмещению вреда пострадавшим в перспективе могут возрасти. В настоящее время эти затраты составляют 0,5% от фонда оплаты труда в целом по России и 0,086% от затрат на производство и реализацию продукции (работ, услуг) по отраслям экономики.

Оценка косвенных потерь от производственного травматизма может носить самый разнообразный характер в зависимости от вида экономической деятельности. К косвенным потерям можно отнести следующие показатели:

1) затраты, связанные с расследованием несчастного случая;

2) недовыработку продукции в день несчастного случая;

3) ущерб, нанесенный оборудованию, инструментам;

4) потери сырья, материалов, продукции;

5) снижение качества продукции после несчастного случая;

6) расходы на наем, обучение, инструктаж вновь нанимаемого работника;

7) содержание дополнительных мощностей на случай необходимости покрытия потерь от несчастного случая.

Некоторые из этих затрат фиксируются в «Сообщении о последствиях несчастных случаев на производстве», в частности:

1) сумма доплат до прежнего заработка при переводе пострадавшего на другую работу;

2) стоимость испорченного оборудования и инструмента в результате несчастного случая на производстве;

3) стоимость разрушенных зданий и сооружений в результате несчастного случая на производстве;

4) сумма прочих расходов (на проведение экспертиз, исследований, оформление материалов и др.).

Следует заметить, что при оценке стоимости испорченного оборудования, инструмента, разрушенных зданий и сооружений не проводится различия между аварией на производстве и несчастным случаем.

Сама оценка косвенных потерь от несчастных случаев на производстве является весьма трудоемкой и нестандартной, требует высокой квалификации работников службы охраны труда, внимания руководства к проблеме косвенных потерь, специальной выборки данных, поэтому на практике такие подсчеты не производятся. Для ориентировочной оценки косвенных потерь можно воспользоваться данными американских ученых, которые определяют соотношение прямых (учитываемых достаточно точно) и косвенных потерь от производственного травматизма как 1 к 5.

### ЗАТРАТЫ В СФЕРЕ ОХРАНЫ ТРУДА

Для того чтобы оценить возможную экономию в результате улучшения условий и охраны труда, необходимо определить масштабы затрат в сфере охраны труда. В России к таким затратам относятся:

1) затраты по обеспечению выполнения нормативных требований по условиям труда, в том числе за счет мероприятий по охране труда;

2) расходы на выплату компенсаций за работу во вредных и опасных условиях труда;

3) выплаты страховых взносов в Фонд обязательного социального страхования Российской Федерации.

Выполнение нормативных требований охраны труда зачастую связано с техническим перевооружением производства и осуществлением капитальных затрат. К ним относятся затраты на приобретение машин, оборудования, внедрение новой технологии, на реализацию архитектурно-планировочных решений, позволяющих выполнить требования санитарно-гигиенических нормативов; на установление средств коллективной защиты от воздействия вредных факторов производственной среды (например, установка вентиляционных систем).

Кроме того, часть затрат носит текущий характер, например на мероприятия по установке ограждений, приспособлений краткосрочного пользования, приобретению средств индивидуальной защиты. Расходы на выплату компенсаций или страховых взносов относятся тоже к текущим затратам.

Текущие затраты на мероприятия по охране труда в организациях отслеживаются по форме статистического наблюдения № 7 — травматизм «Сведения о травматизме на производстве и профессиональных заболеваниях». Эти затраты учитываются суммарно по всем видам мероприятий, включая затраты на улучшение условий и охраны труда на

производстве за счет всех источников финансирования в соответствии с коллективным договором и планом мероприятий по охране труда.

Мероприятия по охране труда в организациях — это совокупность действий технического, лечебно-профилактического, санитарно-бытового и организационного характера, а также по обеспечению работников средствами индивидуальной защиты, направленных на выполнение государственных нормативных требований в целях сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности. Мероприятия планируются и осуществляются в целях реализации положений статей раздела X «Охрана труда» Трудового кодекса Российской Федерации.

Статистика показывает, что затраты на мероприятия по охране труда возрастают, в целом по народному хозяйству они увеличились в 2004 г. до 64 млрд рублей, что по отношению к 1999 г. означает увеличение в 3,5 раза.

В контексте проблем экономики охраны труда важно определить значимость затрат по мероприятиям по охране труда в общих затратах на производство продукции. По данным 2003 г. в целом по промышленности доля затрат составляет 0,51%. Эта доля значительно различается по отраслям промышленности. Наибольшая доля затрат — в угольной промышленности — 1,85%, наименьшая доля — в сельском хозяйстве — 0,33%.

В целом затраты на мероприятия по охране труда превышают норматив затрат, который указан в Трудовом кодексе РФ в размере не менее 0,2% суммы затрат на производство продукции (работ, услуг).

Начиная с 2001 г. осуществляется финансирование затрат на предупредительные меры по сокращению производственного травматизма и профессиональных заболеваний за счет средств Фонда социального страхования (ФСС) Российской Федерации в размере до 20% страховых взносов страхователя. В 2004 г. на это было затрачено 1343 млн рублей, в том числе на санаторно-курортное лечение — 43,5% этой суммы, периодические медицинские осмотры — 17,2%, аттестацию рабочих мест — 16,7%, приобретение СИЗ — 22,6%. Следует подчеркнуть, что все эти мероприятия, кроме аттестации рабочих мест, относятся к работникам, занятым на работах с вредными и опасными производственными факторами.

В принципе, выделяемые средства вряд ли заметно влияют на улучшение условий труда, поскольку они составляют незначительную долю в затратах на мероприятия по охране труда по отраслям народного хозяйства: в 2001 г. — 1,37%, в 2002 г. — 3,29%, в 2003 г. — 3,91%, в 2004 г. — 3,40%. В целом на мероприятия по охране труда по отраслям

народного хозяйства в 2004 г. было затрачено 64 млрд рублей, в то время как на предупредительные меры за счет средств ФСС — всего 1,3 млрд рублей.

Проведение предупредительных мер имеет значение для тех организаций (как правило, крупных), которые смогли за счет этих средств улучшить положение с осуществлением мероприятий по охране труда.

Следует отметить, что предупредительные меры за счет средств ФСС, которые, как было отмечено, составляют 20% начисленных страховых взносов, не осуществляются на предприятиях с повышенным травматизмом, к которым относятся многие организации малого бизнеса. Кроме того, эти суммы на предприятиях малого бизнеса крайне малы. Например, в Москве более 120 тыс. организаций и предприятий имеют начисления до 500 рублей.

За работу во вредных или опасных условиях труда за счет средств работодателя предоставляются следующие виды компенсаций: повышенные тарифные ставки (оклады) и доплаты; дополнительный отпуск; сокращенный рабочий день; бесплатное лечебно-профилактическое питание; бесплатное получение молока и других равноценных продуктов.

Данные за 2003 г. показывают, что в промышленности, строительстве, на транспорте и в связи в условиях, не отвечающих требованиям санитарно-гигиенических норм, было занято более 2,4 млн человек, что составляет 23,4% от общей численности работающих в этих отраслях. Этот показатель постоянно растет: в 1996 г. он составлял 17% от общей численности работающих, в 1998 г. — 17,3%, в 2001 г. — 18,8%, в 2002 г. — 19,2%, в 2003 г. — 23,4%. Соответственно велика численность работников, которым установлен хотя бы один вид компенсаций. Доля таких работников в 1996 г. составляла 39,1% от списочной численности работников этих отраслей, а в 2003 г. — 43,7%.

В среднем на одного работника, пользующегося правом соответствующего вида компенсации, в 2003 г. приходилось 2382 рубля.

Согласно ст. 1 Федерального закона «Об обязательном социальном страховании на производстве и профессиональных заболеваниях» на Фонд социального страхования Российской Федерации как на страховщика возложено решение следующих задач: обеспечение социальной защиты застрахованных и экономической заинтересованности страхователей в снижении профессионального риска; возмещение вреда, причиненного жизни и здоровью застрахованного при исполнении им обязанностей по трудовому договору; обеспечение предупредительных мер по сокращению производственного травматизма и профессиональных заболеваний.

Для выполнения этих задач создается фонд за счет страховых взносов страхователя. По данным за 2003 г. почти 93% фонда расходуется на страховое обеспечение пострадавших, 7% — на обеспечение предупредительных мер по сокращению производственного травматизма и профессиональных заболеваний, а также обучение по охране труда отдельных категорий застрахованных. На обучение ежегодно выделяется примерно 350 млн рублей.

В структуре затрат на страховое обеспечение по всем годам (с 2000 г. по 2004 г.) остается постоянно высокой доля затрат на ежемесячные страховые выплаты — более 80%. Затраты на пособия по временной нетрудоспособности за 2004 г. составили 1045,7 млн рублей (4,6%), единовременные страховые выплаты — 419,3 млн рублей (1,8%), дополнительные расходы на реабилитацию — 1789,0 млн рублей (7,9%).

Из представленных данных видно, что расходы на медицинскую, социальную и профессиональную реабилитацию явно недостаточны для восстановления трудоспособности пострадавших.

Оценки затрат, осуществленные проф. Н. К. Кульбовской, позволяют сделать следующие ориентировочные расчеты по данным за 2003 г. в целом по всем отраслям экономики:

1) затраты на мероприятия по охране труда — 53 974,8 млн рублей;

2) затраты на компенсации и средства индивидуальной защиты — 46 972,9 млн рублей;

3) страховые взносы на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний — 24 013,4 млн рублей.

Итого все затраты в сфере охраны труда составляют 149 262,7 млн рублей. В то же время затраты на производство и реализацию продукции (работ, услуг) за 2003 г. — 10 487 819,2 млн рублей. Отсюда следует, что доля затрат в сфере охраны труда в затратах на производство и реализацию продукции составляет 1,4%. Указанное обстоятельство во многом определяет отношение работодателя к инвестициям в охрану труда.

## ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОХРАНЕ ТРУДА

За рубежом применяют ряд методических подходов к экономической оценке мероприятий по охране труда, важнейшими из которых являются: анализ расходов и доходов, анализ эффективности затрат и методы расчета совокупных затрат, связанных с производственным травматизмом и заболеваемостью.

В нашей стране в настоящее время отсутствуют апробированные на практике методики для оценки эффективности мероприятий по

охране труда, адекватные рыночным условиям. Это связано, прежде всего, с тем, что у работодателей нет действенных экономических стимулов для серьезных вложений в охрану труда.

Мероприятия по охране труда в первую очередь направлены на сохранение здоровья работника и повышение его работоспособности, поэтому эффективность мероприятий должна определяться прежде всего социальными показателями. Социальный эффект в ряде случаев может иметь различного рода экономические формы проявления и частично учитываться по экономическим показателям. Но экономические формы проявления возможны не всегда, а потому и не от каждого внедряемого мероприятия по охране труда следует ожидать сразу экономической выгоды.

В настоящее время еще не выработано единого метода определения социальной эффективности мероприятий и это можно объяснить тем, что в мировой практике не найдена мера оценки сохранения здоровья и жизни человека. Определенные исследования и оценочные расчеты в этой области проводятся в ряде зарубежных стран. Правда, для многих идея выражения через денежный эквивалент человеческой жизни и здоровья кажется морально неприемлемой, поскольку никакая сумма денег не может полностью компенсировать трагедий, затрагивающих целые семьи.

Ведущим показателем эффективности мероприятий по охране труда следует считать социальный результат, который проявляется в укреплении здоровья работников; повышении работоспособности; в снижении заболеваемости, травматизма; экономии рабочего времени; увеличении продолжительности жизни; сокращении числа рабочих мест, не соответствующих нормативным требованиям; сокращении случаев выхода на инвалидность вследствие травм и заболеваний и т. п. Ряд этих показателей может быть определен количественно, но их экономическая оценка в отечественных разработках не практикуется.

В условиях рыночных отношений наибольшее значение для предприятий, естественно, имеет экономическая эффективность мероприятий по охране труда, которая выражается в снижении затрат труда на единицу производственной продукции и проявляется в конечном счете повышением эффективности производства. К основным общим показателям экономической эффективности мероприятий по охране труда, по методике НИИ труда, относятся:

1) рост производительности труда, определяемый такими частными показателями, как снижение трудоемкости продукции, относительное снижение численности работников, прирост объема производства, экономия рабочего времени;

2) годовой экономический эффект, определяемый такими частными показателями, как экономия по отдельным статьям себестоимости: от снижения текучести кадров, от снижения выпуска брака, от снижения условно-постоянных расходов; прирост прибыли на один рубль затрат; сокращение косвенных потерь от несчастных случаев, общей и профессиональной заболеваемости; срок окупаемости единовременных затрат.

Расчет экономической эффективности производится путем сопоставления существующих нормативов или фактических (при отсутствии нормативов) трудовых, материальных и финансовых затрат на единицу продукции (работ) до внедрения мероприятий с нормативами затрат (или фактическими затратами), установленными после осуществления мероприятий по улучшению условий труда.

Основными источниками получения экономического эффекта от мероприятий по улучшению условий труда являются следующие:

1) рост производительности труда за счет:

а) повышения работоспособности человека в результате снижения утомления, вызванного неблагоприятными условиями труда, сокращения или полного устранения внутрисменных простоев и др.;

б) снижения трудоемкости продукции вследствие уменьшения непроизводительных затрат труда, вызванных неблагоприятными условиями;

в) увеличения эффективности фонда рабочего времени в результате сокращения целодневных потерь временной нетрудоспособности из-за болезней и травм, связанных с неблагоприятными условиями труда;

г) повышения эффективности использования оборудования;

2) годовая экономия от сокращения потерь, связанных с неблагоприятными условиями труда, за счет:

а) экономии расходов на льготы и компенсации за работу в неблагоприятных условиях труда;

б) снижения ущерба от текучести рабочей силы, вызванной неудовлетворенностью условиями труда;

в) уменьшения потерь брака (повышения качества продукции), вызванного неблагоприятными условиями труда.

Для расчета всех видов экономии разработаны формулы, позволяющие оценивать показатели до и после внедрения мероприятий по улучшению условий труда.

На практике на предприятиях расчеты не производятся, что обусловлено рядом причин.

Во-первых, предприятия, уровень условий труда на которых не соответствует государственным нормативным требованиям, обязаны

в соответствии с трудовым законодательством осуществлять мероприятия по их улучшению без предварительного подсчета их эффективности.

Во-вторых, внедрение мероприятий за счет текущих затрат незначительно влияет на изменение показателей хозяйственной деятельности.

В-третьих, часть мероприятий профилактического характера не приводит к немедленному и явному эффекту — результат мероприятий проявляется лишь через некоторый интервал времени.

В условиях хозяйственной деятельности рыночной экономики методы оценки сравнительной эффективности мероприятий по охране труда, характерные для плановой экономики, уступают место методам оценки абсолютной эффективности, основанным на сопоставлении фактических затрат на мероприятия с полученными результатами.

И все же обязательность выполнения нормативных требований охраны труда, возложенных на работодателя, является главной причиной, почему нет потребности в расчетах экономической эффективности, а в государственном статистическом наблюдении до последнего времени отслеживался только один стоимостной показатель — затраты на мероприятия по охране труда.

Переход от планово-административной экономики к рыночной не меняет принцип обязательности выполнения нормативных требований охраны труда. Но в предпринимательской деятельности, нацеленной на получение прибыли, большую роль играют управление затратами и экономические расчеты по поиску эффективных вариантов решений какой-либо задачи. Поэтому возможны ситуации, когда работодатель будет рассматривать разные варианты, позволяющие выполнять нормативные требования охраны труда с наименьшими затратами. В этом случае закономерно применение методов определения экономической эффективности затрат на мероприятия по улучшению условий труда; полезно знание затрат в сфере охраны труда, их вес в общих производственных затратах; необходима оценка потерь (ущерба) от производственного травматизма и профессиональных заболеваний.

Расчеты экономической эффективности необходимы для нахождения наиболее эффективного варианта мероприятий по улучшению условий труда и обоснования решения о реализации выбранного варианта. Если же заранее идет речь о единственном варианте, то расчет покажет «цену» мероприятия по улучшению условий труда, возможные изменения в уровне производственного травматизма, потерях в связи с нетрудоспособностью работников и т. д.

С позиции оценки величины экономического эффекта следует заметить, что в целом затраты на компенсации и средства индивидуальной защиты и страховые взносы на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве не играют существенной роли в экономике организации и составляют, по ориентировочным расчетам проф. Н. К. Кульбовской, менее 1% в общих затратах на производство и реализацию продукции отраслей промышленности. Улучшение условий труда работающих — это прежде всего социальный эффект, и его не следует оценивать по показателю выгодности.

## ЭКОНОМИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ СТИМУЛИРОВАНИЯ РАБОТОДАТЕЛЕЙ ПО УЛУЧШЕНИЮ УСЛОВИЙ И ОХРАНЫ ТРУДА

В условиях рыночной экономики методы экономического стимулирования должны базироваться на закономерностях рыночных механизмов хозяйствования. Исходным принципом экономического стимулирования является положение, что действенными будут те методы, которые затрагивают экономические интересы предпринимателя и дают экономическую выгоду. В простейшем варианте это означает, что результаты, оцененные в стоимостном выражении, должны превышать осуществляемые затраты.

Одним из возможных механизмов стимулирования может быть льготное налогообложение. В частности, налогообложение предприятий должно быть построено таким образом, чтобы стимулировать расширение объемов производства сертифицированных изделий. Следует устанавливать систему льгот, необходимых для выполнения мероприятий по созданию здоровых условий труда на рабочих местах, необходимо исключать из налогооблагаемой базы по налогу на прибыль инвестиции, направляемые на модернизацию производства и снижение травмоопасности оборудования. Идея о полезности льгот в налогообложении кажется привлекательной, а в практическом плане при реализации таких предложений возникают проблемы, прежде всего потому, что в последнем варианте Налогового кодекса РФ не остались даже те льготы, что были раньше.

Работодателей можно также поощрять путем предоставления льготных кредитов, субсидий, грантов и т. п. при осуществлении ими программ технического перевооружения или создания новых рабочих мест с благоприятными условиями труда. Такие меры будут эффективными, особенно применительно к предпринимателям в среднем и малом бизнесе.

В рамках налогообложения, в принципе, реально использование мер по снижению налогооблагаемой базы. В интересах облегчения

бремени затрат предприятия по выполнению всех нормативных требований охраны труда, закрепленных в Трудовом кодексе, и с целью улучшения условий и охраны труда работников следует законодательно предоставить возможность отнесения к налогооблагаемой базе затрат в сфере охраны труда, реально необходимых для обеспечения безопасных условий труда и выплат компенсаций. Такой подход будет способствовать заинтересованности работодателей к вложению финансовых средств в улучшение условий и охраны труда.

Вообще следует разрабатывать нормативные правовые акты, позволяющие относить к налогооблагаемой базе все затраты, необходимые для безопасности и гигиены труда.

Существующей практики установления скидок или надбавок к страховому тарифу (введено в 2002 г.) недостаточно, чтобы сделать выводы об эффективности или неэффективности системы скидок и надбавок как механизма стимулирования работодателей по принятию мер по улучшению условий труда. Но уже выявлен ряд нерешенных проблем методического характера, снижающих результативность предоставления скидок или надбавок.

В частности, страхователь может иметь коэффициент частоты для установления скидки к страховому тарифу ниже среднеотраслевых, но при этом иметь страховые случаи со смертельным исходом. Отсутствие дней по нетрудоспособности и выплат по листку нетрудоспособности, что имеет место при страховых случаях со смертельным исходом, только улучшает показатели страхователя.

В целом следует заключить, что пока механизм скидок и надбавок не стал действенным стимулом, побуждающим работодателя принимать меры по улучшению условий и охраны труда, обеспечению безопасности и санитарно-гигиенических требований.

Интересно, что на первой Европейской конференции по вопросам экономической эффективности мероприятий по охране труда, которая прошла в Гааге 28–30 мая 1997 г., так и не было получено удовлетворительного ответа на вопрос, дает ли деятельность по охране труда вообще какой-либо экономический эффект на уровне общества в целом или в отдельно взятой компании. На этой конференции не был получен определенный ответ и на центральный вопрос: как и на каких условиях должна осуществляться оценка экономической эффективности мероприятий по охране труда.

Подытоживая, надо отметить, что затраты в сфере охраны труда, в первую очередь, должны иметь социальный эффект, хотя при грамотном менеджменте возможна не только их окупаемость, но и определенная экономическая прибыль.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие причины обусловливают недостаточное внимание работодателей к охране труда?
2. Какие причины определяют высокий уровень производственного травматизма и профзаболеваний в России?
3. Объясните суть теории стоимости несчастных случаев, названной теорией «айсберга».
4. Какие затраты относятся в России к прямым потерям при оценке экономических последствий несчастных случаев на производстве и профзаболеваний?
5. Какие показатели относятся к косвенным потерям при производственном травматизме?
6. Какие производственные затраты для улучшения условий и охраны труда относятся к капитальным?
7. Какие затраты в сфере охраны труда относят к текущим расходам?
8. Какие затраты укрупненно выделяет проф. Н. К. Кульбовская в сфере охраны труда и какую часть составляют они по отношению к затратам на производство и реализацию продукции (работ, услуг) в России?
9. Какие показатели можно отнести к социальной эффективности мероприятий по охране труда?
10. В чем выражается экономическая эффективность мероприятий по охране труда?
11. Перечислите основные источники получения экономического эффекта от мероприятий по улучшению условий труда.
12. Укажите причины, по которым на предприятиях расчеты экономической эффективности мероприятий по охране труда не производятся.
13. Укажите возможные механизмы экономического стимулирования работодателей по улучшению условий труда.

ГЛАВА 15

# ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ САНИТАРИЯ

*Или люди сделают так,*
*чтобы в воздухе стало меньше дыма,*
*или дым сделает так,*
*чтобы на Земле стало меньше людей.*

Дж. Баттон

Раздел охраны труда, изучающий вредные производственные факторы с целью защиты от них работающих, называется *производственной санитарией* (ПС). *Вредный производственный фактор* — фактор трудового процесса, воздействие которого на работающего при определенных условиях (интенсивность, длительность и др.) может вызвать профессиональное заболевание, временное или стойкое снижение работоспособности, повысить частоту соматических или инфекционных заболеваний, привести к нарушению здоровья потомства.

ГОСТ 12.0.002-80 определяет ПС как систему организационных, гигиенических и санитарно-технических мероприятий и средств, предотвращающих или уменьшающих воздействие на работающих производственных факторов.

Основные вредные факторы, встречающиеся на большинстве производств, следующие: повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны или поверхностей оборудования; повышенная или пониженная влажность и подвижность воздуха в рабочей зоне; повышенный уровень шума; повышенный уровень вибрации; повышенный уровень различных электромагнитных излучений; отсутствие или недостаток естественного света; недостаточная освещенность рабочей зоны и др.

Количество и величина вредных факторов зависят от специфики производственных процессов.

Для обеспечения оптимальных условий труда важное значение имеют вопросы производственной санитарии, позволяющие обеспечить санитарно-гигиенические условия на рабочем месте и тем самым снизить риск профессиональных заболеваний и производственного травматизма. Инженер должен знать основные положения, составляющие сущность перечисленных вопросов, чтобы успешно выполнять возложенные на него функции по организации безопасных условий труда.

## § 15.1. ТРЕБОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ САНИТАРИИ НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

### САНИТАРНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ

Любое предприятие может оказывать вредное воздействие на окружающую среду, загрязняя воздух, воду и почву теми или иными вредными веществами, излучая шум, электромагнитные поля и т. п.

В зависимости от степени вредности все промышленные предприятия подразделяют на 5 классов, вокруг которых создаются санитарно-защитные зоны (СЗЗ).

Ширина СЗЗ составляет для предприятий 1-го класса — 1000 м; 2-го класса — 500 м; 3-го класса — 300 м; 4-го класса — 100 м; 5-го класса — 50 м.

В пределах СЗЗ уровни загрязнения воздуха, шума и других факторов могут превышать нормативные значения.

СЗЗ предусматриваются также вокруг источников ионизирующего излучения и радиационных объектов. Чтобы обеспечить в приземном слое за пределами СЗЗ предельно допустимую концентрацию вредных веществ (ПДК; мг/м$^3$) рассчитывают предельно допустимые выбросы этих веществ для данного предприятия с учетом фоновых загрязнений (ПДВ; мг/с, г/час и т. д.).

Определение класса предприятия и ширины СЗЗ производится по СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов».

### САНИТАРНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ГЕНЕРАЛЬНОМУ ПЛАНУ ПРЕДПРИЯТИЯ

Предприятие на генеральном плане должно располагаться так, чтобы на него не оказывались вредные воздействия с соседних территорий. Одновременно необходимо снизить до требуемых значений вредные воздействия данного предприятия на прилегающие к нему объекты и населенные места.

Частично эти условия выполняются, если расположение предприятия и зданий учитывает «розу ветров». *«Роза ветров»* — графическое изображение направления и интенсивности ветра в данной местности. Обычно используется восьмирумбовая «роза ветров». Объекты, интенсивно выделяющие вредности, должны располагаться с подветренной стороны. Здания, сооружения и склады располагаются по

зонам (зонирование). Между зданиями должны быть разрывы, обеспечивающие естественное проветривание площадок, прямое солнечное облучение. Территория предприятия должна быть благоустроена, озеленена и ограждена. Требования к генеральным планам регламентируются строительными нормами и правилами (СНиП).

### БЫТОВЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ И САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА НОРМАЛИЗАЦИИ УСЛОВИЙ ТРУДА

На любом предприятии должны быть помещения для отдыха, приема пищи, хранения, стирки, ремонта и обезвреживания одежды, оказания медицинской помощи и др. Состав, размеры и устройство бытовых помещений определяются соответствующими нормативами (СНиП).

Работающие должны обеспечиваться чистой питьевой водой. В горячих цехах предусматриваются сатураторные установки, в воду добавляется поваренная соль. К санитарно-техническим средствам нормализации условий труда относятся: вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, освещение, оборудование для очистки воздуха от пыли и газов, оборудование для очистки сточных вод, емкости для сбора и временного хранения отходов производства и потребления и др.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте определение производственной санитарии.
2. Что понимают под вредным производственным фактором?
3. Какие вредные производственные факторы имеют место на производстве?
4. На сколько классов по степени вредности делятся все промышленные предприятия?
5. С какой целью создаются санитарно-защитные зоны и какова их ширина в зависимости от класса предприятия?
6. Какие санитарные требования предъявляются к генеральному плану предприятия?
7. Какие санитарно-технические средства применяются для нормализации условий труда?

## § 15.2. ВОЗДУХ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ

В санитарно-гигиеническом отношении воздушная среда производственных помещений характеризуется микроклиматом, ингредиентными включениями вредных веществ (запыленностью, загазованностью), ионным составом.

## МИКРОКЛИМАТ

Метеорологические условия представляют собой комплекс физических факторов, оказывающих влияние на теплообмен организма с окружающей средой и его тепловое состояние. На формирование производственного микроклимата существенно влияют технологический процесс и климат местности.

**Показателями** микроклимата являются:

1) температура, °С;

2) относительная влажность, %;

3) скорость движения воздуха, м/с;

4) интенсивность теплового облучения, Вт/м$^2$;

5) температура ограждающих конструкций (стен, полов, потолков), а также технологического оборудования или ограждающих его устройств, °С.

Способность человеческого организма поддерживать постоянной температуру тела при изменении параметров микроклимата и при выполнении различной по тяжести работы называется *терморегуляцией*. Она обеспечивает установление определенного соотношения между теплообразованием в результате изменения обмена веществ (химическая терморегуляция) и теплоотдачей (физическая терморегуляция).

Основная роль в теплообменных процессах у человека принадлежит физиологическим механизмам регуляции теплоотдачи через поверхностные ткани, которая может осуществляться конвекцией, излучением, испарением. Для нормального протекания физиологических процессов в организме человека необходимо, чтобы выделяемое организмом тепло отводилось в окружающую среду. Соответствие между количеством этого тепла и охлаждающей способностью среды характеризует ее как комфортную. В условиях комфорта у человека не возникает беспокоящих его тепловых ощущений — холода или перегрева. Величина тепловыделения организмом человека зависит от степени физического напряжения в определенных микроклиматических условиях и составляет от 80 Дж/с (состояние покоя) до 500 Дж/с (тяжелая работа). Напряжение в функционировании различных систем при воздействии неблагоприятного микроклимата (нагревающего или охлаждающего) может быть причиной угнетения защитных сил организма, ухудшения самочувствия, снижения работоспособности, повышения уровня заболеваемости. Кроме того, нарушение теплообмена усугубляет действие на человека вредных веществ, вибрации и других производственных факторов.

По характеру воздействия на организм работающих показатели микроклимата разделены на оптимальные и допустимые (ГОСТ 12.1.005-88).

*Оптимальные микроклиматические условия* — сочетание параметров микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают сохранение нормального теплового состояния организма без напряжения механизмов терморегуляции. Они обеспечивают ощущение теплового комфорта, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах. *Допустимые микроклиматические условия* — сочетание параметров микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызывать преходящие и быстро нормализующиеся изменения теплового состояния организма, сопровождающиеся напряжением механизмов терморегуляции, не выходящим за пределы физиологических приспособительных возможностей. Допустимые условия не вызывают нарушений здоровья, но могут ухудшать самочувствие, снижать работоспособность за счет теплового дискомфорта.

Оптимальные показатели распространяются на всю рабочую зону, а допустимые устанавливают раздельно для постоянных и непостоянных рабочих мест в тех случаях, когда по технологическим, техническим или экономическим причинам невозможно обеспечить оптимальные нормы.

Сочетанное действие параметров микроклимата характеризуется индексом тепловой нагрузки среды (ТНС-индекс), который рассчитывается по уравнению:

$$\text{ТНС} = 0{,}7t_{\text{вл}} + 0{,}3t_{\text{ш}},$$

где $t_{\text{вл}}$ — температура смоченного термометра аспирационного психрометра; $t_{\text{ш}}$ — температура внутри зачерненного шара.

**Для измерения** на рабочих местах параметров микроклимата используются разные приборы. Например, для измерения:

1) температуры и влажности воздуха — аспирационные психрометры МВ-4М, М-34, электротермометры, термометры с зачерненным шаром;

2) скорости движения воздуха — анемометры (крыльчатые АСО-3, АП-1м, чашечные МС-13), термоанемометры ТАМ-1, цилиндрические и шаровые кататермометры;

3) теплового излучения — актинометры (инспекторский, ИМО-5), радиометр «Аргус 3».

**Для исключения** вредного влияния микроклиматических факторов на организм человека и создания нормальных условий труда в рабочей зоне производственных помещений параметры воздушной среды должны соответствовать СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические

требования к микроклимату производственных помещений» и ГОСТ 12.1.005-88 «Воздух рабочей зоны. Общие требования безопасности». В стандарте установлены значения ПДК для 1307 вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

Нормы регламентируют температуру воздуха, его относительную влажность, скорость движения воздуха, интенсивность теплового облучения для рабочей зоны в виде оптимальных и допустимых величин с учетом сезона года (теплый и холодный) и тяжести выполняемых работ (I — легкая, II — средней тяжести, III — тяжелая) по уровню энергозатрат. Характеристика отдельных категорий работ в зависимости от интенсивности энергозатрат, а также время пребывания на рабочих местах при температуре воздуха выше и ниже допустимых величин приводятся далее. Санитарные правила содержат также методы измерения показателей микроклимата и их оценку.

К категории Iа относятся работы с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением (ряд профессий на предприятиях точного приборо- и машиностроения, на часовом, швейном производствах, в сфере управления и т. п.).

К категории Iб относятся работы с интенсивностью энергозатрат 121...150 ккал/ч (140...174 Вт), производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением (ряд профессий в полиграфической промышленности, на предприятиях связи, контролеры, мастера в различных видах производства и т. п.).

К категории IIа относятся работы с интенсивностью энергозатрат 151...200 ккал/ч (175...232 Вт), связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения (ряд профессий в механо-сборочных цехах машиностроительных предприятий, в прядильно-ткацком производстве и т. п.).

К категории IIб относятся работы с интенсивностью энергозатрат 201...250 ккал/ч (232...290 Вт), связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением (ряд профессий в механизированных литейных, прокатных, кузнечных, термических, сварочных цехах машиностроительных и металлургических предприятий и т. п.).

К категории III относятся работы с интенсивностью энергозатрат более 250 ккал/ч (более 290 Вт), связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей и требующие больших физических усилий (ряд профессий

*Таблица 15.1*

**Время пребывания на рабочих местах при температуре воздуха выше допустимых величин**

| Температура воздуха на рабочем месте, °С | Максимальное время пребывания, ч, при категориях работ | | | Температура воздуха на рабочем месте, °С | Максимальное время пребывания, ч, при категориях работ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Iа–Iб | IIа–IIб | III | | Iа–Iб | IIа–IIб | III |
| 32,5 | 1 | – | – | 29,0 | 6 | 5 | 3 |
| 32,0 | 2 | – | – | 28,5 | 7 | 5,5 | 4 |
| 31,5 | 2,5 | 1 | – | 28,0 | 8 | 6 | 5 |
| 31,0 | 3 | 2 | – | 27,5 | – | 7 | 5,5 |
| 30,5 | 4 | 2,5 | 1 | 27,0 | – | 8 | 6 |
| 30,0 | 5 | 3 | 2 | 26,5 | – | – | 7 |
| 29,5 | 5,5 | 4 | 2,5 | 26,0 | – | – | 8 |

*Таблица 15.2*

**Время пребывания на рабочих местах при температуре воздуха ниже допустимых величин**

| Температура воздуха на рабочем месте, °С | Минимальное время пребывания, ч, при категориях работ | | | | | Температура воздуха на рабочем месте, °С | Минимальное время пребывания, ч, при категориях работ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Iа | Iб | IIа | IIб | III | | Iа | Iб | IIа | IIб | III |
| 6 | – | – | – | – | 1 | 14 | 2 | 3 | 5 | 7 | – |
| 7 | – | – | – | – | 2 | 15 | 3 | 4 | 6 | 8 | – |
| 8 | – | – | – | 1 | 3 | 16 | 4 | 5 | 7 | – | – |
| 9 | – | – | – | 2 | 4 | 17 | 5 | 6 | 8 | – | – |
| 10 | – | – | 1 | 3 | 5 | 18 | 6 | 7 | – | – | – |
| 11 | – | – | 2 | 4 | 6 | 19 | 7 | 8 | – | – | – |
| 12 | – | 1 | 3 | 5 | 7 | 20 | 8 | – | – | – | – |
| 13 | 1 | 2 | 4 | 6 | 8 | | | | | | |

в кузнечных цехах с ручной ковкой, литейных цехах с ручной набивкой и заливкой опок машиностроительных и металлургических предприятий и т. п.).

В целях защиты работающих от возможного перегревания или охлаждения при температуре воздуха на рабочих местах выше или ниже допустимых величин время пребывания на рабочих местах (непрерывно или суммарно за рабочую смену) должно быть ограничено величинами, указанными в таблицах 15.1 и 15.2. При этом среднесменная температура воздуха, при которой работающие находятся в течение рабочей смены на рабочих местах и местах отдыха, не должна выходить за пределы допустимых величин температуры воздуха для соответствующих категорий работ (табл. 15.2).

Допустимые величины интенсивности теплового облучения работников от источников, нагретых до темного свечения, должны соответствовать следующим значениям:

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Облучаемая поверхность, %** | $\geqslant 50$ | 25...50 | < 25 |
| **Интенсивность теплового облучения, Вт/м$^2$** | 35 | 70 | 100 |

Допустимые величины интенсивности теплового облучения работников от источников излучения, нагретых до белого и красного свечения, не должны превышать 140 Вт/м$^2$.

Значения ТНС-индекса, приведенные в СанПиН, носят рекомендательный характер.

Среди **методов и средств нормализации** микроклимата следует отметить особенно те, которые должны осуществляться на стадии проектирования — это разработка оптимальных объемно-планировочных решений; рационализация производственных и технологических процессов: механизация и автоматизация трудоемких работ, применение дистанционного управления и наблюдения и др.

Обеспечение нормальных метеоусловий достигается также в результате уменьшения тепловых потерь, теплоизоляции аппаратов и трубопроводов, экранирования оборудования и обеспечения его герметичности, рациональной организацией воздухообмена.

Особое значение для предупреждения перегрева организма в производственных условиях имеют рациональный питьевой режим, режим труда и водные процедуры.

Для предупреждения воздействия на человека охлаждающего или перегревающего микроклимата используются СИЗ.

### ВРЕДНЫЕ ВЕЩЕСТВА ХИМИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ

Технологические процессы, основанные на использовании разнообразных химических веществ, широко применяются почти во всех отраслях народного хозяйства. Источниками выделения вредных веществ, обусловливающих запыленность и загазованность производственных помещений, могут быть: негерметичное оборудование, недостаточно механизированные операции загрузки и выгрузки сырья, готовой продукции, ремонтные работы и др. Под воздействием вредных веществ, проникающих в организм человека через органы дыхания, пищеварительный тракт или кожный покров, в организме могут происходить различные нарушения, которые проявляются в виде острых и хронических отравлений (см. табл. 15.3). Токсическое действие веществ оценивается по ряду показателей, наиболее представительным из которых является предельно допустимая концентрация (ПДК).

*Таблица 15.3*

**Характеристики вредных химических веществ**

| Группа веществ | Примеры | Воздействие на человека |
|---|---|---|
| Нервные | Углеводороды, спирты жирного ряда, анилин, сероводород, тетраэтилсвинец, трикрезилфосфат, аммиак, фосфорорганические соединения и др. | Расстройство функций нервной системы, судороги, паралич |
| Раздражающие | Хлор, аммиак, диоксид серы, туманы кислот, оксиды азота, фосген, ароматические углеводороды | Поражение верхних и глубоких дыхательных путей |
| Прижигающие и раздражающие кожу и слизистые оболочки | Неорганические кислоты, щелочи, некоторые органические кислоты, ангидриды и др. | Поражение кожных покровов, образование нарывов, язв |
| Ферментные | Синильная кислота и ее соли, мышьяк и его соединения, соли ртути, фосфорорганические соединения | Нарушение структуры ферментов, их инактивация |
| Кровяные | Оксиды углерода, гомологи бензола, ароматические смолы, свинец и его неорганические соединения и др. | Ингибирование ферментов, участвующих в активации кислорода, взаимодействие с гемоглобином крови |
| Мутагены | Этиленимин, оксиды этилена, некоторые хлорированные углеводороды, соединения свинца, ртути и др. | Воздействие на генетический аппарат клетки |
| Аллергены | Некоторые соединения никеля, многие производные пиридина, алкалоиды и др. | Изменения в реактивной способности организма |
| Печеночные | Хлорированные углеводороды, бромбензол, фосфор, селен и др. | Структурные изменения ткани печени |
| Канцерогены | Каменноугольная смола, 3,4-бензапирен, ароматические амины, азо- и диазосоединения и др. | Образование злокачественных опухолей |

Для санитарной оценки воздушной среды используется несколько видов ПДК, в том числе ПДК для рабочей зоны (р.з.), максимально-разовая (м.р.) и среднесуточная (с.с.). Для отдельных веществ устанавливают ориентировочные безопасные уровни воздействия химических веществ в воздухе рабочей зоны (ОБУВ).

ПДК (мг/м$^3$) — предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны, которая не должна вызывать у работающего 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.

Используемые в промышленности химические вещества можно классифицировать по разным признакам:

1) по химическому строению: органические, элементорганические и неорганические соединения;

2) по агрегатному состоянию: газы, пары, аэрозоли и их смеси;

3) по опасности воздействия (ГОСТ 12.1.007-76) — 4 класса: 1 — чрезвычайно опасные (ПДК < 0,1 мг/м$^3$); 2 — высокоопасные (0,1 мг/м$^3$ < < ПДК < 1,0 мг/м$^3$); 3 — умеренно опасные (1,0 мг/м$^3$ < ПДК < < 10,0 мг/м$^3$); 4 — малоопасные (ПДК > 10,0 мг/м$^3$).

Отнесение вредного вещества к классу опасности производится по наиболее высокому из следующих показателей: ПДК (мг/м$^3$), средняя смертельная доза при введении в желудок (мг/кг), средняя смертельная доза при нанесении на кожу (мг/кг), средняя смертельная концентрация в воздухе (мг/м$^3$), коэффициент возможного ингаляционного отравления, зона острого действия, зона хронического действия.

При оценке токсического действия пыли необходимо учитывать такие факторы, как дисперсность, форма частиц, растворимость, химический состав. Для этой цели пользуются классификацией по ее дисперсности и способу образования и соответственно различают *аэрозоли дезинтеграции*, которые образуются при дроблении какого-либо твердого вещества и в значительной мере состоят из пылинок больших размеров неправильной формы, и *аэрозоли конденсации*, которые образуются из паров металлов, а при охлаждении превращаются в твердые частицы.

Изолированное действие вредных веществ встречается редко, обычно работающие подвергаются одновременному воздействию нескольких веществ, то есть имеет место комбинированное действие. Различают несколько видов совместного действия:

1) однонаправленное действие — компоненты действуют на одни и те же системы организма, а суммарный эффект определяется по формуле, предложенной А. Т. Аверьяновым:

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1}+\frac{C_2}{\text{ПДК}_2}+\ldots+\frac{C_n}{\text{ПДК}_n}\leqslant 1,$$

где $C_1, C_2, \ldots, C_n$ — концентрации отдельных ингредиентов; $\text{ПДК}_1$, $\text{ПДК}_2$, ..., $\text{ПДК}_n$ — предельно допустимые концентрации ингредиентов;

2) независимое действие — компоненты действуют на разные системы организма, их токсический эффект не зависит один от другого;

3) положительный синергизм, когда эффект действия суммы больше суммы действий отдельных компонентов;

4) отрицательный синергизм (антагонизм), когда эффект меньше, чем сумма действий отдельных компонентов.

**Для санитарно-химического анализа** воздуха применяют различные методы контроля, основанные на химических, физических, физико-химических и биохимических процессах улавливания и анализа вредных веществ воздуха.

*Лабораторные методы* (фотометрические, хроматографические, спектроскопические и др.) не всегда достаточно оперативны и их применяют в основном при научно-исследовательских работах. *Экспресс-методы*, выполняемые при помощи газоанализаторов с индикаторными трубками, достаточно просты. *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.

**Для воздуха** рабочей зоны производственных помещений в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 «Воздух рабочей зоны. Общие требования безопасности», ГН 2.2.5.1313-03 «Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны» в настоящее время действуют ПДК вредных газов, паров и аэрозолей в воздухе рабочей зоны для более 450 химических веществ. ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест, включающие 109 наименований, установлены согласно СанПиН 2.1.6.983-00 «Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест». Для того чтобы обеспечить ПДК для атмосферного воздуха населенных мест, установлена еще одна нормативная величина — предельно допустимый выброс (ПДВ), характеризующая объем вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу отдельными источниками загрязнения, при котором в приземном слое обеспечивается соблюдение ПДК. ПДВ рассчитывают по методам, изложенным в ГОСТ 17.2.3.002-78 и ОНД-86 (90) «Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий» (ОНД — общесоюзный нормативный документ).

Для обеспечения защиты населения от вредных химических веществ, выделяемых промышленными предприятиями, устанавливается санитарно-защитная зона — территория между границами промышленной площадки и селитебной застройки.

**При проектировании и эксплуатации** производств необходимо помнить о наличии двух аспектов проблемы химической безопасности: профилактике интоксикации непосредственно на рабочем месте и опасности аварийных выбросов как на территорию предприятия, так и за пределы промышленной зоны.

Основными профилактическими мероприятиями, позволяющими защитить человека на рабочем месте от воздействия вредных веществ, являются:

1) технические мероприятия — замена токсичных продуктов менее токсичными; пылевидных — гранулированными и др.; автоматизация и механизация технологических процессов; дистанционное управление; герметизация оборудования и коммуникаций; оснащение оборудования дегазационными устройствами; оборудование помещений аспирационными и вентиляционными системами;

2) медико-санитарные мероприятия — предварительные и периодические медицинские осмотры; систематический контроль за состоянием воздушной среды; использование антидотов в профилактике профессиональных заболеваний; расследование причин всех случаев производственных отравлений.

## ВРЕДНЫЕ ВЕЩЕСТВА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ

Инфекционные болезни, профессиональные заболевания возникают у лиц, непосредственно работающих с больными людьми и животными или инфицированными биосубстратами. Воздействие на человека данного фактора имеет место на предприятиях кожевенной и мясной промышленности, при ремонте и обслуживании канализационных систем, в медицинских, ветеринарных и других учреждениях. Профессиональный характер инфекционного заболевания подтверждается данными санитарно-гигиенических условий труда, свидетельствующими о том, что заболевший во время работы имел контакт с однородной инфекцией.

Среди инфекционных профессиональных заболеваний наиболее часто у медицинских работников встречаются туберкулез органов дыхания, гепатит; у работников животноводческих комплексов — бруцеллез, инфекционные заболевания кожи; у работников птицефабрик — орнитоз.

Помимо инфекционных болезней, четко связанных с профессиональной деятельностью, возможны вспышки массовых инфекционных заболеваний, которые могут быть обусловлены характером работы. К этой группе болезней относят случаи заболевания легионеллезом на

промышленных предприятиях, обусловленных загрязнением вентиляционных систем и кондиционеров бактерией Legionella pneumophilla. Развитие болезни протекает следующим образом: сначала возникает лихорадка с картиной острого респираторного заболевания с явлениями бронхиолита, а затем тяжелая пневмония, в особо тяжелых случаях инфекционно-токсический шок.

Кроме этого, необходимо отметить, что многократно возросло количество микроорганизмов — бактерий, грибов и простейших растений, разрушающих здания и коммуникации. Так, до 80% домов исторической застройки в Санкт-Петербурге повреждено плесневыми грибами, что может быть причиной ряда заболеваний — аллергии, бронхита, астмы.

**Контроль содержания** вредных веществ биологической природы проводится так же, как это принято для химических веществ, а концентрации должны соответствовать ГН 2.2.6.709-98 «Предельно допустимые концентрации микроорганизмов-продуцентов, бактериальных препаратов и их компонентов в воздухе рабочей зоны». Методические указания «Микробиологический мониторинг производственной среды» (МУ 4.2.734-99) определяют требования к измерению в воздухе рабочей зоны концентраций микроорганизмов, живых клеток и спор, находящихся в составе товарных форм, препаратов на предприятиях биосинтеза, а также в помещениях общественных и промышленных зданий.

В качестве прибора для определения концентрации микроорганизмов используется импактор воздуха микробиологический «Флора-100».

**Обезвреживание** воздуха, то есть удаление из него микроорганизмов, может осуществляться разными методами, в том числе с помощью бактерицидных ламп (мощностью 15, 30, 60 Вт), которые следует располагать вдоль вентиляционного канала перед камерой для увлажнения воздуха.

Для достижения бактерицидного эффекта контакт воздуха с зоной интенсивного действия ультрафиолетовой радиации должен быть не менее 5 с.

### ИОННЫЙ СОСТАВ ВОЗДУХА

Аэроионный состав воздуха оказывает существенное влияние на самочувствие работника, а при отклонении от допустимых значений концентрации ионов во вдыхаемом воздухе может создаваться даже угроза здоровью работающих. Как повышенная, так и пониженная ионизация относятся к вредным физическим факторам и поэтому регламентируются санитарно-гигиеническими нормами. Важное значе-

ние имеет также соотношение отрицательных и положительных ионов, которое может быть охарактеризовано показателем полярности П:

$$П = \frac{n_+ - n_-}{n_+ + n_-}.$$

где $n_+$ и $n_-$ — количество положительных и отрицательных аэроионов в единице объема воздуха.

Санитарно-гигиенические нормы допустимых уровней ионизации воздуха производственных и общественных помещений (СанПиН 2.2.4.1294-03) регламентируют количество легких ионов обоих полярностей. В предыдущей редакции норм устанавливалось оптимальное количество ионов: положительных — 1500–3000, отрицательных — 3000–5000 в 1 см$^3$ воздуха. Поскольку на практике трудно добиться оптимума, в новых нормах оставили лишь минимальное ($n_+ = 400$, $n_- = 600$) и максимальное количество ионов (±50 000).

Кроме того, в настоящее время определяется коэффициент униполярности (см. § 8.3). Для обеспечения нормальной жизнедеятельности количество отрицательных аэроионов должно превышать количество положительных. В естественных условиях наиболее благоприятным является воздух около движущейся воды (водопада, на берегу моря), в хвойном лесу.

Для нормализации ионного режима воздушной среды на производстве используются приточно-вытяжная вентиляция, групповые и индивидуальные ионизаторы, устройства автоматического регулирования ионного режима. В качестве группового ионизатора в последнее время находит применение «люстра Чижевского», обеспечивающая оптимальный состав аэроионов.

## ВЕНТИЛЯЦИЯ

Обеспечение нормальных метеорологических условий и чистоты воздуха на рабочих местах в значительной степени зависит от правильно организованной системы вентиляции.

С точки зрения аэродинамики, вентиляция — это организованный воздухообмен, регламентируемый СНиП 41-01-2003 «Вентиляция, отопление и кондиционирование» и ГОСТ 12.4.021-75 «Системы вентиляционные. Общие требования».

Различают естественную и механическую, или искусственную, вентиляции.

*Естественное* движение воздуха обеспечивается за счет теплового или ветрового напора. Для усиления естественной тяги используют специальные устройства — дефлекторы, насадки, устанавливаемые в верхней части вентиляционных каналов (см. рис. 15.1).

**Рис. 15.1**
*Дефлектор ЦАГИ*

Естественная вентиляция может иметь неорганизованный характер, когда воздух подается через неплотности и поры наружных ограждений зданий (инфильтрация), форточки, окна, открываемые без всякой системы; и организованный характер, если воздухоообмен регулируется с помощью специальных устройств (аэрация). Недостаток естественной вентиляции состоит в том, что приточный воздух вводится в помещение без предварительной очистки и подогрева, а удаляемый не очищается от выбросов и загрязняет окружающую среду.

По охвату аэродинамического пространства *искусственная* вентиляция делится на местную и общеобменную (рис. 15.2), а по способу организации — на приточную, вытяжную и приточно-вытяжную.

Приточные вентиляционные системы обычно состоят из воздухозаборных устройств, устанавливаемых снаружи здания в тех местах, где воздух наименее загрязнен; устройств, предназначенных для придания воздуху необходимых качеств (фильтры, калориферы); воздуховодов для перемещения воздуха к месту назначения; возбудителей движения воздуха — вентиляторов и эжекторов; воздухораспределительных устройств (патрубков, насадок), обеспечивающих подачу воздуха в нужное место с заданной скоростью и в требуемом количестве.

Вытяжные вентиляционные системы помимо воздуховодов, по которым удаляемый воздух транспортируется из помещения к месту выброса, имеют различные по виду и форме местные укрытия (рис. 15.3), максимально сокращающие выделение вредностей в рабочее помещение. Укрытия, полностью закрывающие источники выделения вред-

**Рис. 15.2**
*Системы вентиляции:*
*а, б* — общеобменные; *в* — местная.

**Рис. 15.3**
*Схемы различных типов укрытий, предназначенных для улавливания вредностей у мест выделения:*

*а* — вытяжной шкаф; *б* — зонт; *в* — односторонний бортовой отсос; *г* — двухсторонний бортовой отсос; *д* — передув.

ностей, наиболее эффективны, но не всегда применимы по условиям технологии.

Для защиты работающих от вредностей, а также неблагоприятного воздействия метеорологических условий применяют специальные методы — аспирацию (вредные выделения удаляют из внутренних объемов технологического оборудования), воздушное душирование (направленный на рабочего поток воздуха обеспечивает увеличение отдачи тепла человека при возрастании скорости обдувающего воздуха), воздушные завесы (ограничивают поступление холодного воздуха в помещение через часто открываемые двери или ворота) и др.

Вентиляционные системы и их производительность выбирают и проектируют на основе расчета необходимого воздухообмена. Расчет сводится к определению требуемого количества воздуха, выбору схемы вентиляции, определению давления, развиваемого вентилятором, подбору вентилятора и мощности электродвигателя.

**Количество воздуха** $L$ (м$^3$/с) при расчете *местной* вентиляции определяют по формуле

$$L = SV_{эф},$$

где $S$ — площадь аэродинамического проема, м$^2$; $V_{эф}$ — эффективная скорость движения воздуха в этом проеме (принимается равной от 0,5 до 1,5 м/с в зависимости от токсичности и летучести газов и паров).

При *общеобменной* вентиляции необходимый объем воздуха $Q$ (м$^3$/с) находится по формуле

$$Q = \frac{m}{\text{ПДК} - \text{С}_{\text{пр}}},$$

где $m$ — масса вредных веществ, выделяющихся в рабочее помещение в единицу времени, мг/с; $\text{С}_{\text{пр}}$ — содержание вредных веществ в приточном воздухе, мг/м$^3$.

Для неосновных производственных помещений количество воздуха можно определять по коэффициенту кратности воздухообмена $K$ (1/ч), который показывает, сколько раз в течение часа воздух в помещении должен быть заменен полностью:

$$L = VK,$$

где $V$ — объем помещения, м$^3$.

**Давление** $H$ (Па) определяется по известной из аэродинамики формуле

$$H = \sum\left(\frac{l}{d}\lambda + \sum\xi\right)\frac{V^2\rho}{2},$$

где $l$, $d$, $\lambda$ — соответственно длина, диаметр и коэффициент шероховатости стенок трубопровода; $\xi$ — коэффициенты местных сопротивлений; $V$, $\rho$ — скорость движения и плотность воздуха.

По найденным $Q$ и $H$, пользуясь аэродинамическими характеристиками, подбирают вентилятор.

*Мощность двигателя* $N$ (Вт) находится по формуле

$$N = QH/\eta,$$

где $Q$ — расход воздуха, м$^3$/с; $H$ — давление, Па; $\eta$ — КПД.

В зависимости от условий эксплуатации вентиляторы выбирают различной конструкции: обычного, антикоррозионного или взрывозащищенного исполнения. Если в удаляемых выбросах очень агрессивная среда, то применяют эжекторную вентиляцию, при которой пары, газы и пыль не соприкасаются с рабочим колесом вентилятора.

**Рис. 15.4**
*Динамика поступления вредных веществ в производственные помещения:*

*1* — вентиляция необходима; *2* — вентиляцию включать не сразу; *3* — вентиляция не нужна.

Наиболее совершенным видом механической вентиляции является кондиционирование, так как автоматически поддерживается микроклимат на рабочем месте независимо от наружных условий.

Необходимость применения вентиляции определяется скоростью

выделения вредных веществ в атмосферу производственного помещения как из технологического оборудования, так и через различные неплотности аппаратуры и трубопроводов, а также величиной ПДК этих веществ. Средняя по объему концентрация вредных выбросов $C$ (мг/м$^3$) определяется по формуле

$$C = C_0 \frac{M_в}{V} t,$$

где $C_0$ — начальная концентрация вредного выброса, мг/м$^3$; $M_в$ — количество выбросов, м$^3$/ч; $V$ — объем помещения, м$^3$; $t$ — время, в течение которого вредные выбросы поступают в помещение, ч.

Если средняя по объему концентрация превысит ПДК меньше, чем за 1 ч, то вентиляция необходима. Если же в течение рабочего времени содержание вредных выбросов не достигает ПДК, то вентиляцию можно не предусматривать, а ограничиться лишь неорганизованным воздухообменом (рис. 15.4).

Очистка удаляемого воздуха является важным этапом по борьбе с загрязнением окружающей среды. Грубую и среднюю очистку (размер удаляемых частиц до 10 мкм) воздуха из вентиляционных систем проводят в пылеосадочных камерах, циклонах, скрубберах. Тонкую очистку (размер частиц менее 10 мкм) проводят с помощью масляных, матерчатых фильтров, электрофильтров и др.

При организации воздухообмена необходимо предусматривать очистку воздуха от вредных примесей с таким расчетом, чтобы соблюдались требуемые значения предельно допустимых выбросов (ПДВ). Как уже отмечалось, ПДВ — это объем 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 риску для здоровья людей. ПДВ рассчитывают по ГОСТ 17.2.3.02-78. При его установлении для каждого предприятия принимается во внимание перспектива развития промышленного производства в данном районе, расположение уже действующих предприятий и жилой застройки, географические и климатические условия местности, расположение санитарно-защитных и рекреационных зон.

## ВЕНТИЛЯЦИЯ ВЗРЫВООПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Вентиляция взрывоопасных производств организуется с соблюдением особых правил. При расчетах вентиляционных систем следует исходить из необходимости обеспечения концентрации горючих веществ в отсасываемой смеси менее нижнего предела их взрываемости.

**Рис. 15.5**
*Схема эжекционной системы вентиляции:*

*1* — всасывающая труба; *2* — вентилятор; *3* — нагнетательная труба чистого воздуха; *4* — сопло; *5* — диффузор; *6* — труба для отсоса загрязненного воздуха из аппарата; *7* — выбросная труба.

Для устранения искрения при ударах и трении ротор и корпус вентилятора изготовляют из цветных металлов: меди, алюминия и их сплавов. Применяются также эжекционные системы вентиляции (рис. 15.5). Вентилятор среднего или высокого давления, установленный в отдельном помещении, создает скоростной напор воздуха.

При выходе из узкого сопла чистый воздух захватывает с собой (эжектирует) взрывоопасную смесь и выбрасывает ее в атмосферу.

Вентиляционные камеры сооружают из несгораемых материалов; они должны быть изолированы от производственных помещений. Воздуховоды изготовляют из несгораемых или трудносгораемых материалов и заземляют для устранения искр от разрядов статического электричества, возникающего при трении пыли, брызг жидкости о стенки воздуховода. Для предупреждения распространения пожаров через вентиляционные каналы не допускается присоединение к одной системе различных производств и участков, изолированных друг от друга стенами.

## АВАРИЙНАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ

При проведении многих технологических процессов, связанных с возможным попаданием в помещение в течение короткого промежутка времени больших количеств опасных продуктов, устраивают аварийную вентиляцию. Кратность обмена для аварийных систем принимают по ведомственным нормам с учетом характера производства и применяемых веществ.

Для аварийной вентиляции используются осевые вентиляторы (например, типа ЦАГИ), обладающие при низком давлении большой производительностью. Вентиляторы устанавливают в специальных нишах.

Вытяжка загрязненного воздуха компенсируется только неорганизованным притоком чистого воздуха из соседних помещений и из открытых проемов.

В настоящее время все шире применяют автоматическое включение аварийной вентиляции от газоанализаторов, настроенных на предельно допустимые по санитарным или противопожарным нормам концентрации газов или паров, с одновременной подачей звукового сигнала.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие показатели характеризуют микроклимат?
2. Каким образом осуществляются теплообменные процессы у человека?
3. Как отличаются оптимальные и допустимые микроклиматические условия?
4. Какие приборы используются для измерения параметров микроклимата?
5. Какими методами и средствами обеспечиваются нормальные метеоусловия?
6. Дайте определение предельно допустимой концентрации вредного вещества в воздухе. Какие виды ПДК используются на практике?
7. Как классифицируются химические вещества по опасности воздействия на человека?
8. Какие методы контроля применяются для санитарно-химического анализа воздуха?
9. Какие меры профилактики используются для защиты человека от воздействия вредных веществ?
10. Какие инфекционные заболевания характерны для работников различных отраслей?
11. Какие показатели ионного состава воздуха являются благоприятными для человека и какими методами можно улучшить качественный состав воздушной среды?
12. Как действует естественная вентиляция? Укажите ее недостатки.
13. Какая бывает по способу организации искусственная вентиляция?
14. К чему сводится расчет вентиляции?
15. По какому показателю определяется необходимость организованного воздухообмена?
16. Как организуется вентиляция взрывоопасных производств?

## § 15.3. ЗАЩИТА ОТ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ

### ЗАЩИТА ОТ ВИБРАЦИИ

Для защиты от вибрации существует несколько основных методов.

*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.

*Виброизоляция* — это способ уменьшения вибрации защищенного объекта посредством введения в систему упругой связи, препятствующей передаче вибрации от источника колебаний к основанию или смежным элементам конструкции. Виброизоляция называется *активной*, если для уменьшения вибрации используется дополнительный источник энергии, и *пассивной*, если используются упругие элементы — виброизоляторы или амортизаторы. Виброизоляторы выполняют из стальных пружин, резины и других материалов. Существуют также и комбинированные — резинометаллические и пружинно-пластмассовые амортизаторы.

Широкое распространение получают пневморезиновые амортизаторы, использующие упругие свойства сжатого воздуха, так как они просты по конструкции и обладают высокими виброизолирующими свойствами.

Методы расчета виброизоляции приведены в ГОСТ 12.4.093-80 «Вибрация. Машины стационарные. Расчет виброизоляции поддерживающей конструкции».

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 виброизоляция. Хорошая виброизоляция достигается при КП = 1/8...1/15. Коэффициенты передачи можно рассчитать по формуле

$$КП = \frac{1}{(f/f_0)^2 - 1},$$

где $f$ — частота возбуждающей силы; $f_0$ — собственная частота системы на изоляторах.

Эффективность виброизоляции обычно оценивают в децибелах, пользуясь формулой $\Delta L = 20\lg(КП^{-1})$.

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, предусматривающая введение дополнительного источника энергии (сервомеханизма), с помощью которого осуществляется обратная связь от изолируемого объекта к системе виброизоляции.

*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, которые выбирают из выражения

$$f_0 = 1/2\pi\sqrt{q/m} = f.$$

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. 15.6).

**Рис. 15.6**
*Схема динамического гасителя*

Колебания виброгасителя в каждый момент времени находятся в противофазе с колебаниями агрегата.

Другим типом виброгасителей являются буферные емкости, служащие для превращения пульсирующего потока газа в равномерный.

Уменьшить колебания, передаваемые на рабочие места и строительные конструкции (рис. 15.7), от динамически неуравновешенных машин *1* (дробилок, мельниц, вентиляторов, силовых установок) возможно путем их установки на массивные виброгасящие основания *2*. Конструктивно виброгасящие основания выполняют в виде железобетонной плиты, по периметру которой устраивают акустический шов *3*, заполняемый легкими упругими материалами.

**Рис. 15.7**
*Виброгасящее основание*

**Рис. 15.8**
*Схема виброизоляции насосной установки*

Значительным источником вибрации являются различные насосы. Для снижения вибрации, передаваемой на основание, насос (см. рис. 15.8) устанавливают на железобетонной плите *2* толщиной 150...300 мм, которая опирается на основание с помощью виброизоляторов *1*. Увеличение массы установки приводит к снижению частоты собственных колебаний и повышению эффективности виброизоляции. При такой системе виброзащиты применение массивного фундамента не является обязательным, и насос может быть установлен на полу цеха. В трубопроводе, отходящем от насоса, необходимо устраивать гибкие вставки из гофрированной резины *3*, а в местах прохода трубопровода через конструкции здания использовать подвесы *4* и резиновые прокладки *5*. Эти меры позволяют значительно снизить передачу вибрации и структурного шума по трубам в смежные помещения. Повышение эффективности гибких вставок достигается путем применения фланцевой виброзадерживающей массы, которая как бы отражает колебания в обратном направлении.

Для уменьшения вибрации кожухов и других деталей, выполненных из стального листа, применяют метод *вибропоглощения* (*вибродемпфирования*), то есть снижения 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; нанесение слоя упруго-вязких материалов, обладающих большими потерями на внутреннее трение (рубероид, фольга, мастики, пластические материалы и др.). Толщина покрытий берется равной 2–3 толщинам демпфируемого элемента конструкции. Хорошо демпфируют колебания смазочные масла.

Мягкие листовые покрытия приклеивают к тонким металлическим поверхностям кожухов, ограждений, вентиляторных воздуховодов.

В том случае, если техническими способами не удается снизить вибрацию ручных машин и рабочих мест до гигиенических норм, применяют виброзащитные рукавицы и виброзащитную обувь (ГОСТ 12.4.002-74 «Средства индивидуальной защиты от вибрации. Общие требования», ГОСТ 12.4.024-76 «Обувь специальная виброзащитная. Общие технические требования»).

### ЗАЩИТА ОТ ШУМА

Разработка мероприятий по борьбе с производственным шумом должна начинаться на стадии проектирования технологических процессов и машин, разработки производственного помещения и генерального плана предприятия, а также технологической последователь-

ности операций. Для снижения шума в производственных помещениях применяют различные методы: уменьшение уровня шума в источнике его возникновения, ослабление шума на пути его распространения с помощью звукоизоляции и звукопоглощения, установка глушителей шума, рациональное размещение оборудования, применение средств индивидуальной защиты.

Наиболее эффективным является борьба с шумом в источнике его образования. Шум механизмов возникает вследствие упругих колебаний как всего механизма, так и отдельных его деталей. Причины возникновения шума — механические, аэродинамические и электрические явления, определяемые конструктивными и технологическими особенностями оборудования, а также условиями эксплуатации. В связи с этим различают шумы механического, аэродинамического и электрического происхождения.

Для уменьшения *механического* шума необходимо своевременно проводить ремонт оборудования, заменять ударные процессы на безударные, шире применять принудительное смазывание трущихся поверхностей, применять балансировку вращающихся частей. Значительное снижение шума достигается при замене подшипников качения на подшипники скольжения (шум снижается на 10...15 дБ), зубчатых и цепных передач — клиноременными и зубчатоременными передачами, металлических деталей — деталями из пластмасс.

Снижения *аэродинамического* шума, источником которого являются пневматические машины и двигатели, компрессоры, трубовоздуходувки, вентиляторы, эжекторы и т. п., можно добиться уменьшением скорости газового потока, улучшением аэродинамики конструкции, звукоизоляцией и установкой глушителей. *Электромагнитные* шумы можно уменьшить конструктивными изменениями в электрических машинах, технологическим совершенствованием трансформаторов.

Широкое применение получили методы снижения шума на пути его распространения посредством установки звукоизолирующих и звукопоглощающих преград в виде экранов, перегородок, кожухов, кабин и др. Физическая сущность звукоизолирующих преград состоит в том, что наибольшая часть звуковой энергии отражается от специально выполненных массивных ограждений из плотных твердых материалов (металла, дерева, пластмасс, бетона и др.) и только незначительная часть проникает через ограждение. Необходимым условием для создания хорошей звукоизоляции является герметизация конструкции. При звукоизоляции уровень шума в зависимости от толщины материала перегородки и соблюдения требований к герметизации можно уменьшить вплоть до 50...60 дБ. Звукоизоляцию целесообразно

применять для изоляции наиболее шумного оборудования цеха или участка, при устройстве звукоизолирующих кабин наблюдения для персонала, обслуживающего шумное оборудование и др.

Уменьшение шума в звукопоглощающих преградах обусловлено переходом колебательной энергии звуковых волн в тепловую благодаря внутреннему трению. Хорошие звукопоглощающие свойства имеют легкие и пористые материалы (минеральный войлок, стекловата, поролон и т. п.). Звукопоглощающие облицовки следует размещать на потолке и верхней части стен помещения на высоте 1,5...2,0 м от пола. Наибольшая эффективность обеспечивается при облицовке не менее 60% от общей площади стен и потолка помещения. Применяя звукопоглощающую облицовку, можно снизить уровень шума на 6...8 дБ, что соответствует снижению шума по громкости в 1,5...1,8 раза.

Звукоизолирующие кожухи (рис. 15.9) устанавливают как на отдельные механизмы (например, привод машины), так и на машину в целом. Конструкция кожуха многослойная: внешняя оболочка *3* изготовлена из металла, дерева и покрыта упруговязким материалом *2*

**Рис. 15.9**
*Звукоизолирующий кожух*

(резиной, пластмассой) для ослабления изгибных колебаний; внутренняя поверхность облицована звукопоглощающим материалом *4*. Валы и коммуникации, проходящие через стенки кожуха, снабжены уплотнениями, а вся конструкция кожуха должна плотно закрывать источник шума. Для исключения вибраций от основания кожух устанавливают на виброизоляторы *6*, кроме того, в стенках кожуха предусматривают вентиляционные каналы *1* для отвода теплоты, поверхность которых облицовывают звукопоглощающим материалом.

Средствами индивидуальной защиты органов слуха работающих являются ушные вкладыши, наушники, шлемофоны. СИЗ эффективно защищают организм от раздражающего действия шума, предупреждая возникновение различных функциональных нарушений и расстройств, если они подобраны правильно и систематически используются. Однако СИЗ должны использоваться лишь как дополнение к коллективным средствам защиты, когда последние не могут решить проблему борьбы с шумом.

Эффективность СИЗ зависит от используемых материалов, конструкции, силы прижатия, правильности ношения.

Вкладыши — наиболее простое, удобное и дешевое защитное средство. Они вставляются в слуховой канал. Их изготавливают из легкого каучука, эластичных пластмасс, резины, эбонита и ультратонкого волокна. К недостаткам вкладышей надо отнести возможность раздражения слухового канала, особенно при повышенной температуре воздуха. Они позволяют снизить уровень звукового давления на 10...15 дБ.

В условиях повышенного шума рекомендуется применять наушники, которые обеспечивают надежную защиту органов слуха. Они удобны, имеют небольшую массу, активно ослабляют шум, особенно высокочастотной части спектра, который наиболее неблагоприятно действует на организм. Предназначены они для рабочих шумных профессий: клепальщиков, жестянщиков, обрубщиков и т. п.

При высоких уровнях шумов, превышающих 120 дБ, вкладыши и наушники всех типов непригодны, поскольку шум, воздействуя на черепную коробку, проникает непосредственно в мозг. Объясняется это тем, что шум такого уровня вызывает вибрацию костей черепа, которая воздействует на слуховые нервы и оказывает влияние на мозг. В этих случаях используется шлемофон, герметично закрывающий всю околоушную область. Шлемофон снижает уровень звукового давления на 30...40 дБ в диапазоне частот 125...8000 Гц.

Наибольший эффект в борьбе с шумом можно получить, используя различные средства в комплексе.

## ЗАЩИТА ОТ ИНФРАЗВУКА И УЛЬТРАЗВУКА

Меры по ограничению неблагоприятного влияния *инфразвука* должны предусматривать снижение его уровней в источнике образования и на пути его распространения.

К таким мерам можно отнести: повышение быстроходности машин, увеличение вращения валов до 20 и более оборотов в секунду; повышение жесткости колеблющихся конструкций больших размеров; устранение низкочастотных вибраций; конструктивные изменения источников, позволяющие из области инфразвуковых колебаний перейти в область звуковых колебаний, для снижения которых возможно применение методов звукоизоляции и звукопоглощения, установка глушителей.

Допустимые значения *ультразвука* на рабочем месте регламентируются ГОСТ 12.1.001-89 (1996) «Ультразвук. Общие требования безопасности» и СанПиН 2.2.4/2.1.8.582-96 «Гигиенические требования при работах с источниками воздушного и контактного ультразвука промышленного, медицинского и бытового назначения». Эти документы устанавливают: допустимые уровни звуковых и ультразвуковых колебаний, создаваемых на рабочих местах в диапазоне 11,2...100 кГц, условия измерения уровней ультразвуковых давлений и требования к измерительной аппаратуре, требования по ограничению действия на организм работников ультразвуковых колебаний при технологическом применении низкочастотного ультразвука. Предельно допустимые уровни (ПДУ) контактного ультразвука для работающих приведены в табл. 15.4.

Защита от ультразвука может осуществляться такими приемами:

1) исключение контактов с источником ультразвука путем дистанционного управления и автоблокировок;

2) применение для защиты рук рукавиц или перчаток;

3) оборудование ультразвуковых источников звукопоглощающими кожухами и экранами;

*Таблица 15.4*

**ПДУ контактного ультразвука**

| Среднегеометрические частоты октавных полос, кГц | Пиковые значения виброскорости, м/с | Уровни виброскорости, дБ |
|---|---|---|
| 16,0...63,0 | $5{,}0 \cdot 10^{-3}$ | 100 |
| 125,0...500,0 | $8{,}9 \cdot 10^{-3}$ | 105 |
| $(1...31{,}5) \cdot 10^{3}$ | $1{,}6 \cdot 10^{-2}$ | 110 |

4) применение более высоких рабочих частот (не ниже 22 кГц);

5) устройство регламентированных перерывов по 10...15 мин для проведения тепловых гидропроцедур, массажа, гимнастики и др.;

6) применение противошумов для защиты от воздушного ультразвука.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие основные методы используются для защиты от вибраций?
2. Объясните принцип действия виброизоляции.
3. Как оценивается эффективность виброизоляции? При каком соотношении частоты возбуждающей силы и собственной (резонансной) частоты системы на изоляторах достигается хорошая виброизоляция?
4. По какому принципу осуществляется виброгашение?
5. Каким образом достигается снижение вибрации при вибропоглощении?
6. Какие методы снижения шума применяются на практике?
7. Каким образом можно уменьшить шум механического происхождения в источнике его образования?
8. Как можно снизить аэродинамический и электромагнитный шум?
9. Какие методы снижения шума применяются на пути его распространения?
10. Объясните, в чем суть звукоизоляции и от чего зависит ее эффективность.
11. Какие материалы используются для звукопоглощения?
12. Сравните эффективность звукоизоляции и звукопоглощения и объясните, в каких случаях целесообразно использовать эти методы снижения шума.
13. Укажите, какие средства индивидуальной защиты используют в зависимости от уровня шума и какова их эффективность.
14. Какие меры можно рекомендовать для уменьшения воздействия инфразвука?
15. Укажите меры защиты от ультразвука.

## § 15.4. ЗАЩИТА ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

При несоответствии параметров электромагнитных полей нормам 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. Она применяется в тех случаях, когда нет возможности снизить

интенсивность облучения до допустимых значений другими способами. Допустимое время пребывания зависит от интенсивности облучения.

*Защита расстоянием* применяется в тех случаях, когда невозможно ослабить интенсивность облучения другими мерами, в том числе и сокращением времени пребывания человека в опасной зоне. В этой ситуации увеличивают расстояние между источником излучения и обслуживающим персоналом. Этот вид защиты основан на быстром уменьшении интенсивности поля с расстоянием, что хорошо видно из приведенных ниже формул. В ближней зоне, протяженность которой $R \leqslant \lambda/(2\pi)$, где $\lambda$ — длина волны излучения, $\lambda = 3 \cdot 10^8 / (f\sqrt{\varepsilon_r \mu_r})$ ($\varepsilon_r$ и $\mu_r$ — относительные диэлектрическая и магнитная постоянные, для воздуха они равны 1), напряженности электрической $E$ и магнитной $H$ составляющих поля убывают в зависимости от расстояния следующим образом:

$$E = \frac{il}{2\pi\varepsilon\omega R^3}, \quad H = \frac{il}{4\pi R^2},$$

где $i$ — ток в проводнике (антенне), А; $l$ — длина проводника (антенны), м; $\varepsilon$ — диэлектрическая проницаемость среды, Ф/м; $\omega$ — 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, напряженность 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 $S$:

$$S = \frac{PG}{4\pi R^2},$$

где $P$ — мощность излучения, Вт; $G$ — коэффициент усиления антенны.

Интересно оценить мощность облучения мозга при пользовании сотовым телефоном. Приняв $P = 1$ Вт, $R = 0{,}1$ м, $G = 1$ и учитывая, что излучение в данном случае направлено в полусферу площадью $2\pi R^2$, получим $S = (1 \cdot 1)/(2\pi \cdot 0{,}01) = 16$ Вт/м$^2$, что выше предельно допустимого уровня при профессиональном облучении в диапазоне

0,3...300 ГГц, равного 10 Вт/м$^2$. Уменьшение облучения возможно прежде всего за счет уменьшения мощности мобильного телефона. Для снижения опасности последствий можно рекомендовать не прижимать телефон к уху; прикладывать во время беседы то к одному, то к другому уху; сократить продолжительность разговора до 2...3 мин. Целесообразно также для уменьшения влияния поля на голову человека пользоваться текстовыми сообщениями, а также применять систему «Hand free», при которой звуковая информация поступает в уши через наушники по специальному кабелю от мобильного телефона, находящегося в кармане одежды или другом удобном месте подальше от головы.

*Уменьшение излучения непосредственно в самом источнике* достигается за счет применения согласованных нагрузок и поглотителей мощности. Поглотители мощности, ослабляющие интенсивность излучения до 60 дБ (в $10^6$ 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 плавно-переменных и фиксированных аттенюаторов (от франц. *attenuer* — уменьшать, ослаблять). Выпускаемые промышленностью аттенюаторы позволяют ослабить в пределах от 0 до 120 дБ излучение мощностью 0,1...100 Вт и длиной волны 0,4...300 см.

*Экранирование самого источника или рабочего места* — наиболее эффективный и часто применяемый метод защиты от электромагнитных излучений. Формы и размеры экранов могут быть разнообразными и должны соответствовать 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 $E_э$, $H_э$, $S_э$ в той же точке при наличии экрана. На практике обычно ослабление излучения $L$ оценивают в децибелах и определяют по одной из следующих формул:

$$L = 20\lg(E/E_э);\ L = 20\lg(H/H_э);\ L = 10\lg(S/S_э).$$

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:

$$\delta = \frac{\ln L}{\sqrt{\omega\mu\gamma/2}},$$

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. По сравнению со сплошными, сетчатые экраны обладают менее эффективными экранирующими свойствами. Их применяют в тех случаях, когда требуется ослабить плотность потока мощности на 20...30 дБ (в 100...1000 раз).

Все экраны должны быть заземлены. Швы между отдельными листами экрана или сетки обязаны обеспечивать надежный электрический контакт между соединяемыми элементами.

Средства защиты (экраны, кожухи и т. п.) из радиопоглощающих материалов выполняют в виде тонких резиновых ковриков, 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 (в процессе настройки, регулировки, испытаний) распространяется в помещении, отражается от стен и перекрытий, частично проходит сквозь них и в небольшой степени в них рассеивается. В результате образования стоячих волн в помещении могут создаваться зоны с повышенной плотностью ЭМИ. Поэтому такие работы рекомендуется проводить в угловых помещениях первого и последнего этажей зданий.

*Рациональное размещение установок.* Для защиты персонала от облучений мощными источниками ЭМИ (радиоцентры, телецентры) вне помещений необходимо рационально планировать территорию вокруг источника, выносить расположение технических служб за пределы антенного поля, устанавливать безопасные маршруты движения людей, экранировать отдельные здания и участки территории.

*Зоны излучения выделяют* на основании инструментальных замеров интенсивности облучения для каждого конкретного случая размещения аппаратуры. Установки ограждают или границу зоны отмечают яркой краской на полу помещения, предусматриваются сигнальные цвета и знаки безопасности согласно ГОСТ Р 12.4.026-2001.

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 распределительных 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. Например, 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, то есть на уровне роста человека, с 30 до 13 кВ.

По значениям потенциала $\varphi_h$ или напряженности поля $E_h$ в зоне нахождения человека можно оценить значение проходящего через человека емкостного тока $I_h$ (мкА), обусловленного электрическим полем, и который в течение рабочей смены не должен превышать 50...60 мкА:

$$I_h = 10\varphi_h;\ I_h = 12E_h,$$

где $\varphi_h$ — в кВ; $E_h$ — в кВ/м.

Если ток $I_h$ больше указанных значений, то при длительной работе человека в этих условиях надо принимать меры, снижающие ток, а именно, использовать экранирующие костюмы и экранирующие устройства.

Нужно отметить, 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, так как 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.

*Средства индивидуальной защиты.* При выполнении некоторых 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. 15.10). 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. 15.10**
*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 условных прямых, образующих так называемую координатную сетку с размером стороны квадрата 1 м. Все измерения проводят при максимальной мощности источника ЭМП.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите возможные способы защиты от воздействия электромагнитных полей.
2. Определите напряженность магнитного поля промышленной частоты на расстоянии 0,1 м от включенного электрочайника из пластмассового корпуса мощностью 1500 Вт и сравните с нормативной при пользовании компьютером (0,2 А/м).
3. Оцените плотность потока мощности ЭМП, проникающего в мозг человека на расстоянии 5 см от уха при пользовании мобильным телефоном мощностью в 1 Вт и сравните полученное значение с нормативным в соответствии с СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03 (100 мкВт/см$^2$). Сделайте выводы.
4. Какой технический метод защиты от воздействия ЭМП является наиболее эффективным и распространенным и на каком физическом явлении он основан?
5. Почему экраны для защиты от электрического поля промышленной частоты не всегда пригодны для защиты от магнитного поля промышленной частоты?
6. Какие средства индивидуальной защиты персонала применяются в условиях воздействия ЭМП радиочастот и промышленной частоты?

## § 15.5. ЗАЩИТА ОТ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Для ограничения распространения прямого лазерного излучения за пределы области излучения лазеры 3 и 4-го классов должны снабжаться экранами, изготовленными из огнестойкого, неплавящегося светопоглощающего материала и препятствующими распространению излучения.

Лазеры 4-го 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 и 3-го классов необходимо либо ограждение всей опасной зоны, либо экранирование пучка излучения (рис. 15.11). Экраны и ограждения должны изготавливаться из материалов с наименьшим коэффициентом

**Рис. 15.11**
*Схема экранирования отраженного излучения лазера:*

*1* — лазер; *2* — бленда; *3* — линза; *4* — диафрагма; *5* — мишень.

отражения на длине волны генерации лазера, быть огнестойкими и не выделять токсических веществ при воздействии на них лазерного излучения.

В том случае, когда коллективные средства защиты не позволяют обеспечить достаточной защиты, применяются средства индивидуальной защиты — 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.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какими свойствами должен обладать материал для экрана?
2. Какие требования предъявляются к размещению лазеров 4-го класса?
3. Для какой цели при эксплуатации лазеров обеспечивают высокую освещенность на рабочих местах?
4. Как осуществляется защита персонала при эксплуатации лазеров 2, 3-го классов?
5. Какие СИЗ применяются при эксплуатации мощных лазеров?

## § 15.6. ЗАЩИТА ОТ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Воздействие ионизирующих излучений оценивается по дозе облучения Д, которую на рабочем месте можно рассчитать по формуле

$$Д = \alpha K_\gamma t / R^2,$$

где $\alpha$ — активность источника, мКи; $K_\gamma$ — гамма-постоянная изотопа, берется из таблиц; $t$ — время облучения, ч; $R$ — расстояние, см.

Из этой формулы следует, что для защиты от $\gamma$-излучения существует три основных принципа: защита временем, расстоянием и экранированием, не считая лечебно-профилактических, организационных и иных мер.

*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, то есть является изотропным. Отсюда следует, что интенсивность излучения уменьшается с увеличением расстояния $R$ от источника обратно пропорционально квадрату расстояния.

*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 $P_о$ на рабочем месте оператора оказывается выше допустимой $P_д$, единственный способ — понизить значение $P_о$ в необходимое число раз: $n = P_о/P_д$, поместив между источником излучения и оператором защиту из поглощающего вещества.

Защитные свойства материалов оценивается 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 $n$ ослабления излучения, легко определить соответствующее ему число $m$ слоев половинного ослабления, при котором мощность дозы $P$ будет понижена до допустимой $P_д$: $n = 2^m$; $\lg n = 0{,}3m$; $m = \lg n/0{,}3$.

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 должны 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, то есть 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 часов до контакта с РВ фактор защиты ФЗ = 100. Если время контакта с РВ и время приема йода совпадают, ФЗ = 90. Если йод вводится через 2 часа после начала контакта, то ФЗ = 10. Если йод вводится через 6 часов, ФЗ = 2.

Для защиты от цезия $Cs^{137}$, проникающего в костную ткань, рекомендуется употреблять продукты, содержащие кальций (фасоль, гречу, капусту, 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 часов.

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. XX в. была создана Международная комиссия по радиационной защите (МКРЗ), которая разрабатывает правила работы с радиоактивными веществами. В России имеется соответствующая национальная комиссия.

*Таблица 15.5*

**Международная шкала оценки аварий на АЭС (INES)**

| Наименование | Уровень аварии | Критерии |
|---|---|---|
| Незначительное происшествие | 1 | Функциональные отклонения или отклонения в управлении, которые не представляют какого-либо риска, но указывают на недостатки в обеспечении безопасности |
| Происшествие средней тяжести | 2 | Отказы оборудования или отклонения от нормальной эксплуатации, которые хотя и не влияют непосредственно на безопасность станции, но способны привести к значительной переоценке мер по безопасности |
| Серьезное происшествие | 3 | Выбросы в окружающую среду радиоактивных продуктов выше допустимых суточных, но не превышающих 5-кратного допустимого выброса газообразных летучих радиоактивных продуктов и аэрозолей и/или 1/10 годового допустимого сброса со сбросными водами. Высокие выбросы радиации и/или большие загрязнения поверхностей, обусловленные отказом оборудования или ошибками эксплуатации. События, в результате которых происходит значительное переоблучение работающих (доза — 50 мЗв) |
| Авария в пределах АЭС | 4 | Выбросы радиоактивных продуктов в окружающую среду в количестве, превышающем значения для уровня 3, но в результате которого не будут превышены дозовые пределы для населения. Облучение работающих дозой (около 1 Зв), вызывающей острые лучевые эффекты |
| Авария с риском для окружающей среды | 5 | Выбросы в окружающую среду такого количества продуктов деления, которые приводят к незначительному превышению дозовых пределов для проектных аварий и радиационно эквивалентных выбросам сотен ТБк $^{131}$I. Разрушение большой части активной зоны, вызванное механическим воздействием или плавлением с превышением максимального проектного предела повреждений тепловыделяющих элементов |
| Авария с ущербом для окружающей среды | 6 | Выброс в окружающую среду значительного количества радиоактивных продуктов, накопленных в активной зоне, в результате которого дозовые пределы проектных аварий будут превышены, для запроектных аварий — нет |
| Глобальная авария | 7 | Выброс в окружающую среду большой части радиоактивных продуктов, накопленных в активной зоне, в результате которого будут превышены дозовые пределы для запроектных аварий. Последующее влияние на здоровье населения, проживающего на большой территории, включающей более чем одну страну. Длительное воздействие на окружающую среду |

Мировая общественность стала проявлять повышенную тревогу по поводу воздействия ионизирующих излучений на человека и окружающую среду с начала 1950-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 (см. табл. 15.5).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие основные методы защиты от ионизирующих излучений используются на практике?
2. Укажите средства индивидуальной защиты при работе с радиоактивными веществами и ионизирующими излучениями.
3. Что такое радиопротекторы и как они применяются?
4. Как организована в международном масштабе проблема защиты от ионизирующих излучений?

## § 15.7. ЗАЩИТА ОТ ИНФРАКРАСНЫХ (ТЕПЛОВЫХ) ИЗЛУЧЕНИЙ

Для защиты от инфракрасного (теплового) облучения можно в зависимости от конкретной обстановки применить различные способы:

1) устранить источник тепловыделения (инфракрасного излучения) или уменьшить его интенсивность;

2) защитить человека от теплового (инфракрасного) облучения;

3) облегчить теплоотдачу тела человека;

4) использовать меры индивидуальной защиты.

В производственных условиях устранения источника тепловыделения можно добиться изменением технологического процесса.

Эффективным мероприятием по уменьшению интенсивности теплового излучения от нагретых поверхностей, а также для предотвращения ожогов при прикосновении к ним является теплоизоляция.

По санитарным нормам температура нагретых поверхностей оборудования (например, печей) и ограждений на рабочих местах не должна превышать 45°С. Для теплоизоляции применяют самые разнообразные материалы и конструкции (асбест, стекловату, специальный кирпич, войлок и т. д.).

Наиболее распространенным и эффективным способом защиты от инфракрасного (теплового) излучения является экранирование. Экраны применяют как для экранирования источников излучения, так и для защиты людей и рабочих мест от воздействия лучистого тепла.

По принципу действия экраны подразделяются на теплоотражающие, теплопоглощающие, теплоотводящие. Это деление в известной степени является условным, так как любой экран обладает способностью отражать, поглощать или отводить тепло. Принадлежность экрана к той или иной группе зависит от того, какое свойство отражено в нем наиболее сильно.

Для теплоотражающих экранов материалом служат листовой алюминий, белая жесть, алюминиевая фольга, укрепляемые на несущем материале — картоне, сетке и т. п. Снижение температуры теплоотражающего экрана оценивают по коэффициенту экранирования $\mu = t_и/t_э$, где $t_и$ и $t_э$ — температура у источника и на обратной стороне экрана соответственно.

Температуру экрана $t_э$ можно рассчитать по формуле

$$t_э = t_и + \frac{aP}{2\alpha},$$

где $a$ — коэффициент теплопоглощения экрана; $P$ — интенсивность облучения, Вт/м$^2$; $\alpha$ — удельная теплоотдача экрана, Вт/(м$^2$·°С).

В теплопоглощающих экранах применяют материалы с большим термическим сопротивлением (огнеупорный кирпич, асбестовые щиты на металлической сетке или листе и т. п.), вследствие чего температура наружной поверхности резко уменьшается. Эффективность экранирования можно оценить по формуле $P = P_0 e^{-\delta l}$, где $P$ и $P_0$ — мощность лучистого потока в точке пространства при наличии и отсутствии экрана; $\delta$ — коэффициент ослабления; $l$ — толщина экрана.

Теплоотводящие экраны представляют собой сварные или литые конструкции, охлаждаемые протекающей внутри водой. Они могут применяться при любых интенсивностях излучения.

Металлические сетки с размером ячейки 3...3,5 мм, цепные звенья, армированное стекло применяют при интенсивности излучения менее 1000 ккал/м$^2$ч (100 Вт/м$^2$).

Наибольшее распространение получили водяные занавеси, устраиваемые у рабочих окон печей в том случае, когда через экран необходимо вводить инструмент, заготовки и т. п.

Воздушные и водовоздушные души, облегчающие теплоотдачу тела человека, применяют при температуре воздуха выше 28°С и интенсивности более 200 Вт/м$^2$.

В целях исключения или снижения воздействия тепловых излучений на организм человека (при облучении свыше 100 Вт/м$^2$) применяются средства индивидуальной защиты. Защита достигается снабжением работающих спецодеждой, выполненной из невоспламеняемого, стойкого против теплового излучения воздухонепроницаемого материала (сукно, брезент, ткань с металлическим покрытием). Для защиты глаз используют маски, щитки и очки со специальными светофильтрами: при $t < 1800$°С стекла синего цвета СС11, при электросварке — темные стекла ТС2, ТС3.

Для восстановления работоспособности при выполнении трудоемких работ большое значение имеет правильная организация отдыха. Для работающих устраивают специальные места отдыха, расположенные недалеко от рабочего места, но в то же время достаточно удаленные от источников излучения, снабженные вентиляцией, питьевой водой и т. п. При обильном потоотделении для восстановления потери воды и соли следует пить слегка подсоленную воду или фруктовые соки.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каким образом осуществляется защита от чрезмерного перегревания?
2. Какие технические меры применяются для защиты от избыточного тепла?
3. Как подразделяют экраны по принципу действия?
4. Какие материалы используются для теплоотражающих экранов?
5. Какие материалы используются для теплопоглощающих экранов?
6. Что представляют собой теплоотводящие экраны?
7. При какой интенсивности ИК-облучения необходимо использовать СИЗ?

ГЛАВА 16

# ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

*Когда состав на скользком склоне*
*вдруг изогнулся страшным креном,*
*Когда состав на скользком склоне*
*От рельс колеса оторвал...*
*Нечеловеческая сила,*
*В одной давильне всех калеча,*
*Нечеловеческая сила*
*Земное сбросила с земли.*

А. Кочетков

**Т***ехника безопасности* — раздел охраны труда, в котором изучаются опасные производственные факторы и рассматриваются методы защиты от них.

При изучении проблематики техники безопасности следует придерживаться такой последовательности: сначала уяснить сущность, природу опасности, затем определить причины и возможные последствия проявления рассматриваемого опасного фактора и, наконец, изучить меры безопасности, предусматриваемые правилами, инструкциями и другими документами. Природа, причины и последствия воздействия на человека опасных производственных факторов были рассмотрены ранее. В этой главе излагаются защитные меры от имеющих место на производстве опасных для здоровья факторов. Для защиты от этих опасностей большое значение имеет человеческий фактор, строгое соблюдение обслуживающим персоналом должностных обязанностей и инструкций.

Исторически охрана труда как инженерная дисциплина начиналась с изучения именно этих факторов. Когда-то техника безопасности была синонимом охраны труда. До сих пор встречается устаревшее сочетание слов «охрана труда и техника безопасности». Развитие промышленности в XIX — начале XX в. сопровождалось ростом травматизма. Уже в конце XIX в. появились труды русских ученых В. Л. Кирпичева, А. А. Пресса и др., посвященные мерам предосторожности при обращении с машинами.

В современных условиях актуальность вопросов безопасности при обслуживании техники не уменьшилась, хотя характер их приобрел другие черты.

## § 16.1. ЗАЩИТА ОТ МЕХАНИЧЕСКИХ ОПАСНОСТЕЙ

Характер механических опасностей зависит от особенностей производства и технологических процессов.

Механические опасности на предприятиях представляют собой движущиеся машины и механизмы, незащищенные подвижные элементы производственного оборудования, передвигающиеся изделия, заготовки, материалы, разрушающиеся конструкции, острые кромки, стружка, заусенцы и шероховатости на поверхности заготовок, инструментов и оборудования, а также падение предметов с высоты.

Пространство, в котором возможно воздействие на человека опасности (в том числе механической), называется *опасной зоной*. Определение границ опасных зон производится на основе соответствующих расчетов и допущений. На рисунке 16.1 показан пример определения опасной зоны, возникающей у грузоподъемного механизма вследствие случайного падения поднимаемого груза. Принимают, что при падении груза с высоты $H$ величина $r_x = 0{,}3H$. Тогда радиус опасной зоны подсчитывают по формуле $R = r_с + 0{,}5l_г + 0{,}3H$, где $r_с$ — вылет стрелы крана; $l_г$ — размер груза по горизонтали.

Размер опасных зон при обслуживании оборудования определяется на основе эргономических параметров и антропометрических данных, а также особенностей оборудования.

Примеры опасных зон показаны на рисунке 16.2.

Особое внимание уделяется мерам безопасности при работе с опасными грузами. К опасным грузам относятся вещества и предметы, которые при транспортировании, выполнении погрузочно-разгрузочных работ и хранении могут послужить причиной взрыва, пожара или повреждения транспортных средств, складов, устройств, зданий и сооружений, а также гибели, увечья, ожогов, облучения или заболевания людей. Безопасность людей обеспечивается реализацией принципов информации, блокировки и др.

**Рис. 16.1**
*Определение опасной зоны у грузоподъемного механизма*

Опасные грузы делятся на 9 классов:

*класс 1* — взрывчатые вещества, которые по своим свойствам могут взрываться, вызывать пожар с взрывчатым действием, а также устройства, содержащие взрывчатые вещества и средства

**Рис. 16.2**

*Опасные зоны оборудования (указаны жирной стрелкой):*

*1* — цепная передача; *2* — ременная передача; *3* — зубчатая рейка; *4* — валки; *5* — зубчатая передача; *6* — ленточный транспортер; *7* — токарный станок; *8* — сверло; *9* — абразивный круг; *10* — циркулярная пила; *11* — ленточная пила; *12* — фрезерный станок; *13* — поперечно-строгательный станок; *14* — штамповка; *15* — резание; *16* — загибка.

взрывания, предназначенные для получения пиротехнического эффекта;

*класс 2* — газы сжатые, сжиженные и растворенные под давлением;

*класс 3* — легковоспламеняющиеся жидкости, смеси жидкостей, а также жидкости, содержащие твердые вещества в растворе или суспензии, которые выделяют легковоспламеняющиеся пары;

*класс 4* — легковоспламеняющиеся вещества и материалы (кроме классифицированных как взрывчатые), способные во время перевозки легко загораться от внешних источников воспламенения, в результате трения, поглощения влаги, самопроизвольных химических превращений, а также при нагревании;

*класс 5* — окисляющие вещества и органические пероксиды, которые способны выделять кислород, поддерживать горение, а также могут в соответствующих условиях или в смеси с другими веществами вызвать самовоспламенение и взрыв;

*класс 6* — ядовитые и инфекционные вещества, способные вызывать смерть, отравление или заболевание при попадании внутрь организма или при соприкосновении с кожей и слизистой оболочкой;

*класс 7* — радиоактивные вещества;

*класс 8* — едкие и коррозионно-активные вещества, которые вызывают повреждение кожи, поражение слизистых оболочек глаза и дыхательных путей, коррозию металлов и повреждение транспортных средств, сооружений или грузов, а также могут вызывать пожар при взаимодействии с органическими материалами или некоторыми химическими веществами;

*класс 9* — вещества с относительно низкой опасностью при транспортировании, не отнесенные ни к одному из предыдущих классов, но требующие применения к ним определенных правил перевозки и хранения.

На упаковке с опасным грузом в зависимости от характера опасности, кроме маркировки, предусмотренной ГОСТ 14192-77, должны наноситься знаки опасности (табл. 16.1).

Знак имеет форму квадрата, окантованного черной рамкой, повернутого на некоторый угол, и разделенного на два равных треугольника. В верхнем треугольнике наносят символ опасности. В нижнем углу нижнего треугольника наносится номер класса. Между символом и номером класса помещается надпись, характеризующая опасность груза, а под ней могут быть нанесены надписи о мерах предосторожности.

Знаки опасности наносят перед предупредительными знаками, предусмотренными требованиями ГОСТ 14192-77.

*Таблица 16.1*

**Маркировка опасных грузов**

| Класс и подкласс | Надпись, характеризующая опасность груза, и номер класса, наносимые на знаке | Символ опасности (черного цвета) | Цвет поля |
|---|---|---|---|
| Класс 1 | Взрывается 1 | Взрывающаяся бомба | Оранжевый |
| Класс 2 | Невоспламеняющийся газ 2 | Баллон с газом | Зеленый |
| Класс 3 | Легковоспламеняющаяся жидкость 3 | Пламя | Красный |
| Класс 4 Подкласс 4.1 | Воспламеняется 4 | Пламя | Красные и белые чередующиеся вертикальные полосы |
| Класс 4 Подкласс 4.2 | Самовозгорается 4 | Пламя | Верхняя половина белая, нижняя — красная |
| Класс 4 Подкласс 4.3 | Загорается от воды 4 | Пламя | Синий |
| Класс 5 | Окислитель 5 | Пламя на круге | Желтый |
| Класс 6 | Яд 6 | Череп и кости | Белый |
| Класс 7 | Радиоактивно, основной радиоактивный элемент Активность содержимого 7 | Трилистник (одна красная полоса в нижнем треугольнике) | Белый |
| Класс 8 | Едкое вещество 8 | Кислота, вытекающая из двух пробирок и разъедающая руку и металл | Верхняя половина белая, нижняя — черная |

Если груз обладает более чем одним видом опасности, то на упаковку наносят несколько знаков опасности, указывающих на виды этих опасностей. Номер класса наносят на знаке, характеризующем основной вид опасности.

На кранах устанавливаются ограничители грузоподъемности, реализующие принцип слабого звена (см. рис. 16.3), и ограничители высоты подъема (см. рис. 16.4).

Требования к средствам защиты от механических опасностей приведены в нормативных документах. Общие требования к средствам защиты от механических опасностей приведены в ГОСТ 12.4.011-87, а их классификация — в ГОСТ 12.4.125-83.

**Рис. 16.3**
*Ограничитель грузоподъемности:*

*1* — ролики; *2* — выключатель; *3* — шток; *4* — пружина; *5* — упорная гайка, регулирующая натяжение пружины; *6* — корпус; *7* — канат; *8* — груз.

**Рис. 16.4**
*Ограничитель высоты подъема груза:*

*1* — рычаг; *2* — канат грузика ограничителя; *3* — рама для ограничения раскошивания или перекоса грузика; *4* — грузик-ограничитель; *5* — планка; *6* — крюковая подвеска; *7* — грузовой трос; *8* — кнопка управления.

**Рис. 16.5**
*Средства коллективной защиты от механических опасностей*

Средства защиты от механических опасностей делятся на СИЗ и СКЗ (рис. 16.5).

К СИЗ относятся: изолирующие костюмы, средства защиты органов дыхания, специальная одежда, специальная обувь, средства защиты рук, средства защиты головы, средства защиты лица, средства защиты глаз, средства защиты органов слуха, средства защиты от падения с высоты и другие предохранительные средства, защитные дерматологические средства.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что является источником механических опасностей?
2. На сколько классов делятся опасные грузы? Охарактеризуйте опасность веществ каждого класса.
3. Какие символы опасности наносятся на упаковку опасных грузов?
4. Приведите примеры опасных зон механического оборудования.
5. Что относится к средствам индивидуальной защиты от механических опасностей?
6. Какие существуют средства коллективной защиты от механической опасности?
7. Какие установлены знаки безопасности?

## § 16.2. ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ

По определению ГОСТ 12.1.009-76 «Электробезопасность — система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества». Укажем основные нормативные документы:

Правила устройства электроустановок (ПУЭ);

Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок;

ГОСТ 12.1.009-76 «Электробезопасность. Термины и определения»;

ГОСТ 12.1.019-79 «Электробезопасность. Общие требования»;

ГОСТ 12.1.030-81 «Электробезопасность. Защитное заземление, зануление»;

ГОСТ 12.1.038-82 «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов»;

ГОСТ 12.2.007.0-14-75 «Изделия электротехнические. Общие требования безопасности»;

ГОСТ 12.3.019-80 «Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности»;

ГОСТ 12.3.032-84 «Работы электромонтажные. Общие требования безопасности»;

ГОСТ 12.4.124-83 «Средства защиты от статического электричества» и др.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРЫ ЗАЩИТЫ ОТ ПОРАЖЕНИЯ ТОКОМ

Для обеспечения электробезопасности применяют отдельно или в сочетании следующие технические способы и средства защиты:

1) недоступность токоведущих частей, находящихся под напряжением;
2) электрическое разделение сети;
3) малые напряжения;
4) двойную изоляцию;
5) выравнивание потенциалов;
6) защитное заземление;
7) зануление;
8) 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 $U_ф = 220$ В обеспечить сопротивление изоляции не меньше 65 кОм, то ток через человека при однофазном прикосновении не превысит значение порогового неотпускающего тока, то есть $I_h \leqslant 10$ 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 по-

ражение 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 25 × 25 мм применяются в установках напряжением как ниже, 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 механические и электрические блокировки. *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. 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 сети** — это способ, при котором сеть разделяется на отдельные электрически несвязанные между собой участки с помощью разделительных трансформаторов (см. рис. 16.6). Эта

**Рис. 16.6**
*Схема электрического разделения сети с помощью разделительного трансформатора*

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.

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: $I_h = 3U_ф/Z$. Заземление вторичной обмотки разделительного трансформатора не допускается.

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: $I_h = 3{\cdot}220/100 = 6{,}6$ мА. Для разделения сетей могут применяться не только трансформаторы (рис. 16.6), 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, поэтому автотрансформаторы применять нельзя.

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 некото-

рых бытовых приборах применяются очень малые напряжения, вплоть до 2,5 В.

При напряжении $U = 42$ В сопротивление тела человека составляет несколько килоом, поэтому ток для большинства людей будет меньше порогового неотпускающего, который равен 10 мА. При напряжении 24 В, а тем более 12 В ток через человека не превысит допустимого при случайном прикосновении значения, равного 10 мА. Таким образом, наибольшая степень безопасности достигается при напряжениях 12...24 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 понижающие трансформаторы, преобразователи частоты, батареи гальванических элементов, аккумуляторы, выпрямительные установки. 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 (защитная) электрическая изоляция предусматривается дополнительно к основной изоляции для защиты от поражения электрическим током в случае ее повреждения.

Область применения двойной изоляции ограничивается электрооборудованием небольшой мощности — электрифицированным ручным инструментом, некоторыми переносными устройствами, бытовыми приборами и ручными электрическими лампами (рис. 16.7).

К защитным мерам относятся контроль и профилактика повреждений изоляции. Непосредственно контроль изоляции заключается в измерении ее активного (омического) сопротивления для обнаружения дефектов и предупреждения замыкания на землю и коротких замыканий.

**Рис. 16.7**
*Электроинструмент с двойной изоляцией:*

*1* — выключатель; *2* — дополнительная изоляция; *3* — электродвигатель; *4* — корпус; *5* — редуктор; *6* — изолирующая вставка на валу.

В порядке профилактики повреждений изоляции, при которых возникает опасность поражения

электрическим током, а также выходит из строя оборудование, согласно Правилам устройства электроустановок (ПУЭ) проводятся периодические испытания повышенным напряжением и контроль сопротивления изоляции. Измерения сопротивления изоляции проводят мегомметром. Чтобы не повредить изоляцию при проведении испытаний, Правила эксплуатации 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 прокладывают заземляющие полосы на глубине 0,5...0,7 м вдоль рядов оборудования и в поперечном направлении, то есть образуется заземляющая сетка, к которой присоединяется заземляемое оборудование.

При пробое изоляции в каком-либо аппарате его корпус и заземляющий контур окажутся под некоторым потенциалом $\varphi_з$. 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 к другу 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

**Рис. 16.8**
*Принципиальная схема защитного заземления*

частей электроустановки, которые могут оказаться под напряжением (рис. 16.8).

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 $R_з$ определяется из условия обеспечения на корпусе электроустановки допустимого напряжения прикосновения $U_{пду}$, то есть

$$R_з \leqslant U_{пду}/(I_з\alpha),$$

где $\alpha$ — коэффициент напряжения прикосновения, $\alpha \leqslant 1$; $I_з$ — расчетный ток замыкания на землю.

В сетях до 1000 В расчетный ток замыкания на землю равен

$$I_з \approx 3U_ф/Z_{зм},$$

где $Z_{зм}$ — сопротивление грунта в месте замыкания; $Z_{зм} \approx 100$ Ом.

Для $U_л = 380$ В: $I_з \approx 3 \cdot 220/100 = 6{,}6$ А.

Откуда при $U_{пду} = 20$ В (в соответствии с ГОСТ 12.1.038-82) и наиболее опасном значении $\alpha = 1$ имеем $R_з \leqslant 20/(6{,}6 \cdot 1) \approx 3$ 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 $R_з \leqslant 10$ Ом в сочетании с контролем сопротивления изоляции.

При напряжениях от 1 кВ до 35 кВ включительно $R_з \leqslant 250/I_з$. Реально оно не превышает 10 Ом.

При больших токах замыкания на землю (то есть более 500 А), что характерно для линий 110 кВ и выше, $R_з \leqslant 0{,}5$ 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).

**Зануление** — это преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением (рис. 16.9).

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: $I_{кз} \geqslant KI_{ном}$, где $I_{ном}$ — номинальный ток плавкой вставки или ток установки расцепителя автомата; $K$ — коэффициент кратности,

**Рис. 16.9**
*Принципиальная схема зануления электроустановки:*

$I_{кз}$ — ток короткого замыкания; $R_0$ — сопротивление заземления нейтрали; $R_п$ — повторное заземление сети; PEN — нулевой провод.

равный 3 для плавких вставок и автоматов с обратнозависимой от тока характеристикой; при отсутствии заводских данных для автоматов с номинальным током до 100 А кратность тока КЗ относительно величины уставки 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, то есть 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:

1) при номинальном напряжении 380 В и выше переменного тока, а также 440 В и выше постоянного тока — во всех случаях;

2) 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, то есть автоматическое отключение опасного участка цепи.

К устройствам защитного отключения (УЗО) предъявляется ряд требований: 1) быстродействие — длительность отключения поврежденного участка сети должна быть не более 0,2 с; 2) надежность; 3) высокая чувствительность — входной сигнал по току не должен превышать нескольких миллиампер, а по напряжению — нескольких десятков вольт; 4) 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. 16.10), 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 приведет к отключению электроустановки от сети. Применение этого типа УЗО ограничивается электроустановками до 1000 В с индивидуальным заземлением.

**Рис. 16.10**
*Принципиальная схема защитного отключения электроустановки при появлении напряжения на ее корпусе:*

*1* — корпус; *2* — автоматический выключатель; КО — катушка отключения; Н — реле напряжения максимальное; $R_з$ — сопротивление защитного заземления; $R_в$ — сопротивление вспомогательного заземления.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие основные технические способы защиты от действия тока применяются на практике?
2. Как можно обеспечить недоступность токоведущих частей от случайного прикосновения?
3. В каких случаях используется электрическое разделение сети?
4. Что такое двойная изоляция и в каких случаях она применяется?
5. Когда используется малое напряжение и в каких целях?
6. Что такое защитное заземление и на чем основано его защитное действие?
7. Объясните, как действует зануление.
8. В чем принципиальная разница между защитным заземлением и занулением?
9. Какие требования предъявляются к защитному отключению?
10. Чем отличаются основные и дополнительные электрозащитные средства? Приведите примеры тех и других средств до 1000 В и выше.
11. Что лежит в основе организации безопасной эксплуатации электроустановок?

## 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.

Такими 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 электрозащитным 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 электрозащитных средств для обеспечения безопасных и высокопроизводительных условий работы в действующих электроустановках, применяются другие СИЗ: очки, каски, рукавицы, противогазы, предохранительные монтерские пояса и страховочные канаты.

**Рис. 16.11**

*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-контактный инструмент с изолирующими ручками; *10* — диэлектрические перчатки.

Средства защиты, используемые в электроустановках, по своему назначению подразделяются на две категории: основные и дополнительные (рис. 16.11).

*Основные* электрозащитные средства — это средства защиты, изоляция которых длительно выдерживает рабочее напряжение электроустановок и которые позволяют прикасаться к токоведущим частям, находящимся под напряжением.

*Дополнительные* электрозащитные 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 электрозащитными средствами.

Классификация электрозащитных средств, применяемых в электроустановках напряжением до 1000 В и выше, приведена в таблице 16.2.

*Таблица 16.2*

**Классификация средств защиты, используемых в электроустановках**

| Средства защиты при различном напряжении электроустановки | |
|---|---|
| **до 1000 в** | **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 приспо собления для работ на воздушных линиях 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 |

Электрозащитные средства следует использовать по их прямому назначению и только в тех электроустановках, на напряжение которых они рассчитаны. Перед применением электрозащитных средств производятся 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. Основные электрозащитные средства могут применяться в закрытых электроустановках, а в открытых электроустановках и на воздушных линиях — только в сухую погоду. На открытом воздухе в сырую погоду могут быть применены только средства защиты, предназначенные для работы в этих условиях.

Все электрозащитные средства перед эксплуатацией проходят приемо-сдаточные испытания и периодически (через 6–36 месяцев) подвергаются контрольным осмотрам и эксплуатационным электрическим испытаниям повышенным напряжением.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите электрозащитные средства, используемые в электроустановках.
2. Чем характеризуются основные электрозащитные средства?
3. Какие электрозащитные средства относятся к дополнительным?
4. Приведите виды электрозащитных средств, применяемых при напряжениях до 1000 В.
5. Что относится к основным электрозащитным средствам выше 1000 В?
6. Что надо делать перед применением электрозащитных средств?

## 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 Межотраслевыми правилами по охране труда (правилами безопасности) при эксплуатации электроустановок.

На производстве персонал, обслуживающий электроустановки, предварительно проходит обучение по электробезопасности и только после проверки знаний и стажировки допускается к работе с действующими электроустановками, а в быту к электроприборам имеют доступ и дети, и домохозяйки, и пенсионеры, 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, тем не менее и здесь встречаются электротравмы из-за отсутствия надлежащего присмотра за детьми (например, игры возле розеток, оставление включенных в сеть машин и приборов).

Считается, что в мире от поражения электрическим током погибает ежегодно порядка 30 тыс. человек. Приняв численность населения Земли равной 6 млрд человек, получим средний риск гибели человека от тока равным $30 \cdot 10^3/(6 \cdot 10^9) = 5 \cdot 10^{-6}$. К сожалению, в России от электрического тока ежегодно погибает в среднем 2,5 тыс. человек. Приняв численность населения России равной 145 млн человек, рассчитаем риск гибели от тока: $R = 2{,}5 \cdot 10^3/(150 \cdot 10^6) = 16{,}1 \cdot 10^{-6}$. Это очень много, особенно если сравнить с передовыми по электробезопасности странами — с ФРГ, где в конце 80-х гг. XX в. погибало от тока в среднем 25–30 человек, то есть $R = 30/(75 \cdot 10^6) = 0{,}4 \cdot 10^{-6}$, 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, неснятие 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 распространенные причины поражения электрическим током в быту: повреждения 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, наличие ненадежной 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.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что является основой организации безопасной эксплуатации электроустановок?
2. Чем объясняется повышенный электротравматизм в быту?
3. Как можно оценить риск электротравматизма в России в сравнении с развитыми зарубежными странами?
4. Каковы причины производственного электротравматизма?
5. Что можно отнести к основным причинам бытового электротравматизма?

## 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. Сопротивление заземляющего устройства, предназначенного для защиты от статического электричества, не должно превышать 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.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какими способами можно устранить опасность возникновения электростатических зарядов?
2. В каких ситуациях используется заземление при защите от статического электричества?
3. При какой влажности электростатические заряды не возникают?
4. Как действует ионизация воздуха для нейтрализации зарядов?
5. За счет чего достигается уменьшение электризации горючих и легковоспламеняющихся жидкостей?
6. Как обеспечивается защита работающих от статических зарядов?

## ЗАЩИТА ОТ МОЛНИЙ

Разряды атмосферного электричества способны вызвать взрывы, пожары и разрушения зданий и сооружений, а также поражение людей, 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, что инициирует 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 км$^2$ поверхности земли, который зависит от интенсивности грозовой деятельности:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Интенсивность, ч/год** .... | 10–20 | 20–40 | 40–60 | 60–80 | > 80 |
| ***n*** ..... | 1 | 3 | 6 | 9 | 12 |

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

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

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 км$^2$ земной поверхности в месте расположения здания.

Для дымовых труб, водонапорных башен, мачт, деревьев ожидаемое число ударов молнии в год определяют по формуле $N = 9\cdot 10^{-6}h^2_x$.

В незащищенную от молнии линию электропередачи протяженностью $L$ км со средней высотой подвеса проводов $h_{ср}$ число ударов молнии за год при допущении, что опасная зона распространяется от оси линии в обе стороны на $3h_{ср}$, составит $N = 0{,}42\cdot 10^{-3}\cdot Lh_{ср}n_ч$.

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 надземные и подземные металлические коммуникации по всей территории России.

Здания и сооружения II категории молниезащиты должны быть защищены от прямых ударов молнии, от 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, 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 мм$^2$, чему соответствует круглое сечение стержня диаметром 12 мм, полосовая сталь 35 × 3 мм или газовая труба со сплющенным концом.

Молниеприемники *тросовых молниеотводов* выполняют из стальных многопроволочных тросов сечением не менее 35 мм$^2$ (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 мм$^2$ 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, от их правильного и качественного устройства зависит эффективная работа молниезащиты.

Конструкция заземлителя зависит от требуемого импульсного сопротивления и учитывает удельное сопротивление грунта и удобство его укладки в грунте. Для обеспечения безопасности людей 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.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какими последствиями чревато воздействие молний?
2. Какие установлены категории молниезащиты и чем они характеризуются?
3. Что такое зона защиты молниеотвода?
4. Из каких частей состоят молниеотводы? Охарактеризуйте их.

## 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:

1) уложить пострадавшего на спину на твердую поверхность;

2) проверить наличие у пострадавшего дыхания, пульса;

3) 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:

1) если пострадавший находится в сознании, но до этого был в состоянии обморока, или продолжительное время находился 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;

2) 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;

3) если пострадавший плохо дышит (резко, судорожно), делать искусственное дыхание и наружный массаж сердца;

4) 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.

При фибрилляции (с. 244) или остановке сердца используется дефибриллятор.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Из каких этапов состоит первая помощь пострадавшему при поражении током?
2. Как осуществляется освобождение пострадавшего от воздействия тока?
3. Как оценить состояние пострадавшего после освобождения от воздействия тока?
4. В каких случаях необходимо оказать немедленную помощь?
5. Как осуществляется искусственное дыхание и непрямой массаж сердца?

## § 16.3. БЕЗОПАСНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ СОСУДОВ, РАБОТАЮЩИХ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

К сосудам, работающим под давлением, условно относится оборудование, в котором давление значительно превышает атмосферное. К такому оборудованию относятся баллоны, паровые и водогрейные котлы, трубопроводы, компрессоры, цистерны, технологические емкости. Все это оборудование должно быть герметичным.

Несмотря на различие перечисленных объектов их объединяет присущая им основная опасность — возможность разрушения и взрыва. Поэтому их относят к объектам повышенной опасности и к ним предъявляются особые требования безопасности. Такие требования зафиксированы в соответствующих правилах и сводятся к следующим положениям:

1) материалы, применяемые для изготовления сосудов, должны соответствовать особым техническим условиям;

2) конструкция сосудов и процесс их изготовления должны соответствовать требованиям безопасности;

3) сосуды после изготовления и периодически в процессе эксплуатации подлежат освидетельствованию и гидравлическим испытаниям;

4) сосуды снабжаются приборами для измерения уровня жидкости, давления и температуры, предохранительными и запорными приспособлениями;

5) определенная категория сосудов до пуска в работу должна быть зарегистрирована в органах Ростехнадзора и контролироваться инспекторами;

6) на предприятии приказом назначаются лица, ответственные за эксплуатацию сосудов;

7) для каждой группы сосудов (объектов) разрабатываются правила безопасной эксплуатации и др.

Теперь рассмотрим некоторые особенности отдельных объектов.

**Баллоны** предназначены для хранения, использования и перевозки сжатых (кислород, водород, азот, воздух и др.), сжиженных (хлор, аммиак, бутан, сероводород, углекислота) и растворенных (ацетилен) газов.

Основная опасность — разрушение и взрыв баллона.

Для ацетилена применяются баллоны, заполненные пористой массой (активированным углем) и растворителем (ацетоном). Ацетилен растворяется в ацетоне и распределяется в пористой массе. В таких условиях способность ацетилена к распаду и взрыву снижается.

Причины взрывов баллонов:

1) удары, падения, нагрев;

2) переполнение при заправке;

3) старение пористой массы (активированного угля) в ацетиленовых баллонах;

4) попадание в вентиль масел (особенно опасно для кислородных баллонов);

5) загрязнение кислородом (водородных баллонов);

6) появление окалины;

7) неправильная перевозка и переноска;

8) ошибочное заполнение баллона несоответствующим газом и др.

Рассмотрим некоторые меры безопасности, вытекающие из названных причин.

Чтобы избежать заполнения баллона несоответствующим газом, разработан комплекс мер. Баллоны окрашиваются и надписываются в соответствии с требованиями, то есть маркируются. Пример маркировки некоторых баллонов приводится в таблице 16.3.

Сигнальная окраска баллонов позволяет исключить образование смеси «горючее–окислитель» вследствие заполнения емкостей рабочим телом, для которого они не предназначены.

Заводы-наполнители должны принимать опорожненные баллоны с остаточным давлением не менее 0,05 МПа, а баллоны для растворенного ацетилена — не менее 0,05 и не более 0,1 МПа. Это необходимо для контроля остатка газа и предотвращения заполнения баллона другим газом.

Недопустимо устанавливать баллоны под прямыми солнечными лучами и вблизи отопительных устройств. Коэффициент объемного расширения сжиженных газов на порядок больше коэффициента сжатия.

*Таблица 16.3*

**Маркировка баллонов**

| Газ (надпись на баллоне) | Цвет баллона | Цвет надписи | Цвет полосы |
|---|---|---|---|
| Азот | черный | желтый | коричневый |
| Аммиак | желтый | черный | коричневый |
| Аргон чистый | серый | зеленый | зеленый |
| Ацетилен | белый | красный | красный |
| Водород | темно-зеленый | красный | красный |
| Сжатый воздух | черный | белый | белый |
| Гелий | коричневый | белый | белый |
| Кислород | голубой | черный | черный |
| Диоксид углерода | черный | желтый | желтый |

В баллонах, заполняемых сжиженным газом, необходимо оставлять пустым 10% — компенсационный объем (на случай теплового расширения газа). Для защиты от соударений при перевозке баллоны снабжаются резиновыми амортизационными кольцами. Баллоны необходимо переносить на специальных носилках или перевозить на тележках.

**Компрессорные установки** служат для сжатия газов. Они бывают низкого давления (до 1 МПа), среднего (до 10 МПа) и высокого (до 100 МПа).

Основная опасность — воспламенение компрессорного масла при работе компрессора. Температура вспышки масла уменьшается с ростом давления, а температура сжимаемого воздуха возрастает по следующей зависимости:

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Давление, МПа** | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 1,0 | 2,0 | 5,0 |
| **Температура, °С** | 20 | 86 | 131 | 166 | 195 | 221 | 300 | 418 | 563 |

Чтобы исключить химический взрыв, необходимо выбрать нужный температурный режим сжатия газов.

Температура сжимаемого газа не должна превышать температуру вспышки компрессорного масла (≈ 200°С). Для обеспечения безопасной работы компрессорных установок необходимо предотвратить образование взрывоопасной смеси «масло–кислород». Это может быть достигнуто:

1) смазкой цилиндров компрессора термически стойкими маслами;

2) правильной работой охлаждающих установок и влагомаслоотделителей;

3) регулированием расхода масла и снижением его подачи.

Для защиты от физических взрывов на компрессорах устанавливают предохранительные клапаны. Компримируемый воздух необходимо очищать от пыли во избежание образования статического электричества. С этой целью на воздухозаборных устройствах устанавливают воздушные фильтры. Компрессор должен быть немедленно остановлен, если непрерывно увеличивается нагрев какой-либо части; если манометр на нагнетательной линии показывает давление выше допустимого; если прекратилась подача охлаждающей воды; если температура сжатого воздуха выше допустимой нормы; если неисправна система смазки; если замечена (по электроприборам) перегрузка двигателя.

**Паровые и водогрейные котлы, бойлеры и экономайзеры.** Основные причины взрывов паровых и водогрейных котлов:

1) недостаток (упуск) воды, ведущий к перегреву стенок котла;

2) превышение допустимого давления в котле;

3) отложение накипи, вызывающее прогар стенок;

4) коррозия металла стенок и швов;

5) неисправность устройств, питающих котел водой, перегрев стенок котла.

Для обеспечения нормальных условий эксплуатации котлы, пароперегреватели и экономайзеры снабжают приборами безопасности, арматурой, приборами автоматики, предохранительными клапанами, указателями уровня воды, манометрами, термометрами.

По давлению котлы делятся на 2 группы: больше 0,07 МПа (0,7 атм) и меньше 0,07 МПа; по температуре воды: выше и не выше 115°С. Эти параметры учитываются при определении требований безопасности.

Безопасная эксплуатация котлов требует соблюдения правил их устройства и эксплуатации.

Вот некоторые из этих требований:

1) соблюдение правил проектирования, изготовления, монтажа, наладки, ремонта и эксплуатации;

2) оснащение котлов соответствующими устройствами и приборами (предохранительные клапаны, указатели уровня воды, манометры, запорная и регулирующая арматура, звуковые и световые сигнализаторы верхнего и нижнего предельных уровней воды, автоматические регуляторы питания и др.);

3) обеспечение регламентированного водно-химического режима для избежания накипи;

4) наличие квалифицированного обслуживающего персонала, прошедшего обучение и проверку знаний;

5) проведение освидетельствования и диагностики котлов в установленные сроки;

6) выполнение требований ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

## ПРИБОРЫ БЕЗОПАСНОСТИ И КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

**Предохранительные клапаны.** Каждый котел паропроизводительностью более 100 кг/ч снабжают не менее чем двумя предохранительными клапанами, один из которых должен быть контрольным. На котлах паропроизводительностью 100 кг/ч и менее допускается установка одного предохранительного клапана.

Допускается применение предохранительных клапанов рычажно-грузовых, или пружинных (прямого действия), или импульсных (непрямого действия).

*Таблица 16.4*

**Давление срабатывания предохранительных клапанов**

| Номинальное избыточное давление $P_{раб}$, Па | Давление начала открытия клапанов, Па | |
|---|---|---|
| | контрольного | рабочего |
| $< 13 \cdot 10^5$ | $P_{раб} + 0{,}2 \cdot 10^5$ | $P_{раб} + 0{,}3 \cdot 10^5$ |
| $13 \cdot 10^5 \ldots 60 \cdot 10^5$ | $1{,}03 P_{раб}$ | $1{,}05 P_{раб}$ |
| $60 \cdot 10^5 \ldots 140 \cdot 10^5$ | $1{,}05 P_{раб}$ | $1{,}08 P_{раб}$ |
| $140 \cdot 10^5 \ldots 225 \cdot 10^5$ | $1{,}08 P_{раб}$ | $1{,}08 P_{раб}$ |
| $> 225 \cdot 10^5$ | $1{,}1 P_{раб}$ | $1{,}1 P_{раб}$ |

В конструкции предохранительных клапанов должна быть предусмотрена возможность проверки их исправного действия в рабочем состоянии путем принудительного открытия клапана.

Предохранительные клапаны должны иметь защитные устройства (отводные трубы), предохраняющие обслуживающий персонал от ожогов при срабатывании, а контрольные клапаны должны иметь сигнальные устройства. Предохранительные клапаны на паровых котлах и пароперегревателях должны быть отрегулированы на давление, представленное в таблице 16.4.

**Указатели уровня воды.** На каждом вновь изготовленном паровом котле для постоянного наблюдения за положением уровня воды в барабане должно быть установлено не менее двух водоуказательных приборов прямого действия. Эти приборы должны устанавливаться в вертикальной плоскости или с наклоном вперед под углом 30° и должны быть расположены и освещены так, чтобы уровень воды был хорошо виден с рабочего места оператора.

**Манометры.** На каждом паровом котле должен быть установлен манометр, показывающий давление пара. Манометр устанавливают на барабан котла, а при наличии у котла пароперегревателя — и за пароперегревателем (до главной задвижки). Манометр должен быть с такой шкалой, чтобы при рабочем давлении стрелка находилась в средней трети шкалы. На шкале манометра должна быть красная черта на делении, соответствующем высшему рабочему давлению в котле.

**Приборы для измерения температуры пара, воды, уходящих газов.** На паропроводах перегретого пара, находящихся на участке от котлов до главной паровой задвижки, должны быть установлены приборы для измерения температуры перегретого пара. Для котлов с естественной циркуляцией паропроизводительностью свыше 20 т/ч, для прямоточных котлов паропроизводительностью более 1 т/ч обязательна установка прибора, регистрирующего температуру пара.

У водогрейных котлов приборы для измерения температуры устанавливают на выходе из них.

**Приборы автоматики (безопасности).** Котлы паропроизводительностью 0,7 т/ч и выше с камерным сжиганием топлива должны быть оборудованы устройствами, автоматически прекращающими подачу топлива к горелкам при снижении воды ниже допустимого предела.

Паровые и водогрейные котлы, работающие на газообразном топливе, при подаче воздуха в горелки от дутьевых вентиляторов должны быть оборудованы устройствами, автоматически прекращающими подачу газа в горелки при падении давления воздуха ниже допустимого.

## РЕГИСТРАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОСВИДЕТЕЛЬСТВОВАНИЕ

Котлы и самостоятельные пароперегреватели до пуска в работу должны быть зарегистрированы в местных органах Ростехнадзора. Регистрации не подлежат котлы, у которых $(t - 100) \cdot V \leqslant 5$, где $t$ — температура насыщенного пара при рабочем давлении, °С; $V$ — водяной объем котла, м$^3$.

Регистрация котла производится на основании письменного заявления администрации предприятия-владельца котла.

Первое техническое освидетельствование вновь установленных котлов производит инспектор котлонадзора после их монтажа и регистрации.

Периодическое техническое освидетельствование зарегистрированных в местных органах надзора котлов, находящихся в эксплуатации, проводит инспектор котлонадзора в следующие сроки: внутренний осмотр — не реже 1 раза в 4 года; гидравлическое испытание — не реже 1 раза в 8 лет.

Если при техническом освидетельствовании котла не обнаружены дефекты, снижающие их прочность, они допускаются к эксплуатации при номинальных параметрах до очередного освидетельствования.

К средствам защиты котлов от образования накипи относятся: 1) ограничение жесткости воды в котлах; 2) оборудование установок водоочистителями, в которых происходит умягчение воды.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какое оборудование относится к сосудам, работающим под давлением?
2. Перечислите особые требования безопасности, которые предъявляются к сосудам под давлением.
3. Укажите причины взрывов баллонов с газами.
4. Какая маркировка применяется с целью различения баллонов, используемых для разных газов?

5. Какие меры безопасности используются при транспортировке, хранении и заполнении газовых баллонов?
6. Как обеспечивается безопасность компрессорных установок при эксплуатации?
7. При каких условиях компрессор должен быть остановлен немедленно?
8. Перечислите основные причины взрывов паровых и водогрейных котлов.
9. Какие требования предъявляются к устройству и эксплуатации котлов для их безопасной работы?
10. Какие устройства безопасности и контрольно-измерительные приборы используются для безопасной эксплуатации сосудов под давлением?
11. В каких случаях котлы не подлежат регистрации в органах Ростехнадзора?
12. Как осуществляется защита котлов от образования накипи?

## § 16.4. БЕЗОПАСНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГАЗОВОГО ХОЗЯЙСТВА

Использование газа в народном хозяйстве позволяет добиться значительной (в 3–4 раза) экономии по сравнению с применением других видов топлива. Основными потребителями газа являются население и промышленные предприятия, кроме того, газ является сырьем для химической переработки, производства различных видов синтетических материалов.

Поэтому организация и проведение технического надзора и контроля имеют важное значение при использовании газообразного топлива бытовыми, коммунальными и промышленными потребителями. Указания по производственной безопасности в газовом хозяйстве, требования к качеству материалов и ведению строительно-монтажных работ регламентированы множеством нормативных документов. Их соблюдение обеспечивает соответствующий уровень безопасности на предприятии и предупреждение возникновения чрезвычайных ситуаций.

Газовое хозяйство предприятия (организации) включает в себя газопроводы, установки сжиженных углеводородных газов, сооружения на газопроводах, средства защиты от электрохимической коррозии, газооборудование газифицированных производств, котельных и других зданий, размещенных на территории организации.

При эксплуатации объектов газового хозяйства организация обязана:

1) выполнять комплекс мероприятий, включая систему технического обслуживания и ремонта, обеспечивающего содержание газового хозяйства в исправном состоянии;

2) иметь требуемый по штату персонал, удовлетворяющий квалификационным требованиям, не имеющий медицинских противопоказаний к работе;

3) проводить своевременную подготовку и аттестацию работников;

4) иметь правовые акты и нормативные технические документы (правила, положения и инструкции), устанавливающие порядок ведения работ в газовом хозяйстве;

5) организовывать и осуществлять производственный контроль за соблюдением требований промышленной безопасности;

6) обеспечивать наличие и функционирование необходимых приборов и систем контроля;

7) обеспечивать защиту объектов газового хозяйства от проникновения и несанкционированных действий посторонних лиц;

8) принимать участие в техническом расследовании причин аварий, принимать меры по их устранению, профилактике и учету аварий.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что входит в газовое хозяйство предприятия?
2. Какие организационно-технические мероприятия следует осуществить для безопасной и надежной эксплуатации объектов газового хозяйства?

## § 16.5. БЕЗОПАСНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Подъемно-транспортное оборудование (ПТО) отличается большим разнообразием. Каждый класс ПТО имеет свои особенности с точки зрения безопасности. Объединяющими признаками являются значительные мощности, большие скорости элементов ПТО, масса и размеры. Этим объясняется повышенная потенциальная опасность ПТО.

ПТО делится на машины периодического и непрерывного транспортирования грузов.

Периодическое транспортирование осуществляется с помощью рельсового и безрельсового транспорта. К рельсовому транспорту относятся мостовые, козловые (портальные) краны, тепловозы, электровозы, вагонетки и др. Безрельсовым транспортом являются автопогрузчики, автокраны, автотележки и др. Непрерывное транспортирование грузов осуществляется горизонтально (конвейеры) или вертикально (элеваторы).

Основные опасности, возникающие при эксплуатации ПТО:

1) движущиеся элементы;

2) падение груза с высоты;

3) разрушение металлоконструкций;

4) потеря устойчивости и падение кранов и др.

Безопасность людей при работе ПТО обеспечивается реализацией следующих принципов: активности оператора, информации, блокировки, недоступности, несовместимости, защиты расстоянием, прочности, слабого звена и др. С этой целью проводятся следующие расчеты:

1) расчет на прочность канатов крана и грузо-захватного устройства (ГЗУ);

2) подбор тормозов;

3) определение устойчивости кранов;

4) расчет металлоконструкции кранов при воздействии статических и динамических нагрузок, технологических, ветровых перегрузках, обледенении;

5) определение опасной зоны при работе подъемно-транспортных механизмов (ПТМ);

6) подбор и расчет устройств безопасности.

## РАСЧЕТ ГРУЗОВЫХ КАНАТОВ КРАНА

При расчете канатов реализуется один из принципов обеспечения безопасности — принцип прочности.

По Правилам Ростехнадзора канаты рассчитываются на растяжение исходя из коэффициента $n$ запаса прочности каната при разрывном усилии его $S_{раз}$: $n \geqslant S_{раз}/S$, где $S$ — наибольшее натяжение ветви каната с учетом КПД полиспаста (без учета динамических нагрузок). Величина $n$ установлена Правилами Ростехнадзора и зависит от типа каната, режима работы и типа подъемно-транспортной машины. Значение $n$ принимается в зависимости от назначения каната в пределах 3...9. Например, $n = 9$ принимается для канатов лебедок, предназначенных для подъема людей.

Величина натяжения $S$ ветви каната может быть найдена по следующим выражениям:

1) для набегающей на барабан ветви каната при подъеме груза:

$$S = \frac{G}{m\eta_п} \cdot \frac{1}{\eta_1\eta_2 ... \eta_n};$$

2) при спуске груза:

$$S' = \frac{G}{m} \cdot \eta_п \eta_1 \eta_2 ... \eta_n,$$

где $G$ — вес поднимаемого груза, Н; $m$ — кратность полиспаста; $\eta_п$ — КПД полиспаста; $\eta_1$, $\eta_2$, ..., $\eta_n$ — КПД направляющих блоков.

КПД полиспаста определяется из выражения

$$\eta_п = \frac{1-\eta^m}{(1-\eta)m},$$

где η — КПД блока (зависит от угла α охвата блока канатом и от типа подшипников блока: так, при α = 180° для подшипников качения η = 0,98, скольжения — η = 0,95).

Для стропов определяется усилие в канате по следующему выражению:

$$S = \frac{G}{(\cos\alpha)n} = m \cdot \frac{G}{n},$$

где α — угол наклона стропа (рис. 16.12), градусы; $n$ — число ветвей стропа; $m$ — коэффициент, зависящий от угла α.

**Рис. 16.12**
*Схема захвата груза четырехветвевым стропом*

Для обеспечения безопасности работ необходимо определить опасную зону. Размеры опасной зоны определяются радиусом окружности, в пределах которой может упасть груз. Расчет радиуса опасной зоны представлен в § 16.1.

## УСТОЙЧИВОСТЬ КРАНОВ

Передвижные поворотные краны должны обладать достаточной для их безопасной работы устойчивостью. Правилами Ростехнадзора величина коэффициента запаса устойчивости регламентирована. Условие равновесия крана состоит в том, что удерживающий момент должен быть больше опрокидывающего, действующего относительно оси (ребра) опрокидывания крана.

Проверка на устойчивость проводится как при рабочем положении крана с грузом (*грузовая устойчивость*), так и при положении крана без груза в условиях неблагоприятных нагрузок (*собственная устойчивость*).

По Правилам Ростехнадзора, значения коэффициентов грузовой и собственной устойчивости должны быть не менее 1,15.

Устойчивость крана должна быть обеспечена при стреле как вдоль, так и поперек пути. Наиболее опасное положение стрелы — поперек пути, так как колея крана меньше базы (у стреловых самоходных). Кроме того, грузовую устойчивость крана (по Правилам Ростехнадзора) проверяют при направлении стрелы под углом 45° к направлению движения с учетом дополнительных касательных сил инерции.

Определение устойчивости должно производиться в предположении, что угол наклона крана составляет не менее 3° для стреловых и 1° для портальных. Схемы для определения устойчивости приведены на рисунках 16.13–16.15.

**Рис. 16.13**
*Схема для определения устойчивости стрелового крана:*
*а* — с грузом; *б* — без груза.

*Коэффициент К собственной устойчивости:*

$$K = M_G / M_в \geqslant 1{,}15,$$

где $M_G$ — момент от веса частей крана; $M_в$ — момент ветровой нагрузки нерабочего состояния.

**Рис. 16.14**
*Схема для определения центробежной силы при повороте стрелы с грузом*

**Рис. 16.15**
*Схема для определения грузовой устойчивости козловых кранов:*
*а* — вдоль; *б* — поперек подкранового пути.

При проверке грузовой устойчивости рассматривают положение крана с грузом, находящимся на максимальном вылете. При этом уклон местности и ветровую нагрузку принимают опрокидывающими кран.

*Коэффициент* $K_г$ *грузовой устойчивости:*

$$K_г = \frac{M_G - \sum M_{ин} - M_в}{M_{гр}} \ \ldots\ 1{,}15,$$

где $M_{гр}$ — момент, создаваемый весом номинального груза относительно ребра опрокидывания; $M_G$ — момент, создаваемый весом частей крана и противовеса относительно ребра опрокидывания; $M_в$ — момент от ветровой нагрузки; $\sum M_{ин}$ — суммарный момент сил инерции элемен-

тов крана и груза, возникших в результате пуска или торможения, с учетом влияния центробежной силы при вращении крана.

При повороте возникает горизонтально направленная центробежная сила $P$ (см. рис. 16.14), приложенная вследствие расположения груза массой $Q$ на гибкой подвеске к оси головных блоков и создающая опрокидывающий момент $M = \rho H$, где $\rho$ — радиус вращения; $H$ — расстояние от головки стрелы до центра тяжести груза.

Эта сила равна

$$P = Q\omega^2\rho = Q\left(\frac{\pi n}{30}\right)\rho,$$

где $n$ — частота вращения, мин; $\omega$ — угловая скорость.

Для козловых кранов проверяется устойчивость вдоль и поперек подкрановых путей (см. рис. 16.15).

Запас $K_1$ грузовой устойчивости в направлении *вдоль* подкранового пути определяется из выражения

$$K_1 = \frac{(G_{кр} + G_{гр} + G_т) \cdot B/2}{P_{кр}h_{кр} + (P_т + P_{гр})h_т + W_в h_в} \geqslant 1{,}15,$$

где $G_{гр}$, $G_{кр}$, $G_т$ — соответственно, вес номинального груза, крана и тележки; $P_{гр}$, $P_{кр}$, $P_т$ — силы инерции груза, крана и тележки при торможении крана; $W_в$ — суммарная ветровая нагрузка; $B$ — база крана; $h_{кр}$, $h_т$, $h_в$ — соответственно, тяги действия сил инерции крана, тележки с грузом и ветра.

Запас $K_2$ грузовой устойчивости *поперек* пути равен:

$$K_2 = \frac{G_{кр} \cdot L/2 - (P'_т + P'_{гр})h_т - W'_в h'_в}{(G_т + G_{гр})l} \geqslant 1{,}4,$$

где $P'_т$ и $P'_{гр}$ — соответственно, силы инерции тележки и груза при экстремальном торможении тележки; $W'_в$ — ветровая нагрузка, действующая в направлении, перпендикулярном оси рельсов.

## УСТРОЙСТВА БЕЗОПАСНОСТИ НА ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИНАХ

Для предупреждения аварий подъемно-транспортные машины (ПТМ) снабжают ограждениями, устройствами безопасности и сигнализаторами.

**Ограждения.** Легкодоступные, находящиеся в движении части ПТМ могут являться причиной несчастного случая, поэтому они должны быть закрыты прочно укрепленными металлическими съемными ограждениями, допускающими осмотр и смазку.

Обязательному ограждению подлежат:

1) зубчатые, цепные, червячные передачи;

2) валы механизмов ПТМ, расположенные в доступных местах;

3) соединительные муфты, расположенные в местах прохода;

4) барабаны, расположенные вблизи рабочего места крановщика или прохода;

5) ходовые колеса кранов (за исключением ПТМ на железнодорожном ходу) и тележек;

6) голые токоведущие части электрооборудования.

**Устройства безопасности.** Все устройства безопасности ПТМ можно подразделить на устройства, отвечающие за весовые и нагрузочные характеристики, и устройства, отвечающие за передвижение груза.

К первой группе устройств можно отнести тормоза и остановы, ограничители грузоподъемности и грузового момента, противоугонные устройства. Ко второй группе — ограничители высоты подъема крюка, ограничители пути, буферные устройства, ограничители подъема стрелы.

*Тормоза.* Они могут быть подразделены:

1) по назначению — на стопорные (останавливающие механизм) и спускные (ограничивающие скорость подъема-опускания в определенных пределах);

2) по конструктивному исполнению рабочих элементов — на колодочные, ленточные, дисковые, конусные;

3) по принципу действия — на автоматические (замыкающиеся при отключении двигателя механизма) и управляемые (замыкание которых производится при воздействии на орган управления тормозом).

В механизмах подъема кранов, как правило, используются колодочные стопорные тормоза. Схема колодочного тормоза представлена на рисунке 16.16.

Замыкающая сила $P$ создается усилием главной пружины тормоза. Эта сила создает нажатие колодки на тормозной шкив, возникает сила трения $F_{тр}$: $F_{тр} = fN$, противодействующая вращению тормозного шкива.

Тормозной момент:

$$M_т = f \cdot \frac{D_т}{2}(N_1 + N_2),$$

где $D_т$ — диаметр шкива; $N_1$, $N_2$ — усилия нажатия колодок на шкив.

**Рис. 16.16**

*Схема колодочного тормоза:*

*1* — тормозной шкив; *2* — колодки; *3* — рычаги.

Для ориентировочных расчетов можно считать $N_1 = N_2 = N$. Тогда необходимое усилие нажатия колодки на шкив $N$ может быть определено по выражению

$$N = \frac{2M_т}{fD_т}.$$

Необходимая величина $P$ находится из условия равновесия рычага относительно оси вращения:

$$P = N\frac{l_1 \pm fb}{l}.$$

Исходя из этого подбирается пружина тормоза.

Величина $b$ (рис. 16.16) увеличивает изгибающий момент на тормозном валу. Современные тормоза имеют прямые рычаги, при этом

$$M_т = fPD\frac{l}{l_1}\eta,$$

где η — КПД рычажной системы.

По величине $M_т$ подбирают тормоз.

*Остановы.* Эти устройства используют для удержания груза на весу. Простейшие из них — храповые, роликовые, эксцентриковые. Необходимо устанавливать их на быстроходном валу привода. Иногда их устанавливают на быстроходном валу барабана (рис. 16.17).

**Рис. 16.17**
*Схема останова механизма подъема:*
*1* — храповое колесо; *2* — барабан; *3* — собачка; *4* — груз.

*Ограничители грузоподъемности (ОГП) и грузового момента (ОГМ).* Они используются для автоматического отключения механизмов подъема и изменения вылета стрелы в случае подъема груза свыше $1{,}1Q$, а для судовых и плавучих кранов — свыше $1{,}25Q$ ($Q$ — грузоподъемность крана при данном вылете стрелы). ОГП используют, как правило, на мостовых кранах, ОГМ — на стреловых.

Конструкции ОГП и ОГМ разнообразны и различаются:

1) по числу параметров, при недопустимом увеличении которых ограничитель срабатывает; предусмотрен один параметр для ОГП (вес) и два-три для ОГМ (вес, вылет и т. п.);

2) по способу сравнения фактических параметров с предельными; существуют механические, электрические, электронные способы.

**Рис. 16.18**
*Схема рычажного ограничителя грузоподъемности ПГМ:*

*А* — блок полиспаста; *1* — рычаг; *2* — пружины; *3* — концевые выключатели; *Р* — усилие пакета пружин.

Простейшие ОГП и ОГМ — рычажные (рис. 16.18). Они срабатывают при повороте рычага *1* вокруг шарнира *О* под действием усилия *N* на блок *А*, установленный на рычагах, от натяжения *S* грузовых канатов (при предельном весе).

Условие равновесия рычага *1*: $Na = Pb$.

При увеличении *N* возрастает *P*, срабатывает концевой выключатель *3* и механизм останавливается.

*Противоугонные устройства.* Краны, передвигающиеся по рельсам на открытом воздухе, необходимо оборудовать противоугонными устройствами (ПУ) от ветровой нагрузки.

Можно выделить следующие виды ПУ:

1) фиксаторы, соединяющие кран с подкрановым основанием;

2) остановы, удерживающие ходовые колеса или рамы тележек;

3) рельсовые захваты, зажимающие головку рельса.

Привод ПУ может быть ручным, полуавтоматическим, автоматическим. Противоугонными устройствами укомплектовывают башенные, портальные, козловые краны и мостовые перегружатели.

*Фиксаторы* в простейшем случае имеют вид закладных пальцев (рис. 16.19).

*Остановы* — крановые механизмы, устанавливающиеся на холостых колесах.

**Рис. 16.19**
*Схема фиксатора*

**Рис. 16.20**
*Схема захвата с грузовым клином*

**Рис. 16.21**
*Кинематическая схема шпиндельного выключателя:*

*1* — винт-шпиндель; *2* — гайка; *3* — зубчатая передача; *4, 5* — контакты; *6* — рукоятка.

*Рельсовые захваты* — наиболее распространенные типы ПУ. Конструкция рельсового захвата должна допускать закрепление крана на всем пути перемещения. Клещевые захваты имеют ручной или машинный привод (рис. 16.20).

*Ограничители высоты подъема крюка, пути, буферные устройства.* Механизмы подъема с электроприводом снабжают концевыми выключателями, автоматически выключающими ток при подходе к крайнему верхнему (или нижнему) положениям. Концевой выключатель механизма подъема устанавливают так, что после остановки грузозахватного устройства (ГЗУ) при подъеме без груза зазор между ГЗУ и упором должен быть не менее 200 мм. При одностороннем ограничении хода применяют рычажные или кнопочные конечные выключатели. При достижении ГЗУ крайнего положения происходит разрыв цепи управления, отключение электротока и замыкание тормоза. Электрическая схема предусматривает пуск только в обратном направлении. При ограничении хода в обоих направлениях применяют шпиндельный выключатель (рис. 16.21).

Передача винт–гайка подобрана так, чтобы за время перемещения ГЗУ от крайнего верхнего до крайнего нижнего положения гайка перешла по шпинделю от одного крайнего положения в другое.

*Буферные устройства.* На концах рельсовых путей кранов (тележек) устанавливают буферные устройства (рис. 16.22). Их делают

**Рис. 16.22**
*Схема пружинного буфера*

**Рис. 16.23**
*Ограничители подъема стрелы крана:*
*а* — с упором на стреле; *б* — с гибкой тягой.

в виде пружин, гидравлических устройств, резиновых подушек (при малой массе крана).

*Ограничители подъема стрелы.* В стреловых кранах при работе на малых вылетах крюка стрела может занимать положение, близкое к вертикальному. В этом случае под действием отрицательных импульсов она может откинуться назад, что вызовет поломку стрелы и опрокидывание крана в сторону противовеса. Для предотвращения этого применяют упоры на стреле и гибкие тяги (см. рис. 16.23).

## РЕГИСТРАЦИЯ, ТЕХНИЧЕСКОЕ ОСВИДЕТЕЛЬСТВОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЕ ПТО И ГЗУ

Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов распространяются на краны всех типов, грузовые электрические тележки, передвигающиеся по надземным рельсовым путям; электрические и ручные тали и лебедки, предназначенные для подъема груза и людей; экскаваторы, предназначенные для работы с крюком, грейфером или электромагнитом в тех случаях, когда стрела, а также крюк или грейфер подвешены на канате; сменные грузозахватные органы (грейферы, грузоподъемные электромагниты); съемные грузозахватные приспособления (стропы, клещи, захваты, траверсы), навешиваемые на крюк грузоподъемной машины.

Регистрации в органах Ростехнадзора до пуска в работу подлежат краны всех типов, за исключением кранов с ручным приводом. В органах Ростехнадзора регистрируются также экскаваторы, предназначенные для работ с крюком, и грузовые электрические тележки с кабиной управления, передвигающиеся по надземным рельсовым путям. Не подлежат регистрации в органах надзора:

1) краны мостового типа и передвижные или поворотные консольные грузоподъемностью до 10 т включительно, управляемые с пола кнопочным аппаратом или со стационарно установленного пульта;

2) стреловые и башенные краны, рассчитанные на грузоподъемность до 1 т включительно;

3) стреловые краны, рассчитанные на работу с постоянным вылетом и не снабженные механизмом поворота или передвижения;

4) переставные краны для монтажа мачт, башен, труб, устанавливаемые на монтируемом сооружении.

Регистрация производится по письменному заявлению руководства предприятия-владельца ПТМ и паспорту машины. Грузоподъемные машины подлежат перерегистрации после проведения реконструкции машины; после ремонта, если на машину выдан новый паспорт; после

передачи машины другому владельцу; после перестановки мостового, козлового, башенного и портального крана на новое место.

ПТМ и ГЗУ, не подлежащие регистрации в органах надзора, снабжают индивидуальным номером, под которым их записывают в журнал учета грузоподъемных машин и съемных ГЗУ.

ПТМ, находящиеся в работе, на которые распространяются правила Госгортехнадзора, должны подвергаться техническому освидетельствованию. Частичное техническое освидетельствование осуществляется через каждые 12 месяцев, полное — 1 раз в 3 года. Цель технического освидетельствования — выявление неисправностей. Для этого ПТМ осматривают, проверяют в работе ее механизмы и электрооборудование, приборы безопасности, тормоза, органы и аппараты управления, проверяют освещение, сигнализацию, габарит.

Кроме того, проверяют состояние металлоконструкции машины, сварные швы, состояние кабин, лестниц, отсутствие деформаций, состояние крюка, деталей подвески, канатов.

Износ крюка в зеве не должен превышать 10% первоначальной высоты сечения. Канаты выбраковываются в соответствии с Правилами Ростехнадзора. После осмотра ПТМ подвергают статическому и динамическому испытанию.

*Статическое испытание* применяют для проверки прочности отдельных элементов ПТМ. Оно проводится нагрузкой, на 25% превышающей грузоподъемность машины. Кран устанавливают над опорами подкрановых путей, а его тележку (тележки) — в положение, отвечающее наибольшему прогибу. Груз захватывается крюком и поднимается на высоту не более 200...300 мм с последующей выдержкой в течение 10 мин. Затем груз опускается и проверяют отсутствие остаточной деформации металлоконструкций крана.

*Динамическое испытание* производится грузом, на 10% превышающим грузоподъемность машины для проверки действия механизмов и тормозов. Динамическое испытание допускает повторный подъем и опускание груза при различных положениях тележки (стрелы). При этом проверяют действие всех других механизмов грузоподъемной машины.

Большое значение для обеспечения безопасности работы подъемно-транспортных машин имеет выполнение основных требований при проведении такелажных работ:

1) при кантовании груза необходимо использовать специальные устройства — рым-болты, проушины;

2) центр тяжести поднимаемого груза должен находиться в середине между захватами стропа;

3) строповочные канаты необходимо располагать на поднимаемом грузе равномерно без узлов и перекруток;

4) строповочный трос следует отделять от острых кромок и ребер груза прокладками (досками, резиной и т. д.);

5) сплетение грузовых канатов не допускается;

6) при проведении такелажных работ должна применяться оперативная сигнализация.

Лебедки с ручным приводом снабжаются безопасными рукоятками. При этом скорость опускания не должна превышать 20 м/мин. Лебедка с электрическим приводом должна иметь колодочный тормоз, автоматически действующий при отключении двигателя.

При подъеме груза, расположенного вблизи стены или оборудования, не допускается нахождение стропаля между поднимаемым грузом и стеной или оборудованием. Опускать перемещаемый груз следует на заранее подготовленное место, на котором исключается возможность падения, опрокидывания или сползания груза. На место установки груза следует предварительно уложить подкладки, для того чтобы стропы могли быть легко извлечены из-под груза. Не разрешается опускать груз на автомашины или полувагоны, а также поднимать его при нахождении там людей. Установка и работа стрелового крана на расстоянии ближе 30 м к линии электропередачи или воздушной электрической сети может выполняться только по наряду-допуску.

Лицо, ответственное за безопасную эксплуатацию кранов, должно выбрать для работы автомобильных, пневмоколесных, гусеничных кранов площадку с утрамбованным грунтом и уклоном не более указанного в паспорте.

Применяемые на предприятиях в качестве подъемников грузовые, грузопассажирские и пассажирские лифты, как вновь устанавливаемые, так и прошедшие капитальное переустройство, могут вводиться в эксплуатацию лишь после освидетельствования и испытания их инспекторами Ростехнадзора.

Согласно «Правилам устройства и безопасной эксплуатации лифтов», лифты подвергаются статическим (превышение предельно допустимой рабочей нагрузки в 1,5 раза) и динамическим (груз на 10% превышает предельную рабочую нагрузку) испытаниям.

Грузовые лифты без проводников оборудуются приборами управления, размещенными на площадке одного из этажей, а связь поста управления с другими этажами осуществляется системой звуковой или световой сигнализации. Проезд людей в грузовых лифтах категорически запрещается.

К обслуживанию лифтов допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медосмотр, производственное обучение и проверку знаний и практических навыков специальной квалификационной комиссией.

**Практические советы при эксплуатации грузоподъемного оборудования.** Безопасность людей при работе грузоподъемного оборудования проще обеспечить, если:

1) груз хорошо виден;

2) подъемное оборудование и машины регулярно проверяются;

3) контрольное и другое оборудование по обеспечению безопасности находится в хорошем рабочем состоянии;

4) под движущимися грузами не производится никакой работы;

5) устройство для аварийного останова содержится в порядке;

6) грузы крепко закреплены на крюке подъемного оборудования;

7) операторы подъемного оборудования хорошо обучены;

8) рабочие, занятые подъемом грузов, а также работой с кранами, обеспечены защитным оборудованием, включая шлемы, обувь, перчатки.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие потенциальные опасности возникают при эксплуатации подъемно-транспортного оборудования?
2. Какой принцип обеспечения безопасности реализуется при расчете грузовых канатов? Какой при этом применяется коэффициент запаса?
3. Какими расчетами определяется устойчивость кранов?
4. Какими устройствами обеспечиваются подъемно-транспортные машины для предупреждения аварий?
5. Какие части ПТМ подлежат обязательному ограждению?
6. Какие типы тормозов применяются для безопасности эксплуатации ПТМ?
7. Что представляют собой конструктивно остановы?
8. Как действуют ограничители грузоподъемности?
9. Какими видами противоугонных устройств оборудуются краны?
10. Какими бывают буферные устройства?
11. В каких ситуациях и для чего служат ограничители подъема стрелы?
12. Как происходит регистрация грузоподъемных кранов в органах Ростехнадзора?
13. Какое крановое оборудование не подлежит регистрации в органах надзора?
14. В каких случаях грузоподъемные машины подлежат перерегистрации?
15. Что входит в регламент технического освидетельствования?
16. Как проводятся статические и динамические испытания элементов ПТМ?

ГЛАВА 17

# ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

*В минуту жизни трудную...*
М. Ю. Лермонтов

## § 17.1. ПРЕДМЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ

С техникой безопасности органически сопряжена относительно новая область знаний, получившая название *промышленная безопасность*. Формирование промышленной безопасности как специфической области знаний связано с усиливающимся развитием промышленности как сферы деятельности.

Промышленность как сфера деятельности характеризуется огромными запасами различных видов энергии, использованием больших объемов химических веществ, высоких давлений, температур, скоростей, массивных, крупногабаритных сооружений и других объектов, представляющих потенциальную опасность.

Внезапное неконтролируемое высвобождение энергии, происходящее, как правило, из-за труднопредсказуемых причин, может привести к чрезвычайным событиям, которые называются *авариями*.

Академик РАН Герой России В. А. Легасов определил аварию как «процесс разрушительного высвобождения энергозапаса промышленного предприятия, при котором сырье, промежуточные продукты, продукция предприятия и отходы производства, технологическое оборудование, вовлекаясь в аварийный процесс, создают поражающие факторы для населения, окружающей среды, самого предприятия и соседних промышленных объектов».

Аварии, повлекшие за собой жертвы, приносящие значительный материальный ущерб, называют *крупными авариями*, или *катастрофами*. Директива Совета Европейских сообществ определяет крупную аварию как событие, при котором происходит утечка (выброс) в больших количествах опасных химических веществ, большой пожар или взрыв, являющиеся следствием непредсказуемых обстоятельств, возникающих в процессе той или иной производственной деятельности и

представляющих серьезную опасность для человека как на территории предприятия, так и вне ее, а также могущих привести к дестабилизации окружающей среды.

Из приведенных определений следует, в частности, что аварии и катастрофы — это такие события, которые могут порождать чрезвычайные ситуации (ЧС). Однако не следует отождествлять эти понятия.

Приведем несколько примеров крупных аварий, которые произошли в XX в. и привели к чрезвычайным ситуациям.

На химическом заводе в г. Севезо (Италия) в 1976 г. произошел выброс супертоксиканта диоксина, которым была заражена огромная территория. В результате этой аварии пострадало 30 человек и около 220 тыс. жителей окрестных деревень пришлось эвакуировать.

В 1974 г. в г. Фликсборо (Англия) на заводе фирмы «Нипро» произошел взрыв циклогексана. От взрыва пострадали здания и сооружения в радиусе нескольких километров, погибли люди.

В 1984 г. на заводе американской фирмы «Юнион Карбайд» в г. Бхопал (Индия) в атмосферу в результате аварии было выброшено свыше 40 тонн метилизоцианата. Погибло более 2000 человек и более 100 тыс. человек получили повреждения здоровья различной тяжести.

Крупная авария произошла на Чернобыльской АЭС в 1986 г., она повлекла за собой человеческие жертвы, заболевания многих людей и огромный ущерб окружающей среде. При этом чрезвычайная ситуация носила трансграничный характер, так как затронула территории соседних государств. К сожалению, перечень примеров крупных аварий можно продолжать.

С точки зрения безопасности для объектов промышленности характерно наличие высоких рисков.

Напомним, что под риском понимается количественная оценка опасностей, которая учитывает: 1) вероятность (частоту) возможных аварий и 2) потенциальный ущерб.

Высокорисковый характер объектов промышленности диктует необходимость проявления особого внимания к вопросам обеспечения безопасности этих объектов.

Поэтому возникла объективная необходимость научной и практической разработки мер, связанных с предупреждением и ликвидацией аварий. Эта область знаний и получила название «промышленная безопасность».

Предметом промышленной безопасности как сферы научной и практической деятельности является изучение потенциальных

опасностей на производственных объектах с целью предотвращения аварий.

Специфический характер вопросов промышленной безопасности предопределил создание специализированного органа, занимающегося этими вопросами — Ростехнадзора Российской Федерации. Начало деятельности этого органа относится к временам Петра I (1719 г.). В 1997 г. принят Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», который закрепил и конкретизировал правовые основы промышленной безопасности.

Практические и теоретические вопросы промышленной безопасности освещает журнал «Безопасность труда в промышленности» («БТП»).

Можно сформулировать такие определения ПБ: промышленная безопасность — это раздел безопасности деятельности, в котором изучаются опасные производственные объекты (ОПО) и разрабатываются мероприятия по предупреждению аварий и защите от них людей; промышленная безопасность — это часть техники безопасности, подконтрольная Ростехнадзору.

ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 г. № 116-ФЗ определяет правовые, экономические, организационные и социальные основы обеспечения безопасной эксплуатации опасных производственных объектов.

Закон направлен на предупреждение аварий и обеспечение готовности предприятий к локализации и ликвидации последствий аварий.

В законе даны следующие определения:

*промышленная безопасность* опасных производственных объектов — состояние защищенности жизненно важных интересов личности и общества от аварии на опасных производственных объектах и последствий указанных аварий;

*авария* — разрушение сооружений и (или) технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, неконтролируемые взрыв и (или) выброс опасных веществ;

*инцидент* — отказ или повреждение технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, отклонение от режима технологического процесса, нарушение положений настоящего Федерального закона, других федеральных законов и иных нормативных правовых актов Российской Федерации, а также нормативных технических документов, устанавливающих правила ведения работ на опасном производственном объекте.

Как известно из теории безопасности, все объекты деятельности являются потенциально опасными и различаются лишь уровнем или величиной опасности.

Что же в таком случае представляют «опасные производственные объекты», которые вынесены в заглавие ФЗ? В самом законе определения понятия ОПО нет. В приложении 1 к закону указаны объекты, относящиеся к ОПО. В этом приложении ОПО разделены на 5 групп.

К категории опасных производственных объектов закон относит объекты, на которых:

1) получаются, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются опасные вещества (в указанном приложении перечисляются свойства и количества веществ);

2) используется оборудование, работающее под давлением более 0,07 МПа или при температуре нагрева воды более 115°С;

3) используются стационарно установленные грузоподъемные механизмы, эскалаторы, канатные дороги, фуникулеры;

4) получаются расплавы черных и цветных металлов и сплавы на основе этих расплавов;

5) ведутся горные работы, работы по обогащению полезных ископаемых, а также работы в подземных условиях.

Из рассмотрения перечисленных в Законе ОПО можно сделать вывод о том, что к ОПО относятся объекты повышенной опасности, то есть слово «опасность» является синонимом слов «чрезмерный, большой».

Закон предусматривает регистрацию ОПО, лицензирование деятельности, сертификацию технических устройств, экспертизу, декларирование, страхование ответственности, расследование и учет аварий и инцидентов.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте определение аварии.
2. Чем отличаются катастрофы (крупные аварии) от аварий? Как трактует понятие «крупная авария» Директива Совета Европейских сообществ?
3. Приведите примеры крупных аварий, которые привели к чрезвычайным ситуациям.
4. Как можно определить промышленную безопасность? Что является предметом промышленной безопасности?
5. Дайте определения основных понятий промышленной безопасности в соответствии с Федеральным законом «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
6. Какие объекты относятся к категории опасных производственных объектов (ОПО)?

## § 17.2. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Специально уполномоченным органом в области промышленной безопасности, осуществляющим государственную политику в этой сфере, нормативное регулирование, разрешительные, контрольные и надзорные функции, является Ростехнадзор РФ. Началом деятельности этого органа считается 1719 г., когда по указу Петра I в России была создана Берг-Коллегия.

### РЕГИСТРАЦИЯ ОПО

ОПО подлежат регистрации в государственном реестре.

Регистрация заключается в занесении в банк данных сведений об ОПО, присвоении ему регистрационного номера и выдаче свидетельства о регистрации эксплуатирующей его организации.

Если на предприятии эксплуатируется несколько объектов и лишь один из них обладает признаками опасности, то в качестве опасного следует рассматривать этот объект, а не предприятие в целом.

Регистрация должна проводиться не позднее 20 дней с начала эксплуатации объекта. Перерегистрация ОПО проходит не реже одного раза в 5 лет.

### ЛИЦЕНЗИРОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Все виды деятельности в области промышленной безопасности (проектирование, строительство, эксплуатация, реконструкция, проведение экспертизы, подготовка работников и др.) могут осуществлять только организации, имеющие соответствующие лицензии.

*Лицензия* — это разрешение (право) на осуществление лицензируемого вида деятельности при обязательном соблюдении лицензионных требований и условий, выданное лицензирующим органом.

Лицензии выдаются Ростехнадзором и его территориальными органами.

### СЕРТИФИКАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

Технические устройства, применяемые на ОПО, подлежат сертификации.

*Сертификация* — это процесс и правила проведения работ, в результате которых выдается сертификат. Сертификацию проводят аккредитованные организации.

*Сертификат* — это документ, удостоверяющий соответствие рассматриваемого объекта требованиям промышленной безопасности.

Перечислим основные классы технических устройств, разрешение на изготовление и применение которых выдает Ростехнадзор («БТП», № 2, 1999).

1. Оборудование подъемно-транспортное: грузоподъемные краны, подъемники (вышки), лифты, эскалаторы, конвейеры пассажирские, дороги канатные и др.

2. Котельное оборудование, трубопроводы пара и горячей воды, оборудование, работающее под давлением более 0,7 кгс/см$^2$ (0,07МПа).

3. Взрывозащищенное и рудничное электрооборудование.

4. Технические устройства для горнодобывающих и горно-обогатительных производств и подземных объектов, не связанных с добычей полезных ископаемых.

5. Оборудование и приборы, используемые при выполнении взрывных работ в промышленных целях.

6. Газовое оборудование котлов, технологических линий и агрегатов, газогорелочные устройства, емкостные и проточные водонагреватели.

7. Технические устройства для нефтегазодобывающих производств: оборудование нефтегазопромысловое, газоперерабатывающее, буровое; оборудование для геологоразведочных и геофизических работ; оборудование для магистрального трубопроводного транспорта.

8. Технические устройства, применяемые на опасных производственных объектах химических, нефтехимических, нефтеперерабатывающих и других производств, работающие с взрывопожароопасными, токсичными, агрессивными средами, в том числе емкостное, реакторное, машинное, криогенное, холодильное, электролизное, массообменное, теплообменное, фильтрующее, размольное, сушильное и смесительное оборудование, печи, резервуары; системы и средства противоаварийной защиты, сигнализации и контроля, приборы и другое оборудование, поставляемое как отдельно, так и комплектно, включая составные части и узлы.

9. Технические устройства для опасных производственных объектов по хранению и переработке зерна.

10. Оборудование для черной и цветной металлургии опасных производственных объектов (доменное, коксовое, сталеплавильное, технологическое для цветной металлургии; агрегаты сталеплавильные, вакуумирования и рафинирования стали; машины непрерывного литья для стали и полунепрерывного литья цветных металлов, оборудование к ним; агрегаты трубопрокатные и для алюминиевой и медной катанок, станы обжимные, заготовочные, сталепрокатные и листопрокатные).

11. Электропечи, электропечные установки и устройства, где получаются расплавы черных и цветных металлов и сплавы на основе этих расплавов (электропечи и агрегаты электропечные индукционные;

установки и устройства индукционные нагревательные; электропечи дуговые и рудно-термические; электропечи и установки сопротивления; электропечи плавильные и нагревательные).

12. Оборудование для плавки чугуна.

13. Средства газозащитной дыхательной аппаратуры (изолирующие респираторы, воздушные аппараты, изолирующие и фильтрующие самоспасатели), приборы газового контроля, технические устройства, в том числе специальные защитные костюмы для ликвидации аварийных ситуаций.

14. Приборы и средства автоматизации, применяемые на опасных производственных объектах (приборы контроля и регулирования технологических процессов, программно-технические комплексы для автоматизированных систем, машины и приборы для измерения механических величин; приборы автоматики безопасности; регуляторы давления, счетчики, газоанализаторы).

15. Насосы жидкостные и вакуумные, насосные агрегаты, компрессоры воздушные и газовые; части к ним.

16. Цистерны, контейнеры специализированные и баллоны для сжиженных газов, взрывопожароопасных и токсичных сред.

17. Трубопроводы и их узлы: стальные, из цветных металлов и сплавов, неметаллических материалов — для опасных производственных объектов.

18. Электросварочное оборудование, используемое на опасных производственных объектах.

19. Арматура для технических устройств, применяемых на опасных производственных объектах.

## ЭКСПЕРТИЗА ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В процессе эксплуатации технические устройства подлежат экспертизе промышленной безопасности.

*Экспертиза* — это оценка соответствия рассматриваемого объекта предъявляемым к нему требованиям промышленной безопасности.

Экспертизе подлежат: 1) любая проектная документация, относящаяся к ОПО; 2) технические устройства, применяемые на ОПО; 3) здания и сооружения на ОПО; 4) декларация промышленной безопасности и иные документы, связанные с эксплуатацией ОПО.

Экспертизу проводят организации, имеющие лицензии.

Результатом экспертизы является заключение — документ, содержащий обоснованные выводы о соответствии или несоответствии объекта экспертизы требованиям безопасности.

## ДЕКЛАРАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

*Декларация* — это документ, в котором представлены результаты всесторонней оценки риска аварии, анализа достаточности принятых мер по предупреждению аварий и по обеспечению готовности организации к эксплуатации ОПО в соответствии с нормами и правилами промышленной безопасности, а также к локализации и ликвидации последствий аварий.

Обязательность разработки деклараций промышленной безопасности установлена для опасных производственных объектов, на которых

*Таблица 17.1*

**Количества опасных веществ, наличие которых на ОПО является основанием для обязательной разработки декларации промышленной безопасности**

| Опасное вещество | Количество, т |
|---|---|
| Аммиак | 500 |
| Нитрат аммония* | 2500 |
| Нитрат аммония в форме удобрений** | 10 000 |
| Акрилонитрил | 200 |
| Хлор | 25 |
| Оксид этилена | 50 |
| Цианистый водород | 20 |
| Фтористый водород | 50 |
| Сернистый водород | 50 |
| Диоксид серы | 250 |
| Триоксид серы | 75 |
| Алкилы | 50 |
| Фосген | 0,75 |
| Метилизоцианат | 0,15 |
| Воспламеняющиеся газы | 200 |
| Горючие жидкости, находящиеся на товарно-сырьевых складах и базах | 50 000 |
| Горючие жидкости, используемые в технологическом процессе или транспортируемые по магистральному трубопроводу | 200 |
| Токсичные вещества | 200 |
| Высокотоксичные вещества | 20 |
| Окисляющие вещества | 200 |
| Взрывчатые вещества | 50 |
| Вещества, представляющие опасность для окружающей природной среды | 200 |

*Примечания.* * нитрат аммония и смеси аммония, в которых содержание азота из нитрата аммония составляет более 28% массы, а также водные растворы нитрата аммония, в которых концентрация нитрата аммония превышает 90% массы; ** простые удобрения на основе нитрата аммония, а также сложные удобрения, в которых содержание азота из нитрата аммония составляет более 28% массы, сложные удобрения содержат нитрат аммония вместе с фосфатом или калием.

получаются, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются вещества в количествах, указанных в законе (табл. 17.1).

Декларацию промышленной безопасности представляют органам государственной власти, органам местного самоуправления, общественным объединениям и гражданам в соответствии с правилами, утвержденными Постановлением Правительства РФ от 11.05.1999 № 526.

### СТРАХОВАНИЕ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЗА ПРИЧИНЕНИЕ ВРЕДА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОПО

Организация, эксплуатирующая опасный производственный объект, обязана страховать ответственность за причинение вреда жизни, здоровью или имуществу других лиц и окружающей природной среде в случае аварии на этом объекте.

В соответствии с Федеральным законом № 225-ФЗ от 27.07.2010 (ред. от 04.11.2014), если предусмотрена обязательная разработка декларации профессиональной безопасности на опасном объекте, то действует специальная система страхования в зависимости от максимального количества пострадавших в результате аварий человек: если могут пострадать более 3 тыс. человек, то страховая сумма равна 6,5 млрд рублей; если количество пострадавших 10 и менее человек, то страховая сумма равна 10 млн рублей.

Если разработка декларации профессиональной безопасности не предусмотрена, то страховая сумма определяется в зависимости от типа опасных объектов: нефтеперерабатывающие, нефтехимические и химические предприятия — 50 млн рублей; сети газоснабжения и газопотребления — 25 млн рублей; прочие, иные объекты — 10 млн рублей.

Страхование ответственности является согласно Закону обязательным. Обязательным условием принятия решения о строительстве, расширении, реконструкции или ликвидации ОПО является наличие положительного заключения экспертизы. Отклонения от проектной документации в процессе строительства, реконструкции или других стадий также подлежат экспертизе. Организация, разработавшая проектную документацию, на всех стадиях жизненного цикла производства осуществляет авторский надзор.

### ОБЯЗАННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ, ЭКСПЛУАТИРУЮЩЕЙ ОПО

Организация, эксплуатирующая ОПО, должна: 1) иметь лицензию на эксплуатацию; 2) проводить обучение и аттестацию работников; 3) разрабатывать декларацию промышленной безопасности; 4) заключать договор страхования риска ответственности за причинение вреда

при эксплуатации; 5) вести учет аварий и инцидентов; 6) планировать и осуществлять мероприятия по локализации и ликвидации последствий аварий; 7) заключать с профессиональными аварийно-спасательными службами договоры на обслуживание; 8) обеспечивать производственный контроль за соблюдением промышленной безопасности; 9) проводить техническое расследование причин аварий специальной комиссией.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что представляет собой регистрация ОПО?
2. Что является предметом лицензирования в промышленной безопасности?
3. Какие технические устройства, подконтрольные Ростехнадзору, подлежат сертификации?
4. Что такое экспертиза промышленной безопасности и что подлежит экспертизе?
5. Для каких ОПО является обязательной разработка декларации промышленной безопасности?
6. Каков минимальный размер страховой ответственности в зависимости от количества опасных веществ?
7. Каковы обязанности организации, эксплуатирующей ОПО?

## § 17.3. ТЕХНИЧЕСКОЕ РАССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН АВАРИИ НА ОПО

По каждому факту возникновения аварии на ОПО проводится техническое расследование ее причин.

Цель технического расследования — установление обстоятельств и причин аварии, размера вреда и разработка профилактических мер.

Техническое расследование причин аварий проводится специальной комиссией (ведомственной или государственной).

Результаты расследования оформляются актом. Порядок технического расследования регламентируется соответствующим положением Федерального горного и промышленного надзора России от 8.06.1999 г. № 40.

Организация должна: сохранять обстановку на месте аварии до начала расследования, проводить мероприятия по локализации и ликвидации последствий аварии, принимать меры по защите людей и окружающей среды, участвовать в расследовании аварий и устранять причины аварий.

В ходе расследования комиссия проводит осмотр, фотографирование, составление схем и эскизов места аварии, опрашивает очевидцев, получает письменные объяснения от должностных лиц, выясняет все обстоятельства, предшествовавшие аварии, проверяет

качество проектных решений и соответствие им объекта, устанавливает наличие и исправность средств защиты, квалификацию персонала, определяет допущенные нарушения и причины, предлагает меры по устранению и предупреждению подобных аварий в будущем, определяет размер причиненного вреда и ущерб окружающей природной среде.

На расследование и составление акта об аварии отводится 10 дней. Экономический ущерб от аварии рассчитывается по утвержденным методикам. Расследование несчастных случаев, происшедших в результате аварии, проводится в соответствии с Трудовым кодексом РФ и соответствующими положениями.

Несчастные случаи, происшедшие с третьими лицами, не связанными трудовыми отношениями с организацией, на которой произошла авария, также расследуются в процессе анализа аварии.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что является целью технического расследования аварии на ОПО?
2. Кто проводит техническое расследование причин аварии?
3. Каковы действия организации, в которой произошла авария?
4. Каковы действия комиссии в процессе расследования?

## § 17.4. МЕЖДУНАРОДНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

Аварии на ОПО происходят во всех промышленно развитых странах. О некоторых авариях было сказано в начале этой главы. После катастрофы в г. Севезо в 1976 г. правила и инструкции по предупреждению крупных аварий, действующие в различных странах, были объединены в Директиве ЕС, которую кратко называют «Директивой Севезо». Она вступила в действие в 1984 г.

В 1987 г. Программой ООН по окружающей среде (ЮНЕП) подготовлено пособие по осведомленности и подготовленности к ЧС на местном уровне, получившее сокращенное название АПЕЛЛ. В этом пособии подчеркивается роль общественности и трипартизма (власть–руководители промышленности–представители общественности) в предупреждении и ликвидации аварий.

Таким образом, предметом изучения промышленной безопасности являются те же объекты, которые рассматриваются в технике безопасности. Однако в промышленной безопасности изучаемые объекты отличаются повышенной опасностью, которая реализуется в виде аварий. Опыт расследования и ликвидации аварий обобщен в международном практическом руководстве «Предупреждение крупных аварий».

ГЛАВА 18

# ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

*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

Согласно закону «О пожарной безопасности» от 21.12.1994 г. № 69-ФЗ, *пожарная безопасность* — это состояние защищенности личности, имущества, общества и государства от пожаров, а *пожар* — неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства.

*Пожарная охрана* — система органов управления, сил и средств, предназначенных для предупреждения и тушения пожаров.

Пожарная охрана подразделяется на следующие виды:

1) государственная противопожарная служба;

2) ведомственная пожарная охрана;

3) добровольная пожарная охрана;

4) объединения пожарной охраны (ассоциации, союзы, фонды и др.).

Одна из основных функций государственной противопожарной службы — государственный пожарный надзор.

В пожарной безопасности различают две группы мероприятий: профилактика пожаров и тушение пожаров.

Пожарная безопасность решает 4 задачи:

1. Предупреждение (профилактика) пожаров.

2. Локализация и снижение ущерба от возникших пожаров.

3. Защита людей и материальных ценностей.

4. Тушение пожаров.

К профилактическим относятся мероприятия, реализуемые на стадии проектирования и предусмотренные законами и нормативными правовыми актами. Несмотря на принимаемые меры, пожары представляют серьезную опасность. Ежегодно в результате пожаров погибают тысячи человек, обществу наносится ощутимый моральный и материальный ущерб.

## § 18.1. ГОРЕНИЕ

В обычных условиях горение представляет собой процесс соединения горючего вещества с кислородом воздуха, сопровождающийся выделением тепла и света. Для процесса горения необходимы: горючее вещество, окислитель (обычно кислород воздуха) и источник поджигания (импульс).

Горение становится невозможным, если исключить какое-либо из этих условий. Закономерности горения используются в технике тушения пожаров. Процесс горения зависит от ряда других условий. Например, импульс должен обладать определенным запасом энергии и иметь достаточную температуру. Между горючим и окислителем должно соблюдаться определенное количественное соотношение. Горение прекращается, если в воздухе менее 10% кислорода. Горение возможно, если температура горючего выше температуры воспламенения. Описание условий и определение горения не универсальны: многие металлы могут гореть в атмосфере хлора, медь — в парах серы; сжатый ацетилен, озон, взрывчатые вещества могут разлагаться с образованием тепла и пламени. Процесс горения связан с рядом опасностей, к которым следует отнести высокие температуры, тепло, лучистую энергию, образование токсичных продуктов горения, пламя, дым, световое излучение, снижение кислорода в воздухе и др. Основная часть тепла в виде лучистой энергии воздействует на окружающую среду.

Реальная температура горения древесины составляет около 1000°С, бензина — примерно 1400°С, полистирола — примерно 1500°С, горючих смесей — в пределах 1500...3000°С. Процесс горения как фактор и опасность имеет большое значение в деятельности людей. Отметим некоторые особенности горения.

В зависимости от скорости распространения пламени различают: 1) дефлаграционное горение, или собственно горение (скорость распространения пламени — несколько метров в секунду); 2) взрыв (скорость распространения пламени — сотни метров в секунду); 3) детонацию (скорость распространения пламени — 1000...4000 м/с).

Горение, как правило, происходит в газовой фазе.

Различают два вида горения: полное — при достаточном и избыточном количестве кислорода и неполное — при недостатке кислорода. При полном горении продуктами сгорания являются двуокись углерода, вода, азот, сернистый ангидрид, фосфорный ангидрид. При неполном горении обычно образуются ядовитые, горючие и взрывоопасные продукты: окись углерода, вода, спирты, кетоны, альдегиды, кислоты. Содержание продуктов горения зависит от состава горючего

и соотношения горючего вещества и окислителя. Исходное соотношение компонентов горючей смеси, при сгорании которой ни один из компонентов не остается в избытке в продуктах горения, называется стехиометрическим.

Например, стехиометрическое содержание метана ($CH_4$) составляет 9,5 об.%. Расчет стехиометрического содержания горючего вещества для наиболее распространенного класса горючих веществ — углеводородов — производится по формуле

$$C_{ст} = \frac{100}{1+4{,}84\beta} \text{ об.\%},$$

где $\beta = n_C + n_H/4 - n_O/2$; $n_C$, $n_H$, $n_O$ — соответственно число атомов C, H, O в молекуле горючего.

Известно два основных механизма процесса горения — тепловой и цепной, теории которых разработаны Н. Н. Семеновым и его учениками. Особенностью процесса горения является самоускоряющийся характер химических превращений. Процесс горения твердых, жидких и газообразных веществ примерно одинаков и состоит из следующих фаз: окисления, самовоспламенения и собственно горения. По мере накопления тепла в результате окисления скорость реакции возрастает и происходит самовоспламенение, то есть возгорание, сопровождающееся пламенем. Если содержание горючего в смеси больше стехиометрического, то такая смесь называется богатой. Если в избытке окислитель, то смесь называется бедной. При горении богатых смесей образуются токсичные продукты неполного сгорания.

Процесс возникновения горения может быть нескольких видов:

1) вспышка — быстрое сгорание горючей смеси без образования сжатых газов;

2) возгорание — возникновение горения под действием источника;

3) воспламенение — возгорание, сопровождающееся пламенем;

4) самовозгорание — возникновение горения при отсутствии источника зажигания; самовозгорания делятся на тепловые, химические и микробиологические;

5) самовоспламенение — самовозгорание, сопровождающееся появлением пламени.

*Пламя* — видимая зона горения, в которой наблюдается свечение и излучение тепла. Пламя является источником тепла и химически активных частиц.

*Температура самовоспламенения* — это минимальная температура горючего вещества, при которой происходит самовоспламенение. Она зависит от многих факторов. Температура самовоспламенения

большинства газов и жидкостей находится в пределах 400...700°С. Горение жидкостей происходит в паровой фазе. Температура жидкости, при которой над ее поверхностью образуется смесь паров с воздухом, вспыхивающая при поднесении пламени, называется *температурой вспышки*. При этом устойчивое горение еще не возникает. По температуре вспышки $t_в$ определяют степень пожарной опасности горючих жидкостей.

Различают два класса горючих жидкостей:

I класс: $t_в \leqslant 61$°С (эфир, ацетон, бензин, керосин и др.);

II класс: $t_в > 61$°С (масла, мазут, формалин и др.).

Жидкости I класса называются легковоспламеняющимися жидкостями (ЛВЖ), жидкости II класса — горючими (ГЖ). Технологические процессы, связанные с нагревом жидкостей выше $t_в$, относятся к числу взрывоопасных. Обычно понятие «температура вспышки» относится к жидкостям. Но некоторые твердые вещества (камфара, нафталин, фосфор и др.), интенсивно испаряющиеся при обычной температуре, также характеризуются этим показателем.

Пыль горючих веществ, оседающая на оборудовании и элементах конструкций, может тлеть и греть. Пыль, взвешенная в воздухе (аэрозоль), способна взрываться.

Процессы самовозгорания могут начинаться при очень низкой температуре (10...20°С).

Вещества, склонные к самовозгоранию, делят на 4 группы:

1-я группа: вещества растительного происхождения (сено, опилки);

2-я группа: торф и угли;

3-я группа: масла и жиры (промасленная спецодежда);

4-я группа: химические вещества и смеси (белый и красный фосфор, алюминиевая и цинковая пыль и др.).

Смеси горючего и окислителя можно поджечь лишь в определенном интервале концентраций. Наименьшая концентрация пыли, газов или паров в воздухе, при которой уже возможно воспламенение или взрыв, называется нижним концентрационным пределом воспламенения или взрыва — НКПВ. Соответственно, наибольшая концентрация, при которой еще возможен взрыв или воспламенение, называется верхним концентрационным пределом — ВКПВ. Интервал между НКПВ и ВКПВ называется диа-

**Рис. 18.1**
*Концентрационные пределы воспламенения (взрыва)*

пазоном взрыва (воспламенения). НКПВ и ВКПВ являются важнейшими характеристиками горючих газов, паров и пылей. На рис. 18.1 показана графическая интерпретация этих характеристик.

НКПВ и ВКПВ выражаются в объемных процентах или в весовых концентрациях (мг/м$^3$, мг/л). Концентрационные пределы определяются экспериментально или по следующим эмпирическим формулам:

$$\text{НКВП} = \frac{100}{1+(N-1)\cdot 4{,}76}\ \text{об.\%}, \quad \text{НКПВ} = \frac{M}{(N-1)\cdot 4{,}76 V_t}\ \text{г/л},$$

$$\text{ВКПВ} = \frac{4\cdot 100}{4+4{,}76N}\ \text{об.\%}, \quad \text{ВКПВ} = \frac{4M}{(4+4{,}76N)\cdot V_t}\ \text{г/л},$$

где $N$ — число грамм-атомов кислорода, участвующее в сгорании 1 моля горючего; $V_t$ — объем 1 моля газа при начальной температуре смеси, л; $M$ — масса 1 моля горючего компонента смеси, г.

Для определения $N$ необходимо составить соответствующее уравнение реакции.

Перевод значений КПВ из объемных в массовые и наоборот производится по следующим формулам:

$$\text{КПВ}(\text{г/м}^3) = \frac{273M\cdot \text{КПВ}(\text{об.\%})}{2{,}24T}, \quad \text{КПВ}(\text{об.\%}) = \frac{2{,}24T\cdot \text{КПВ}(\text{г/м}^3)}{273M},$$

где $M$ — молярная масса горючего; $T$ — температура, К.

Взрывоопасность жидкостей можно характеризовать как КПВ, так и температурными пределами, то есть температурами жидкостей, при которых давление насыщенных паров создает концентрацию паров, соответствующую КПВ.

М. Г. Годжело предложил следующую классификацию пылей по КПВ. Пыли с НКПВ до 65 г/м$^3$ включительно относятся к группе А, в которой выделяют 1-й класс — пыли с НКПВ менее 15 г/м$^3$ (сахар, крахмал, сера, нафталин и др.) и 2-й класс — пыли с НКПВ от 15 до 65 г/м$^3$ (древесная мука, торф и др.). Пыли с НКПВ выше 65 г/м$^3$ относятся к группе Б, в которой выделяют 3-й класс — пыли с температурой самовоспламенения до 250°С включительно и 4-й класс — пыли с температурой самовоспламенения более 250°С.

Импульсами воспламенения являются: открытое пламя, электрическая искра или дуга, несгоревшие частицы топлива, нагретые поверхности, химические и микробиологические процессы, искры, образующиеся при трении, ударе, а также при разрядах статического электричества. В производственных условиях все импульсы являются потенциально опасными.

*Таблица 18.1*

**Показатели пожаровзрывоопасности веществ и материалов**

| Показатель | Агрегатное состояние | | | |
|---|---|---|---|---|
| | газы | жидкости | твердые | пыли |
| Группа горючести | + | + | + | + |
| Температура вспышки | – | + | – | – |
| Температура воспламенения | – | + | + | + |
| Температура самовоспламенения | + | + | + | + |
| Концентрационные пределы распространения пламени (воспламенения) | – | + | – | – |
| Температура тления | – | – | + | + |
| Условия теплового самовозгорания | – | – | + | – |
| Минимальная энергия зажигания | + | + | – | + |
| Кислородный индекс | – | – | + | – |
| Способность взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и другими веществами | + | + | + | + |
| Нормальная скорость распространения пламени | + | + | – | – |
| Скорость выгорания | + | + | – | – |
| Коэффициент дымообразования | – | + | – | – |
| Минимальное взрывоопасное содержание кислорода | + | + | – | + |
| Минимальная флегматизирующая концентрация флегматизатора | + | + | – | + |
| Максимальное давление взрыва | + | + | – | + |
| Скорость нарастания давления взрыва | + | + | – | + |

*Примечание.* Знак «+» обозначает применяемость, знак «–» — неприменяемость показателя.

Сводный перечень показателей пожаровзрывоопасности веществ и их применяемость приведены в таблице 18.1.

По горючести материалы и вещества делятся на негорючие, трудногорючие и горючие. Температуры вспышки, воспламенения, самовоспламенения, тления характеризуют минимальную температуру вещества, при которой происходит соответствующий процесс. Остальные показатели понятны по определению. Необходимо обратить внимание на то, что показатели вычисляются по определенным методикам.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как определяется пожар и что такое пожарная безопасность?
2. Какие задачи решает пожарная безопасность?
3. Какой процесс называется горением? При каких условиях оно осуществимо?

4. Каковы основные опасности в процессе горения?
5. Какие виды горения различают в зависимости от скорости распространения пламени?
6. Какие виды горения различают в зависимости от процесса возникновения?
7. Какие жидкости относятся к легковоспламеняющимся (ЛВЖ) и какие — к горючим (ГЖ)?
8. Что такое нижний и верхний концентрационные пределы воспламенения?
9. Какая классификация пылей может быть использована в зависимости от концентрационных пределов взрыва?
10. Как различают по горючести вещества и материалы?

## § 18.2. ПОЖАРЫ

*Пожар* — это горение веществ, характеризующееся существенными размерами распространения, высокими температурами и продолжительностью, представляющее опасность для людей. Температура на пожарах обычно превышает 1000°С. Продолжительность пожаров колеблется в значительных пределах, но в большинстве случаев не превышает 3–4 часов. Причины возникновения пожаров разнообразны. Риск фатальных исходов от пожаров составляет примерно $8 \cdot 10^{-5}$ чел/год. Нормативная вероятность фатальных исходов на пожаре — $10^{-6}$. В развитии пожара различают несколько стадий — начальную, максимального развития и затухания. Различают различные типы пожаров: торфяные, лесные, степные, подземные в шахтах, в зданиях и сооружениях, на транспорте.

Также выделяют следующие классы пожаров:

А — горение твердых веществ;

В — горение жидких веществ;

С — горение газообразных веществ;

D — горение металлов и их сплавов;

Е — горение электроустановок, находящихся под напряжением.

При пожарах для людей представляют опасность следующие факторы:

1) открытый огонь и искры;

2) повышенная температура окружающей среды и предметов;

3) токсичные продукты горения и термического разложения;

4) дым;

5) пониженная концентрация кислорода;

6) осколки, части разрушившихся аппаратов, агрегатов, установок, конструкций;

7) электрический ток, возникший в результате выноса высокого напряжения на токопроводящие части конструкций, аппаратов, агрегатов;

*Таблица 18.2*

**Предельные значения интенсивности теплового потока для различных степеней поражения человека**

| Степень поражения | Интенсивность теплового потока, кВт/м$^2$ |
|---|---|
| Без негативных последствий в течение длительного времени | 1,4 |
| Безопасно для человека в брезентовой одежде | 4,2 |
| Непереносимая боль через 8–12 с | 7,0 |
| Ожог первой степени через 15–20 с | 7,0 |
| Ожог второй степени через 30–40 с | 7,0 |
| Непереносимая боль через 3–5 с | 10,5 |
| Ожог первой степени через 6–8 с | 10,5 |
| Ожог второй степени через 12–16 с | 10,5 |

8) опасные факторы взрыва, происшедшего вследствие пожара;

9) огнетушащие средства.

Воздействие открытого огня на кожу человека характеризуется интенсивностью теплового потока, которую рассчитывают согласно НПБ 107-97. Предельные значения интенсивности теплового потока для различных степеней поражения человека приведены в таблице 18.2.

*Повышенные интенсивность теплового потока и температура воздуха* могут вызвать ожоги кожного покрова, дыхательных путей и ожоговый шок (возбуждение или заторможенность вплоть до спутанного сознания или его потери).

*Токсичные продукты* горения, выделяющиеся при пожарах, содержат от 50 до 100 химических соединений, которые могут оказывать токсическое воздействие на человека. К наиболее токсичным и часто встречающимся относятся оксид углерода CO и диоксид углерода $CO_2$. Опасность CO заключается в том, что он в 200–300 раз лучше, чем кислород, взаимодействует с гемоглобином крови, образуя при этом карбоксигемоглобин HbCO. При этом наступает кислородное голодание.

Приведем симптомы при различном содержании (объемной доле) HbCO в крови человека, об.%:

0...10 — нет симптомов;

10...20 — слабая головная боль;

20...30 — головная боль;

30...40 — сильная головная боль, слабость, головокружение, рвота;

40...50 — то же, учащенные пульс и дыхание;

50...60 — обморок, бессознательное состояние, ритмичные конвульсии;

60...70 — то же, возможна смерть;

70...80 — смерть в течение нескольких часов.

За предельный уровень содержания CO принимают объемную долю 0,1%, которая в результате воздействия в течение 60 мин приводит к образованию 40% HbCO в крови человека.

Опасность $CO_2$ заключается в том, что он замещает кислород в крови, ускоряет дыхание, что приводит к ингаляции большого количества других газов в опасных концентрациях.

Симптомы при повышенном содержании $CO_2$ во вдыхаемом воздухе, об.%:

0,5...4 — учащенное дыхание;

5...7 — головная боль, учащенное дыхание, головокружение;

10...12 — смерть в течение нескольких минут вследствие паралича дыхательного центра.

За предельно допустимое содержание $CO_2$ с некоторым запасом принимается объемная доля 6%.

*Дым* — это мельчайшие твердые частицы, взвешенные смеси продуктов сгорания с воздухом. Объем образующегося дыма ($м^3$) при сгорании 1 кг веществ различен: древесины — 4,9; ацетона — 8,1; резины — 10,8; бензина — 12,6; керосина — 12,8. В задымленных помещениях резко снижается видимость.

*Пониженная концентрация кислорода* во вдыхаемом воздухе при пожарах даже при отсутствии токсичных продуктов горения может препятствовать эвакуации и привести к гибели людей.

Симптомы при различном содержании кислорода во вдыхаемом воздухе, об.%:

17 — некоторая потеря координации, учащенное дыхание;

12 — головокружение, головная боль, утомляемость;

9 — потеря сознания;

5 — смерть в течение нескольких минут.

За предельно допустимый уровень принимается объемная доля кислорода 17%, ниже которой ухудшаются двигательные функции, происходит нарушение мускульной координации, затруднение мышления и притупление внимания.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие факторы являются опасными при пожарах?
2. В чем опасность для человека повышенной интенсивности теплового потока?
3. Какие продукты горения являются наиболее токсичными и часто встречающимися и в чем их особенность воздействия на человека?
4. Каким образом влияет на состояние здоровья человека пониженная концентрация кислорода во вдыхаемом воздухе?
5. Какие различают классы пожаров?

## § 18.3. КАТЕГОРИРОВАНИЕ ПОМЕЩЕНИЙ И ЗДАНИЙ ПО ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ

Определение категорий помещений осуществляют на стадии проектирования путем последовательной проверки принадлежности помещения к категориям от А до Д, установленным нормативными документами.

Приведем характеристики веществ и материалов, находящихся в помещениях различных категорий:

*А (взрывопожароопасная)*. Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28°С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа. Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа.

*Б (взрывопожароопасная)*. Горючие пыли и волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28°С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа.

*В1–В4 (пожароопасная)*. Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли, волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б.

*Г*. Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистой теплоты, искр и пламени; горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива.

*Д*. Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

Зная категории помещений, можно по нормам (НПБ 105-95) определить категории зданий, которые также делятся на А, Б, В, Г, Д:

1) здание относится к категории А, если в нем суммарная площадь помещений категории А превышает 5% всех помещений, или 200 м$^2$.

В случае оборудования помещений установками автоматического пожаротушения допускается не относить к категории А здания и сооружения, в которых доля помещений категории А менее 25% (но не более 1000 м$^2$);

2) к категории Б относят здания и сооружения, если они не относятся к категории А и суммарная площадь помещений категорий А и Б превышает 5% суммарной площади всех помещений, или 200 м$^2$. Допускается не относить здание к категории Б, если суммарная площадь помещений категорий А и Б в здании не превышает 25% суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 1000 м$^2$), и эти помещения оборудованы установками автоматического пожаротушения;

3) здание относится к категории В, если оно не относится к категории А или Б и суммарная площадь помещений категорий А, Б и В превышает 5% (10%, если в здании отсутствуют помещения категорий А и Б) суммарной площади всех помещений. В случае оборудования помещений категорий А, Б и В установками автоматического пожаротушения допускается не относить здание к категории В, если суммарная площадь помещений категорий А, Б и В не превышает 25% (но не более 3500 м$^2$) суммарной площади всех размещенных в нем помещений;

4) если здание не относится к категориям А, Б и В и суммарная площадь помещений А, Б, В и Г превышает 5% суммарной площади всех помещений, то здание относится к категории Г; допускается не относить здание к категории Г, если суммарная площадь помещений категорий А, Б, В и Г в здании не превышает 25% суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 5000 м$^2$), а помещения категорий А, Б, В и Г оборудуют установками автоматического пожаротушения;

5) здания, не отнесенные к категориям А, Б, В и Г, относят к категории Д.

В указанных нормах приводится метод расчета избыточного давления и другие данные для категорирования помещений и зданий.

### ГОРЮЧЕСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Строительные материалы делятся на *негорючие* (НГ) и *горючие* (Г).

Материалы относятся к негорючим, если в условиях испытаний:

1) прирост температуры в печи не более 50°С;

2) потеря массы образца не более 50%;

3) продолжительность устойчивого пламенного горения не более 10 с.

Испытания должны проводиться в соответствии с установленными методами. Строительные материалы, не удовлетворяющие хотя бы одному из указанных условий, относятся к горючим.

Горючие строительные материалы делятся на четыре группы: Г1 — слабогорючие, Г2 — умеренногорючие, Г3 — нормальногорючие, Г4 — сильногорючие. Горючесть определяется по методике, изложенной в ГОСТ 30244-94.

Строительные материалы классифицируются по дымообразующей способности (Д1, Д2, Д3), токсичности продуктов горения (Т1, Т2, Т3, Т4) и другим признакам. Обращаем внимание на то, что вещества по горючести делятся на 3 группы: негорючие, трудногорючие и горючие.

## ОГНЕСТОЙКОСТЬ И ПРЕДЕЛЫ ОГНЕСТОЙКОСТИ КОНСТРУКЦИЙ

Под *огнестойкостью* понимают способность конструкции сопротивляться воздействию высокой температуры в условиях пожара и выполнять при этом обычные эксплуатационные функции. Время, по истечении которого конструкция теряет несущую (R), ограждающую (E) или теплоизолирующую (J) способность, называют *пределом* огнестойкости. Пределы огнестойкости измеряют в минутах от начала испытания конструкции до наступления предельного состояния, обозначаемого индексами R, E, J.

Испытания проводят в огневых камерах по соответствующим методикам. Пределы огнестойкости конструкций и степени огнестойкости зданий (I, II, III, IV) приведены в таблице 18.3.

*Таблица 18.3*

**Максимальные пределы огнестойкости строительных конструкций, мин**

| Элементы конструкции | Степень огнестойкости здания | | |
|---|---|---|---|
| | I | II | III |
| Несущие элементы здания | R 120 | R 45 | R 15 |
| Наружные стены | RE 30 | RE 15 | RE 15 |
| Перекрытия бесчердачные | REJ 60 | REJ 45 | RE 15 |
| Покрытия бесчердачные | RE 30 | RE 15 | REJ 15 |
| Внутренние площадки и стены лестничных клеток | REJ 120 | REJ 90 | REJ 45 |
| Марши лестниц | R 60 | R 45 | R 30 |

*Примечание:* Пределы огнестойкости зданий IV степени не нормируются.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Охарактеризуйте категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности.
2. Как определяются категории зданий?
3. Как классифицируются строительные материалы по горючести?
4. Что такое огнестойкость конструкции?
5. Каким образом делятся строительные конструкции по пожарной опасности?

## § 18.4. КЛАССИФИКАЦИЯ ЗДАНИЙ И ПОМЕЩЕНИЙ ПО ПРИЗНАКАМ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ

Рассмотрим некоторые классификации, приведенные в СНиП 21-01-97, который вступил в действие с 01.01.1998 г.

По пожарной опасности строительные конструкции делятся на 4 класса: К0 — непожароопасные, К1 — малопожароопасные, К2 — умереннопожароопасные, К3 — пожароопасные.

По *конструктивной* пожарной опасности здания делятся на следующие классы (в порядке повышения пожароопасности): С0, С1, С2, С3.

Взаимосвязь классов К0–К3 и классов С0–С3 приведена в таблице 18.4.

По *функциональной* пожарной опасности здания в зависимости от способа их использования и от степени безопасности людей в случае пожара подразделяются на классы:

Ф1 — здания и помещения с проживанием людей:

Ф1.1 — детские сады, больницы и др.;

Ф1.2 — гостиницы, общежития, дома отдыха и др.;

Ф1.3 — многоквартирные дома;

Ф1.4 — одноквартирные жилые дома;

Ф2 — зрелищные учреждения:

Ф2.1 — театры, клубы и т. п.;

Ф2.2 — музеи, выставки;

Ф2.3 и Ф2.4 — классы Ф2.1 и Ф2.2 на открытом воздухе;

Ф3 — предприятия по обслуживанию населения, делятся на Ф3.1–Ф3.5;

Ф4 — учебные заведения, научные организации и др., делятся на Ф4.1–Ф4.4;

Ф5 — производственные здания, делятся на Ф5.1–Ф5.3.

*Таблица 18.4*

**Допускаемые классы пожарной опасности строительных конструкций**

| Элементы конструкции | Класс конструктивной пожарной опасности здания | | |
|---|---|---|---|
| | С0 | С1 | С2 |
| Несущие стержневые элементы (колонны, ригели, фермы и др.) | К0 | К2 | К3 |
| Стены наружные с внешней стороны | К1 | К2 | К3 |
| Стены, перегородки, перекрытия и бесчердачные покрытия | К0 | К1 | К2 |
| Стены лестничных клеток и противопожарные преграды | К0 | К0 | К1 |
| Марши и площадки лестниц | К0 | К0 | К1 |

*Примечание.* Классы пожарной опасности строительных конструкций для зданий класса С3 не нормируются.

*Таблица 18.5*

**Степень огнестойкости здания, допустимое число этажей и площадь этажа здания в пределах пожарного отсека**

| Категория здания или пожарных отсеков | Допустимое число этажей | Степень огнестойкости здания | Площадь этажа, м², в пределах пожарного отсека здания | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | одноэтажного | многоэтажного | |
| | | | | в два этажа | в три этажа и более |
| А, Б | 6 | I | не ограничивается | | |
| | | II | не ограничивается | | |
| А | 6 | II | не ограничивается | 5200 | 3500 |
| Б | 6 | II | не ограничивается | 10 400 | 7800 |
| В | 8 | I, II | не ограничивается | | |
| | 3 | III | 5200 | 3500 | 2600 |
| | 2 | IV | 2600 | 2000 | – |
| Г | 10 | I, II | не ограничивается | | |
| | 3 | III | 6500 | 5200 | – |
| | 6 | III | не ограничивается | | |
| | 1 | III | 20 000 | – | – |
| | 2 | IV | 3500 | 2600 | – |
| Д | 10 | I, II | не ограничивается | | |
| | 3 | III | 7800 | 6500 | 3500 |
| | 6 | III | не ограничивается | | |
| | 1 | III | 25 000 | – | – |

Различают 4 степени *огнестойкости* зданий — I, II, III, IV (в порядке снижения огнестойкости).

*Степень огнестойкости* — это способность здания противостоять огню. Степень огнестойкости определяется с учетом категории зданий по взрывопожарной опасности, числа и площади этажей.

В качестве примера определения степени огнестойкости здания приведена таблица 18.5, взятая из СНиП 2.09.02-89 и упрощенная для учебных целей.

Затем по пределам огнестойкости подбирают толщину и материал конструкций, пользуясь нормами или справочниками.

Таким образом, на стадии проектирования зданий вопросы пожарной безопасности решаются в следующей последовательности:

1. Определяется категория помещений по НПБ 105-95: А, Б, В1–В4, Г, Д.

*Таблица 18.6*

**Степень огнестойкости и расстояние между выходами в зависимости от категории взрывопожарной опасности зданий**

| Объем помещения, тыс. м³ | Категория взрывопожарной опасности | Степень огнестойкости здания | Предельно допустимое расстояние, м, между выходами при плотности потока, чел/м³ | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | 2–3 | 4–5 |
| До 15 | А, Б | I, II | 40 | 25 | 15 |
| | В1, В2 | I, II | 100 | 60 | 40 |
| | В2, В3 | III | 70 | 40 | 30 |
| | В3, В4 | IV | 50 | 30 | 20 |
| 30 | А, Б | I, II | 60 | 35 | 25 |
| | В1, В2 | I, II | 145 | 85 | 60 |
| | В3, В4 | III | 100 | 60 | 40 |
| 40 | А, Б | I, II | 80 | 50 | 35 |
| | В1, В2 | I, II | 160 | 95 | 65 |
| | В2, В3 | III | 110 | 65 | 45 |
| 50 | А, Б | I, II | 120 | 70 | 50 |
| | В1, В2 | I, II | 180 | 105 | 75 |
| 60 | А, Б | I, II | 140 | 85 | 60 |
| | В1, В2 | I, II | 200 | 110 | 85 |
| 80 и более | В1, В2 | I, II | 240 | 140 | 100 |
| | В3, В4 | III | 250 | 150 | 120 |
| | Г, Д | I, II, III | не ограничивается | | |
| | В4, Г, Д | IV | 120 | 70 | 50 |

*Примечания:* 1. Плотность потока определяется как отношение количества людей, проходящих по общему проходу, к площади прохода. 2. При промежуточных значениях объема помещений расстояние определяется линейной интерполяцией.

2. Определяется категория зданий — А, Б, В, Г, Д.

3. Выбирается требуемая степень огнестойкости здания — I, II, III, IV.

4. Находятся пределы огнестойкости конструкций здания.

5. По пределам огнестойкости конструкций находят материалы и размеры конструкций.

В таблице 18.6 приведены расстояния между эвакуационными выходами в зависимости от категории и степени огнестойкости зданий.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. На какие классы делятся здания по конструктивной пожарной опасности?
2. Какова классификация зданий по функциональной пожарной опасности?
3. Что такое степень огнестойкости зданий и как она определяется?
4. Укажите последовательность этапов проработки вопросов пожарной безопасности при проектировании зданий.

## § 18.5. МЕРЫ ЗАЩИТЫ ОТ ПОЖАРОВ

### КЛАССИФИКАЦИЯ ВЗРЫВООПАСНЫХ И ПОЖАРООПАСНЫХ ЗОН ПО ПУЭ

Электрооборудование и электрические сети часто являются причинами взрывов и пожаров: 25...30% всех пожаров имеют электрическую природу — короткое замыкание, перегрузки и т. д. Электрооборудование изготовляют следующих уровней взрывозащиты: особовзрывобезопасное (индекс 0); взрывобезопасное (1); повышенной надежности (2).

Применяются следующие исполнения взрывозащищающих оболочек электрооборудования: взрывонепроницаемые, искробезопасные, продуваемые чистым воздухом, заполненные маслом или кварцевым песком, специальные.

В помещениях, где располагается электрооборудование, согласно ПУЭ выделяют взрывоопасные (В) и пожароопасные (П) зоны, которые, в свою очередь, делятся на взрывоопасные классы В-I, В-Iа, В-Iб, В-Iг, В-II, В-IIа и пожароопасные классы П-I, П-II, П-III.

### ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ ПРЕГРАДЫ И РАЗРЫВЫ

Противопожарные преграды предназначены для предотвращения распространения (локализации) пожара и продуктов горения в другие помещения. К преградам относятся противопожарные стены, перегородки, перекрытия. Противопожарные преграды характеризуются огнестойкостью и пожарной опасностью.

Типы противопожарных преград устанавливаются с учетом функциональной пожарной опасности (Ф1–Ф5), класса конструктивной пожарной опасности (С0–С3) степени огнестойкости зданий и удельной пожарной нагрузки (МДж/м$^2$).

Противопожарные стены, разделяющие здание на пожарные отсеки, должны возводиться на всю высоту здания. Общая площадь проемов, оборудованных люками, дверями, воротами, в противопожарных преградах не должна превышать 25% их площади. *Противопожарные разрывы* — это минимально допустимые расстояния между зданиями, исключающие загорание здания от лучистой энергии пожара. Противопожарные разрывы необходимы также для проезда пожарной техники.

Противопожарные разрывы между зданиями I, II и III степени составляют 9 м, между зданиями III степени — 12 м, между зданиями III и IV степени — 15 м.

## ТРЕБОВАНИЯ К ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ

В условиях пожара первоочередной задачей является спасение людей, которые могут подвергнуться воздействию опасных факторов пожара.

Нормами регламентируются требования, обеспечивающие безопасность людей при эвакуации. Так, регламентируются предельно допустимые расстояния между эвакуационными выходами. В зависимости от различных условий эти расстояния находятся в пределах от 15 до 250 м. Из здания должно быть не менее двух эвакуационных выходов. Не все выходы являются эвакуационными. Согласно противопожарным нормам, эвакуационными выходами считаются дверные проемы, если они ведут:

1) из помещений первого этажа непосредственно наружу или через вестибюль, коридор, лестничную клетку;

2) из помещений любого этажа, кроме первого, в коридор, ведущий на лестничную клетку, или непосредственно на лестничную клетку, при этом лестничные клетки должны иметь выход непосредственно наружу или через вестибюль, отделенный от примыкающих коридоров перегородками с дверями;

3) из помещения в соседнее помещение на том же этаже, обеспеченное выходами, указанными в пп. 1 и 2, с учетом исключений, приведенных в отраслевых нормах.

Эвакуационные пути, согласно противопожарным нормам, должны обеспечивать эвакуацию через имеющиеся выходы всех людей, находящихся в помещениях зданий, сооружений, в течение необходимого времени эвакуации. Необходимое время эвакуации людей приведено в таблице 18.7.

*Таблица 18.7*

**Необходимое время эвакуации людей**

| Категория здания по взрывопожароопасности | Необходимое время эвакуации, мин, при объеме помещения, тыс. м$^3$ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | до 15 | 30 | 40 | 50 | 60 и более |
| А, Б | 0,5 | 0,75 | 1 | 1,5 | 1,75 |
| В | 1,25 | 2 | 2 | 2,5 | 3 |
| Г, Д | не ограничивается | | | | |

## ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ГЕНЕРАЛЬНЫМ ПЛАНАМ

При разработке генерального плана необходимо:

1. Обеспечить безопасные расстояния от границ территории предприятия до жилых и общественных зданий. Как правило, это условие выполняется за счет санитарно-защитных зон, размеры которых

существенно превышают расстояния, определяемые по противопожарным нормам.

2. Соблюдать противопожарные разрывы между производственными зданиями в зависимости от степени огнестойкости стоящих рядом зданий. Величина разрывов, согласно нормам, находится в пределах от 0 до 18 м. Разрывы необходимы для локализации пожаров и подъезда машин.

3. Располагать здания с учетом рельефа местности и направления господствующих ветров. «Роза ветров» строится по данным метеостанций, которые приводятся в строительных нормах и правилах, а также в справочниках.

4. Зонировать здания и сооружения по родственному, функциональному назначению.

5. Предусмотреть дороги и необходимое количество въездов на территории предприятия.

6. Обеспечить ограждение территории предприятия.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие причины электрического происхождения вызывают пожары и какова их физическая природа?
2. Какие типы противопожарных преград вы знаете? С учетом каких факторов они устанавливаются?
3. Каковы размеры противопожарных разрывов между зданиями?
4. Каковы требования пожарной безопасности при эвакуации людей из зданий?
5. Что необходимо учитывать с точки зрения пожарной безопасности при разработке генерального плана?

## § 18.6. ТУШЕНИЕ ПОЖАРОВ

Тушение пожаров основано на исключении условий, при которых возможно горение (принцип деструкции). Следовательно, существуют следующие способы пожаротушения:

1) охлаждение очага горения или горящего материала ниже определенных температур;

2) изоляция очага горения от воздуха или снижение концентрации кислорода в воздухе за счет негорючих паров или газов;

3) торможение (ингибирование) скорости реакции окисления;

4) механический срыв пламени при помощи сильной струи газа или воды;

5) применение огнепреградителей (узкие каналы, сечение которых меньше тушащего диаметра).

## ОГНЕТУШАЩИЕ ВЕЩЕСТВА

В настоящее время в качестве огнетушащих средств применяются:

1) вода, которая подается в очаг пожара компактными или распыленными струями;

2) пены (воздушно-механические и химические, различной кратности и стойкости);

3) инертные добавки (диоксид углерода, азот, аргон, водяной пар и др.);

4) гомогенные ингибиторы (хладоны), применение которых ограничивается Монреальской конвенцией по защите озонового слоя;

5) гетерогенные ингибиторы (огнетушащие порошки);

6) комбинированные составы.

Вода — наиболее дешевое и распространенное средство тушения пожара. Она обладает высокой теплоемкостью (теплота парообразования примерно 2300 Дж/г), увеличивается в объеме при парообразовании в 1760 раз. Водой нельзя тушить электроустановки под напряжением. При добавлении к воде поверхностно активных веществ (ПАВ) эффект тушения повышается. Пеной называют двухфазную систему, состоящую из жидкости и газа. Пены характеризуются кратностью и стойкостью.

*Кратность* $K$ пены определяется по формуле $K = V_п/V_ж$, где $V_п$ — объем пены; $V_ж$ — объем жидкости, входящей в единицу объема пены.

*Стойкость* пены — это продолжительность существования пены (в минутах).

Различают воздушно-механические и химические пены.

*Таблица 18.8*

**Классификация пожара и рекомендуемые огнетушащие средства**

| Класс пожара | Характеристика горючей среды или объекта | Огнетушащие средства |
|---|---|---|
| A | Обычные твердые горючие материалы (бумага, дерево, текстиль, резина и др.) | Все виды (прежде всего вода) |
| B | Горючие жидкости (бензин, лаки, масла, растворители и др.), плавящиеся при нагревании материалы | Распыленная вода, все виды пен, составы на основе галогеналкилов, порошки |
| C | Горючие газы (пропан, метан, водород, ацетилен и др.) | Газовые составы: инертные разбавители ($CO_2$, $N_2$), галогенуглеводороды, порошки, вода (для охлаждения) |
| D | Металлы и их сплавы (K, Na, Al, Mg и др.) | Порошки (при спокойной подаче на горящую поверхность) |
| E | Электроустановки, находящиеся под напряжением | Галогенуглеводороды, диоксид углерода, порошки |

Воздушно-механическую пену получают, смешивая воду (примерно 9,7%), воздух (примерно 90%) и пенообразователь (0,2...0,4%). Плотность такой пены — 0,11...0,17. Химическая пена получается в результате реакции между щелочью и кислотой в присутствии пенообразователя; ее состав — примерно 80% $CO_2$, примерно 19,7% $H_2O$ и примерно 0,3% пенообразующего вещества. Кратность пены находится в пределах 20...200.

Выбор огнегасительного вещества зависит от класса пожара (см. табл. 18.8).

## ПРОТИВОПОЖАРНОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ

Различают *безводопроводное* (из рек, озер, резервуаров) и *водопроводное* снабжение водой на пожарах.

Водопроводы обычно устраивают объединенные, подающие воду на хозяйственные и противопожарные цели. Они бывают *низкого* (напор на уровне земли не менее 10 м или 100 кПа) и *высокого* давления. Противопожарное водоснабжение подразделяют на системы *наружного* и *внутреннего* пожаротушения. Для отбора воды из наружного водопровода на нем устанавливают через каждые 100 м пожарные *гидранты*. На внутренних водопроводах устанавливают пожарные краны. Сеть противопожарного водопровода, как правило, делают кольцевой. Схема водоснабжения показана на рисунке 18.2.

Проектный расход воды складывается из расходов воды на наружное, внутреннее и специальное (спринклерные, дренчерные установки) пожаротушение. Нормативный расход воды на наружное пожаротушение зависит от возможного числа одновременных пожаров на объекте. Для промышленных объектов число одновременных пожаров принимается равным одному при площади территории предпри-

**Рис. 18.2**

*Схема объединенного водоснабжения:*

*1* — источник воды; *2* — водоприемник; *3* — станция первого подъема; *4* — водоочистные сооружения и станции второго подъема; *5* — водонапорная башня; *6* — магистральные линии; *7* — потребители воды; *8* — распределительные трубопроводы; *9* — вводы в здания.

ятия до 150 га и двум при площади более 150 га. Для зданий I и II степени огнестойкости категорий А, Б, В объемом до 20 тыс. $м^3$ и при ширине до 60 м нормативный расход воды составляет 20 л/с. Запас воды на пожаротушение должен обеспечивать нормативный расход в течение 3 ч, а для зданий I и II степени огнестойкости категорий Г и Д — в течение 2 ч.

Расход воды на внутреннее пожаротушение для большинства случаев равен 2...2,5 л/с.

### ПЕРВИЧНЫЕ СРЕДСТВА ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Для тушения загораний в начальной стадии применяют огнетушители, которые делятся на следующие типы: водные (ОВ); воздушно-пенные (ОВП); порошковые (ОП); газовые (ОУ); хладоновые (ОХ).

Рабочее давление огнетушителей — примерно 2,5 МПа.

К первичным средствам следует отнести различный инвентарь, необходимый для тушения огня (багор, лом, лопаты и т. п.), который размещается на пожарных щитах. Пожарные щиты устанавливают для размещения первичных средств пожаротушения, немеханизированного инструмента и пожарного инвентаря в производственных и складских помещениях, не оборудованных внутренним противопожарным водопроводом и автоматическими установками пожаротушения, а также на территории предприятий, организаций, не имеющих наружного противопожарного водопровода, или при удалении зданий, сооружений, наружных технологических установок этих предприятий на расстояние более 100 м от наружных пожарных водоисточников. Необходимое число пожарных щитов и их тип определяют в зависимости от категорий помещений, зданий, сооружений и наружных технологических установок по взрывопожарной и пожарной опасности, предельной защищаемой площади одним пожарным щитом и класса пожара.

### УСТАНОВКИ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Из установок пожаротушения наибольшее распространение получили установки водяного и пенного тушения, подразделяемые на спринклерные и дренчерные. Спринклерные установки включаются автоматически под действием температуры пожара, дренчерные включаются вручную или по сигналу автоматического извещателя.

*Спринклерная установка* (см. рис. 18.3) состоит из сети укрепленных под перекрытием труб, водопитателей и ввернутых в трубы водораспылителей — спринклеров, автоматически открывающихся при

повышении температуры. Вода, вытекая из спринклера, разбрызгивается при помощи розетки. Основной частью установки является спринклер (рис. 18.4). При повышении температуры сплав плавится, замок распадается на части, освобождает клапан и открывает выход воде. Сплав для соединения пластинок замка рассчитывают на температуры плавления 72, 93, 141 и 182°С. Спринклеры располагают с таким расчетом, чтобы один спринклер приходился на 12 м$^2$ пола, а в помещениях с повышенной пожарной опасностью — на 9 м$^2$ пола.

*Дренчер* (рис. 18.5) отличается от спринклера только тем, что не имеет замка и отверстие для выхода воды всегда открыто. Дренчерные установки (рис. 18.6) могут быть ручного действия с подачей воды от водопитателя через вентиль и автоматические.

**Рис. 18.3**
*Схема спринклерной установки для тушения пожара:*

*1* — магистральный трубопровод; *2* — контрольно-сигнальное устройство; *3* — питательные трубы; *4* — распределительные трубы; *5* — спринклер; *6* — очаг пожара; *7* — сирена.

**Рис. 18.4**
*Схема спринклера:*

*1* — штуцер с внешней резьбой; *2* — рама для крепления замка и розетки; *3* — диафрагма с центральным отверстием; *4* — стеклянный клапан; *5–7* — замки из трех медных пластинок, соединенных легкоплавким сплавом; *8* — розетка.

**Рис. 18.5**
*Дренчеры:*

*а* — лопаточного типа; *б* — розеточного типа.

**Рис. 18.6**
*Схема автоматической дренчерной установки:*

*1* — труба от водопитателя; *2* — дифференциальный двухтарельчатый клапан; *3* — электросигнал; *4* — маховик; *5* — спринклерная головка; *6* — дренчерная сеть; *7* — кран ручного включения; *8* — побудительный кран; *9* — трос с легкоплавким замком; *10* — легкоплавкие замки; *11* — натяжная пружина.

## ПОЖАРНАЯ СВЯЗЬ И СИГНАЛИЗАЦИЯ

Для сообщения о пожарах используются разные средства, которые можно разделить на ручные и автоматические. Электрическая пожарная сигнализация (ЭПС) по схеме подключения извещателей может быть лучевой и шлейфной (кольцевой) (рис. 18.7).

В *лучевой* системе применяют извещатели, которые соединяются с приемной станцией отдельными парами проводов.

Такой способ включения рекомендуется при небольшой протяженности линии либо при возможности использования кабеля телефонной связи.

В *шлейфной* системе применяют извещатели, которые включены последовательно в один общий провод — шлейф.

*Извещателями электрической пожарной сигнализации* называются приборы, при помощи которых сигнал о пожаре передается на приемные станции. Извещатели могут быть ручные и автоматические.

**Рис. 18.7**
*Системы ЭПС:*

*а* — лучевая; *б* — шлейфная; *1* — приемная станция; *2* — извещатель.

Приборы ручного действия имеют простое контактное устройство и приводятся в действие человеком путем нажатия на пусковую кнопку.

Извещатели автоматического действия разделяются на три вида: тепловые, дымовые и световые, реагирующие соответственно на тепло, дым и свет.

Любая система ЭПС содержит:

1) извещатели автоматического или ручного действия, устанавливаемые в защищаемых помещениях;

2) линейную связь, соединяющую приемный аппарат с извещателями;

3) приемную станцию, устанавливаемую обычно в пожарной части.

Приемная станция состоит из приемного аппарата, аккумуляторов для питания установки, токораспределительных щитов и других устройств.

Для надежности сигнализации линейная сеть любой системы находится постоянно под током. При повреждении проводов (обрыв, короткое замыкание) на приемном аппарате появляется сигнал повреждения.

ЭПС промышленного типа различаются по количеству извещателей и способу их включения, схеме связи и использованию линейного и стационарного оборудования. ЭПС малого и среднего типа имеют одну приемную станцию на 50 или больше номеров извещателей; установки большого типа — несколько приемных станций, объединенных в общую сеть ЭПС.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какими способами можно тушить пожар?
2. Каковы особенности тушения пожара водой?
3. Какими параметрами характеризуются пены для тушения?
4. Укажите, какими огнетушащими средствами рекомендуется тушить пожары различного класса.
5. Какие существуют системы противопожарного водоснабжения и какие устройства устанавливаются на них для отбора воды?
6. Какие существуют огнетушители по своему составу?
7. Чем отличаются спринклерные установки для тушения пожара от дренчерных?
8. Как действует спринклерная установка?
9. Какие бывают системы электрической пожарной сигнализации и чем они отличаются друг от друга?

ГЛАВА 19

# ПРОФИЛАКТИКА НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

*Истинная логика нашего мира — это подсчет вероятностей.*
Дж. К. Максвелл

Из аксиомы о потенциальной опасности следует вывод о том, что обеспечить абсолютную безопасность труда невозможно. Следовательно, всегда сохраняется некоторая вероятность проявления остаточного риска и развития нежелательных событий, которые могут причинить ущерб здоровью и жизни людей. К таким отрицательным событиям, причиной которых является остаточный риск, относятся несчастные случаи на производстве и заболевания.

Несчастным случаям часто сопутствуют травмы. Поэтому понятия «травматизм» и «несчастные случаи» обычно употребляют как синонимы, хотя это не всегда одно и то же. Например, тепловой удар или острое отравление рассматриваются на производстве как несчастные случаи, однако при этом травм в обычном понимании может не быть.

Согласно ГОСТ 12.0.002 «ССБТ. Термины и определения» *несчастный случай на производстве* — это случай воздействия на работающего опасного производственного фактора при выполнении работающим трудовых обязанностей или заданий руководителя работ. В Федеральном законе РФ от 24.07.1998 г. № 125-ФЗ (ст. 3) даны более конкретные определения. Приведем их дословно.

«*Несчастный случай на производстве* — событие, в результате которого застрахованный получил увечье или иное повреждение здоровья при исполнении им обязанностей по трудовому договору (контракту) и в иных установленных настоящим Федеральным законом случаях как на территории страхователя, так и за ее пределами либо во время следования к месту работы или возвращения с места работы на транспорте, предоставленном страхователем, и которое повлекло необходимость перевода застрахованного на другую работу,

временную или стойкую утрату им профессиональной трудоспособности либо его смерть;

*профессиональное заболевание* — хроническое или острое заболевание застрахованного, являющееся результатом воздействия на него вредного (вредных) производственного (производственных) фактора (факторов) и повлекшее временную или стойкую утрату им профессиональной трудоспособности».

Опыт борьбы с несчастными случаями имеет многовековую историю. Однако официальные документы, регламентирующие вопросы расследования несчастных случаев, появились в России в конце XIX в.

В 1903 г. Государственный совет принял, а император Николай II утвердил «Правила о вознаграждении потерпевших вследствие несчастных случаев...». Говоря современным языком, был принят закон. Документ столетней давности представляет определенный интерес и сейчас.

Приведем дословно некоторые статьи из этих «Правил»:

«20. О всяком несчастном случае, подходящем под действие настоящих Правил, лицо, заведующее предприятием, или владелец оного обязаны немедленно давать знать ближайшей полицейской власти, а также одновременно сообщать, по установленной Главным по фабричным и горнозаводским делам Присутствием форме, подлежащему Фабричному Инспектору или Окружному Инженеру. Потерпевшие могут требовать извещения полиции и Фабричного Инспектора или Окружного Инженера о всяком случае телесного повреждения, хотя бы и не подходящем под действие настоящих Правил.

21. Немедленно по получении указанного в статье 20 извещения полиция составляет на месте происшествия протокол, приглашая к сему лицо, заведующее предприятием, или владельца оного, самого потерпевшего (если он может явиться), врача или, за невозможностью немедленно пригласить его, фельдшера, очевидцев происшествия из рабочих и, если можно, постороннее лицо, сведующее в работе, при которой произошло телесное повреждение. Неприбытие кого-либо из указанных лиц не останавливает составления протокола».

(Полное собрание законов Российской империи, Собрание третье. Т. XXIII, отделение I. СПб., 1905. Документ 23060).

Сравните положения этих статей с современными документами. Говоря современным языком, тогда состав комиссии по расследованию соответствовал характеру события, чего нет в документах и практике расследования несчастных случаев в настоящее время.

## § 19.1. ПРИЧИНЫ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ И МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ТРАВМАТИЗМА

Несчастный случай — сложное явление. Выяснение подлинных причин необходимо для профилактических целей.

Каждый несчастный случай является результатом взаимодействия нескольких причин. В этом заключается принцип многопричинности несчастных случаев, который имеет ключевое значение для расследования. Всю совокупность причин, которые приводят к несчастным случаям, можно условно разделить на несколько групп: организационные, технические, личностные и др.

В каждом несчастном случае могут быть причины, относящиеся к указанным группам. Выявление истинных причин несчастных случаев — необходимое условие повышения безопасности труда и снижения производственного травматизма.

Наиболее эффективным методическим приемом установления причин несчастного случая является метод анализа с помощью «дерева причин и опасностей».

Существуют разные методы изучения несчастных случаев: статистический, топографический, монографический, экономический и др.

*Статистический* метод заключается в группировке несчастных случаев по различным признакам, определении показателей и установлении зависимостей.

*Топографический* метод состоит в нанесении на план территории мест, где происходили несчастные случаи в течение нескольких лет.

*Монографическое* исследование заключается в детальном изучении отдельных несчастных случаев.

*Экономическое* изучение состоит в оценке и анализе материальных последствий травматизма.

### ПОКАЗАТЕЛИ ТРАВМАТИЗМА

Для оценки состояния травматизма используются показатели частоты, тяжести и нетрудоспособности.

*Показатель частоты травматизма* определяется по формуле $П_ч = (A/B) \cdot 10^3$, где $A$ — число несчастных случаев за рассматриваемый период (общих, тяжелых, смертельных); $B$ — среднесписочная численность работающих. Аналогично определяется и показатель частоты смертельного травматизма.

По данным Международного Бюро труда, показатель частоты для случаев со смертельным исходом в разных странах неодинаков.

Например, в ФРГ — 0,042, в США — 0,048, в Японии — 0,049, в России — 0,143, в Бразилии — 0,228. Показатель общего травматизма $П_ч$ в России примерно равен 6.

*Показатель тяжести* равен $П_т = (\sum Д_р)/A$, где $\sum Д_р$ — суммарное число рабочих дней нетрудоспособности вследствие травматизма.

В Российской Федерации $П_т \approx 27$.

*Показатель нетрудоспособности:*

$$П_н = П_ч \cdot П_т = \frac{A}{B} \cdot 10^3 \cdot \frac{\sum Д_р}{A} = \frac{\sum Д_р}{B} \cdot 10^3.$$

Количественно оценить опасность профессии, работ можно по риску $R$.

В простейшем случае риск определяется как отношение фактического количества $n_ф$ событий, которые приняты для оценки опасности, за определенный период к потенциально возможному числу этих событий $N$: $R = n_ф/N$. В случае оценки опасности профессии $n_ф$ — число пострадавших, $N$ — общее число людей, находившихся в аналогичных условиях.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как определяется несчастный случай на производстве?
2. Что такое профессиональное заболевание?
3. Укажите основные методы изучения несчастных случаев на производстве и охарактеризуйте их.
4. Какие показатели используются для оценки состояния травматизма? Приведите примеры для каждого из них.

## § 19.2. РАССЛЕДОВАНИЕ И УЧЕТ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Документы, регламентирующие вопросы, связанные с несчастными случаями на производстве:

1. Трудовой кодекс РФ. 30.12.2001 г. № 197-ФЗ (статьи 227–231).

2. Положение об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях (Постановление Минтруда от 24.10.2002 г. № 73).

3. Федеральный закон РФ от 24.07.1998 г. № 125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний».

Расследование несчастных случаев на производстве производится в соответствии с официальными положениями. Несмотря на то, что эти

положения часто меняются, основные требования и принципы расследования остаются неизменными. Вот эти принципы и требования:

1. Принцип обязательности расследования и учета несчастных случаев на производстве независимо от организационно-правовой формы предприятий и организаций.

2. Принципы временной, территориальной, производственной, правовой связи несчастного случая с деятельностью предприятия или организации.

3. Комиссионный порядок расследования несчастных случаев.

4. Участие пострадавшего в расследовании происшедшего с ним несчастного случая.

5. Регламентированный порядок действий и информирования о несчастных случаях.

6. Регламентированные сроки расследования несчастных случаев.

7. Классификация травм по тяжести согласно официальной схеме (легкие, тяжелые, смертельные).

8. Классификация несчастных случаев по числу одновременно пострадавших (одиночные, групповые).

9. Установление причин несчастных случаев.

10. Разработка мероприятий по устранению причин несчастных случаев.

11. Составление формализованных документов по результатам расследования несчастных случаев.

12. Хранение и адресность документации по несчастным случаям.

13. Учет несчастных случаев и статистическая отчетность о производственном травматизме.

14. Информация о последствиях несчастных случаев и мероприятиях, выполненных в целях их предупреждения.

В соответствии с официальными положениями несчастные случаи на производстве подлежат расследованию и учету. Каждый несчастный случай на производстве включается в годовой статистический отчет по форме № 7 — травматизм. В отчет включаются данные, по которым рассчитываются показатели травматизма.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какими документами руководствуются при расследовании несчастных случаев на производстве?
2. Какие основные требования и принципы используются при расследовании несчастных случаев на производстве?
3. Как классифицируются несчастные случаи на производстве по тяжести поражения?
4. Рассмотрите ход расследования реального несчастного случая.

## § 19.3. СТРАХОВАНИЕ ОТ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ И ПРОФЗАБОЛЕВАНИЙ

Известно, что любая деятельность имеет рискованный характер и может сопровождаться разного рода нежелательными последствиями (природными катаклизмами, авариями, пожарами, гибелью людей и т. п.).

Испытывая страх перед опасностями, люди стали вступать в особые общественные отношения, которые получили название страхование. Первоначальный смысл понятия «страхования» связан со словом «страх». Страхование зародилось в глубокой древности в период разложения первобытно-общинного строя. Жизненный опыт, основанный на многолетних наблюдениях, позволил сделать вывод о случайном характере чрезвычайных событий и неравномерности нанесения ущерба. Было замечено, что число пострадавших от различных опасностей существенно меньше числа тех, кто хотел бы оказаться среди пострадавших.

Так возникла идея солидарной замкнутой раскладки ущерба, которая составляет сущность страхования.

Заинтересованные лица (физические и юридические) образуют денежные фонды, формируемые из уплачиваемых ими страховых взносов (страховых премий). При наступлении определенных событий (страховых случаев) из этих фондов возмещается ущерб. Величина страховых взносов зависит от вероятности и величины ущерба. Средства фондов используются на различные цели. По российскому праву страхование может осуществляться в добровольной и обязательной формах. Добровольное страхование осуществляется на основании договора, обязательное — в силу закона. Страховщиками являются юридические лица, имеющие разрешение (лицензии) на осуществление страховой деятельности. Существуют различные специальные виды страхования. Например, социальное страхование в России — это государственная система материального обеспечения наемных работников при наступлении нетрудоспособности, старости и в иных предусмотренных законом случаях (например, санаторно-курортное лечение, организация отдыха, лечебное питание). Существует также страхование гражданской ответственности и другие виды.

Таким образом, страхование — это форма профилактики и защиты от опасностей.

В целях обеспечения социальной защиты работающих и экономической заинтересованности субъектов страхования в снижении про-

фессионального риска, возмещения вреда и профилактики травматизма 24 июля 1998 г. принят Федеральный закон № 125 «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний».

Субъектами страхования являются: застрахованный (физическое лицо); страхователь (юридическое лицо), страховщик (Фонд социального страхования РФ).

Закон устанавливает пособие по временной нетрудоспособности в связи с несчастным случаем в размере 100% среднего заработка застрахованного.

В случае утраты профессиональной трудоспособности или смерти установлены в соответствии со степенью утраты трудоспособности единовременные страховые выплаты, исходя из 60 МРОТ.

Ежемесячные выплаты устанавливаются как доля среднего месячного заработка застрахованного и отчислений в соответствии со степенью утраты профессиональной трудоспособности. Если установлена вина пострадавшего, то размер ежемесячных страховых выплат может быть уменьшен, но не более, чем на 25%. Эта норма не распространяется на смертельные случаи.

Страховые тарифы устанавливаются ежегодно законом РФ в зависимости от класса профессионального риска.

Класс профессионального риска определяется величиной интегрального показателя $И_п$, который рассчитывается по формуле

$$И_п = \left(\sum ВВ / \sum ФОТ\right) \cdot 100\%,$$

где $\sum ВВ$ — сумма в возмещение вреда, причиненного застрахованным в результате несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, начисленная в отрасли в истекшем календарном году; $\sum ФОТ$ — размер фонда оплаты труда в отрасли (подотрасли) экономики, на который начислены взносы в Фонд социального страхования РФ в истекшем году.

Интегральный показатель является косвенной оценкой состояния травматизма.

Приведем в качестве примера страховые тарифы, установленные в 2001 г. для различных классов профессионального риска (в процентах к начисленной оплате труда): I класс — 0,2; II — 0,3; III — 0,4; IV — 0,5; V — 0,6; VI — 0,7; VII — 0,8; VIII — 0,9; IX — 1,0; X — 1,1; XI — 1,2; XII — 1,5; XIII — 1,7; XIV — 2,1; XV — 2,5; XVI — 3,0; XVII — 3,4; XVIII — 4,2; XIX — 5,0; XX — 6,0; XXI — 7,0; XXII — 8,5.

Страховой взнос уплачивается страхователем исходя из страхового тарифа с учетом скидки или надбавки (до ± 40%), устанавливаемых

страховщиком в зависимости от класса. С 2005 г. установлены 32 класса профессионального риска.

Правила установления страхователем скидок и надбавок к страховым тарифам на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний утверждено Постановлением Правительства РФ от 6.09.2001 г. № 652 (РГ № 177 от 12.09.2001 г.).

Фонд социального страхования утвердил Методику расчета скидок и надбавок.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Укажите субъекты страхования от несчастных случаев на производстве и профзаболеваний.
2. Каков размер единовременной страховой выплаты при потере кормильца в МРОТ?
3. Как определяется класс профессионального риска?
4. Сколько классов профессионального риска было установлено в начале действия Закона о страховании (2001 г.), и каковы были минимальный и максимальный размер страхового тарифа?
5. Сколько классов профессионального риска действует в настоящее время?
6. К какому классу риска относится выбранная вами специальность?

## § 19.4. МЕТОДИКА РАСЧЕТА СКИДОК И НАДБАВОК К СТРАХОВЫМ ТАРИФАМ

### ПОКАЗАТЕЛИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ РАСЧЕТЕ

Скидки и надбавки к страховым тарифам на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний (далее — скидки и надбавки) устанавливаются Фондом социального страхования (ФСС) на календарный текущий год в размерах не более 40% страхового тарифа, исходя из следующих основных показателей по итогам деятельности страхователя за предшествующий календарный год.

Показатель $a$ — отношение суммы обеспечения по обязательному социальному страхованию от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний (далее — обеспечение по страхованию) в связи со всеми страховыми случаями к начисленной сумме страховых взносов по обязательному социальному страхованию от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний (далее — страховые взносы).

Показатель $a$ рассчитывается по формуле $a = O/V$, где $O$ — сумма обеспечения по страхованию, в которую включаются суммы выплат пособий по временной нетрудоспособности, страховых выплат и оплаты дополнительных расходов на медицинскую, социальную и профессиональную реабилитацию за предшествующий календарный год, произведенные суммарно страхователем и Фондом в связи со страховыми случаями, произошедшими за весь период осуществления страхователем финансово-хозяйственной деятельности, руб.; $V$ — сумма начисленных страховых взносов за предшествующий календарный год, руб.

Показатель $b$ — количество страховых случаев на тысячу работающих. Это есть не что иное, как используемый в охране труда коэффициент частоты применительно к несчастных случаям на производстве, признанных страховыми случаями.

Показатель $b$ рассчитывается по формуле $b = (K/N) \cdot 1000$, где $K$ — количество страховых случаев за предшествующий календарный год; $N$ — среднесписочная численность работающих за предшествующий календарный год, чел.

Показатель $c$ — количество дней временной нетрудоспособности в связи со страховыми случаями, на один страховой случай. Это есть не что иное, как используемый в охране труда коэффициент тяжести применительно к несчастным случаям на производстве, признанных страховыми случаями.

Показатель $c$ рассчитывается по формуле $c = T/K$, где $T$ — количество дней временной нетрудоспособности за предшествующий календарный год в связи со страховыми случаями.

Средние значения основных показателей по отраслям (подотраслям) экономики, соответствующим Общероссийскому классификатору видов экономической деятельности (ОКВЭД), рассчитываются и утверждаются Фондом по согласованию с Минздравсоцразвития Российской Федерации не позднее 31 марта текущего календарного года.

Скидка страхователю устанавливается Фондом в случае, если значения основных показателей страхователя меньше утвержденных средних значений аналогичных показателей по отрасли (подотрасли), которой соответствует основной вид деятельности страхователя.

Надбавка страхователю устанавливается Фондом не позднее 30 апреля текущего календарного года. Она устанавливается в случае, если значения основных показателей страхователя больше утвержденных средних значений аналогичных показателей по отрасли (подотрасли), которой соответствует основной вид деятельности страхователя.

## РАСЧЕТ И УСТАНОВЛЕНИЕ НАДБАВОК И СКИДОК

Фонд рассчитывает размер надбавки (Р) по каждому страхователю, показатели которого соответствуют условиям установления надбавки, по следующей формуле:

$$P = \left( \frac{1}{3} \left( \frac{a_{стр}}{a_{отр}} + \frac{b_{стр}}{b_{отр}} + \frac{c_{стр}}{c_{отр}} \right) - 1 \right) \cdot 100\%, \qquad (1)$$

где $a_{стр}$, $b_{стр}$, $c_{стр}$ — показатели $a$, $b$, $c$, рассчитанные для каждого страхователя; $a_{отр}$, $b_{отр}$, $c_{отр}$ — средние значения показателей по отрасли (подотрасли), которой соответствует основной вид деятельности страхователя.

Страхователю, у которого $0 < P < 40\%$, устанавливается надбавка к страховому тарифу в размере полученного по формуле (1) значения (с учетом округления).

Страхователю, у которого $P \geqslant 40\%$, надбавка устанавливается в размере 40%.

Для рассмотрения вопроса об установлении скидки страхователь не позднее 15 мая текущего календарного года представляет в исполнительный орган Фонда по месту своей регистрации сведения, необходимые для установления скидки, в установленном Фондом порядке.

Условиями рассмотрения Фондом заявления страхователя о предоставлении скидки являются:

1) осуществление страхователем финансово-хозяйственной деятельности с момента его государственной регистрации в течение не менее 3 лет;

2) своевременная уплата страхователем текущих страховых взносов;

3) отсутствие задолженности по страховым взносам.

Решение об установлении скидки страхователю принимается Фондом не позднее одного месяца с даты регистрации заявления. По каждому страхователю, заявление которого принято Фондом к рассмотрению, рассчитывается размер скидки С по следующей формуле:

$$C = \left( 1 - \frac{1}{3} \left( \frac{a_{стр}}{a_{отр}} + \frac{b_{стр}}{b_{отр}} + \frac{c_{стр}}{c_{отр}} \right) \right) \cdot q_1 \cdot q_2 \cdot 100\%. \qquad (2)$$

В этой формуле:

$q_1$ — коэффициент уровня проведения аттестации рабочих мест по условиям труда у страхователя. Уровнем проведения аттестации является отношение числа рабочих мест, по которым проведена аттестация рабочих мест по условиям труда, к их общему числу у страхователя.

$q_1 = 0$, если у страхователя по состоянию на конец предшествующего календарного года уровень проведения аттестации рабочих мест по условиям труда меньше 0,3.

$q_1 = 1$, если у страхователя по состоянию на конец предшествующего календарного года уровень проведения аттестации рабочих мест по условиям труда больше или равен 0,3.

$q_2$ — коэффициент уровня проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров у страхователя. Уровнем проведения является отношение числа работников, прошедших обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры, к числу всех работников, подлежащих данным видам осмотра, у страхователя.

$q_2 = 0$, если у страхователя по состоянию на конец предшествующего календарного года уровень проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров меньше 0,9.

$q_2 = 1$, если у страхователя по состоянию на конец предшествующего календарного года уровень проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров больше или равен 0,9.

Страхователю, у которого $0 < C < 40\%$, скидка к страховому тарифу устанавливается в размере полученного по формуле (2) значения (с учетом округления).

Страхователю, у которого $C \geqslant 40\%$, скидка устанавливается в размере 40%.

## ОФОРМЛЕНИЕ СКИДОК И НАДБАВОК

Установление скидок и надбавок оформляется приказами Фонда. Исполнительный орган Фонда в течение 10 дней со дня принятия решения об установлении скидки или надбавки направляет страхователю Уведомление о размере страховых взносов на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.

В этом уведомлении указывается месяц, с которого изменяется размер страховых взносов:

1) при установлении надбавки — месяц, следующий за месяцем установления указанной надбавки Фондом;

2) при установлении скидки — с начала текущего года.

Решение об отказе в установлении скидки направляется страхователю исполнительным органом Фонда в письменной форме в 10-дневный срок со дня принятия соответствующего решения.

Разногласия, возникающие между Фондом и страхователем по вопросам размера скидки или надбавки, установленной страхователю, рассматриваются согласно соответствующим Правилам, утвержденным Постановлением Правительства РФ от 6 сентября 2001 г. № 652.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Объясните содержание показателя *a* при расчете скидок и надбавок к страховым тарифам.
2. Как трактуется показатель *b* в методике расчета скидок и надбавок?
3. Что представляет собой показатель *c*? Приведите пример для иллюстрации.
4. Как устанавливается размер надбавки?
5. Как рассчитывается размер скидки к страховому тарифу?
6. Какие бывают коэффициенты и каковы их численные значения при расчете скидки?
7. В какие сроки оформляются скидки и надбавки к страховым тарифам?

## § 19.5. ПРОФИЛАКТИКА ТРАВМАТИЗМА И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Основным направлением профилактики травматизма должно быть априорное изучение потенциальных опасностей и причин и опережающая разработка превентивных мер.

Изучение обстоятельств несчастных случаев и выявление их причин также дает много информации для разработки мероприятий, исключающих повторение экстремальных событий. С точки зрения профилактики идеальным следует считать анализ всех несчастных случаев независимо от каких-либо признаков. Поэтому нужно изучать все травмы от незначительных до смертельных. Мелкие травмы (их еще называют микротравмами) являются своего рода индикаторами опасностей. Регистрируя, учитывая и анализируя микротравмы, можно выявить опасности и принять меры защиты от несчастных случаев с тяжелыми исходами. Одна и та же опасность в зависимости от обстоятельств может приводить к травмам различной тяжести.

В то же время известно, что чем мельче (легче) травмы, тем больше их количество. Значит, изучение микротравм является очень информативным средством профилактики несчастных случаев.

К сожалению, упомянутый Федеральный закон (№ 125-ФЗ) не соответствует требованиям непосредственной профилактики травматизма. На изучение конкретных несчастных случаев и установление причин травматизма средства не выделяются. В то же время средства расходуются на мероприятия, имеющие весьма отдаленное отношение к пре-

дупредительным. Например, значительные средства расходуются на обучение так называемых отдельных категорий застрахованных, которые в наименьшей степени подвергаются опасности травмирования, на приобретение приборов и т. п. По нашему мнению, часть средств, аккумулируемых ФСС, следует использовать для создания независимых от предпринимателей комиссий по расследованию несчастных случаев, а также научных организаций по обобщению причин несчастных случаев и разработке конкретных профилактических мероприятий.

Каждый случай профессионального заболевания подлежит специальному расследованию.

Профессиональные заболевания подразделяются на острые, возникшие после однократного (в течение не более одной рабочей смены) воздействия вредных профессиональных факторов, и хронические, возникшие после многократного и длительного воздействия вредных производственных факторов.

Острое профессиональное заболевание (отравление) расследуется в течение 24 часов с момента получения экстренного извещения, хроническое — в течение 10 суток с момента получения извещения о заболевании.

При расследовании как острого, так и хронического профессионального заболевания создается комиссия. В состав комиссии входят представители работодателя, профсоюза (или лицо, уполномоченное коллективом), медицинский работник (если таковой имеется на предприятии) или представитель лечебного учреждения, а также санитарный врач, являющийся представителем территориального центра Роспотребнадзора.

В процессе расследования рассматриваются следующие вопросы:

1) уточняются обстоятельства и причины, при которых возникло профессиональное заболевание;

2) проводится обследование рабочего места (по мере необходимости — участка, цеха), где произошло заболевание;

3) оцениваются санитарно-гигиенические условия труда, в которых работает (работал) пострадавший. В случае необходимости проводятся различные лабораторные и другие исследования;

4) на основе результатов обследования разрабатываются санитарно-профилактические, организационные и технические мероприятия по ликвидации и предупреждению случаев заболевания (отравления).

Порядок установления профессиональных заболеваний на производстве предусматривает, что профзаболевания определяются только на основании медицинского заключения специализированного меди-

цинского учреждения (центра профпатологии) о профессиональном заболевании. В настоящее время действует «Положение о расследовании и учете профессиональных заболеваний», утвержденное Постановлением Правительства РФ № 967 от 15.12.2000 г.

В соответствии с приказом Минздрава РФ № 176 от 28 мая 2001 г. «О совершенствовании системы расследования и учета профессиональных заболеваний в Российской Федерации» по результатам расследования составляется акт.

Для регистрации больных профессиональными заболеваниями и слежения за состоянием их здоровья и работоспособностью в территориальных центрах Роспотребнадзора и в лечебно-профилактических учреждениях, имеющих профпатологические отделения, ведется журнал учета профессиональных заболеваний (отравлений).

По результатам расследования санэпидстанцией применяются меры административного воздействия к лицам, ответственным за допущенные нарушения санитарно-гигиенических правил и норм, повлекшие за собой возникновение случая заболевания (отравления).

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какой стратегии надо придерживаться при анализе несчастных случаев на производстве?
2. На какие профилактические меры целесообразно расходовать средства ФСС?
3. Какая классификация профессиональных заболеваний используется в настоящее время?
4. Как расследуется профессиональное заболевание?
5. Кто правомочен по действующему законодательству определить профзаболевание?

ГЛАВА 20

# БЕЗОПАСНОСТЬ ОБЪЕКТОВ ЭКОНОМИКИ И ПЕРСОНАЛА В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

*Пока душа болит,*
*Мы люди.*
Е. Евтушенко

## § 20.1. УСТОЙЧИВОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ЭКОНОМИКИ

Исключительно важным показателем для объектов экономики является *устойчивость функционирования* — способность продолжать работу в чрезвычайной ситуации и выпускать в требуемых объемах нужную продукцию.

Под повышением устойчивости функционирования объекта экономики (организации) в ЧС понимается комплекс мер по предотвращению или ограничению угрозы жизни и здоровью персонала и проживающего вблизи населения и материального ущерба в ЧС, а также по подготовке к проведению спасательных и других неотложных работ в зоне ЧС.

Под подготовкой объекта к работе в ЧС понимаются заблаговременно проводимые организационные, инженерно-технические и специальные мероприятия, осуществляемые на предприятиях в целях обеспечения их работы с учетом риска возникновения ЧС.

На устойчивость функционирования объекта влияют следующие факторы:

1) регион размещения, присущие данной местности опасные стихийные бедствия;

2) метеорологические особенности региона;

3) социально-экономическая ситуация;

4) условия размещения объекта, рельеф местности, характер застройки, насыщенность транспортными коммуникациями, наличие потенциально опасных предприятий радиационного, химического, биологического и взрывоопасного характера;

5) внутренние условия: численность работающих, уровень их компетентности и дисциплины; размеры и характер объекта, выпус-

каемая продукция; характеристика зданий и сооружений; особенности производства, применяемых технологий и материальных веществ; потребность в основных видах энергоносителей и воде, наличие своих ТЭЦ (котельных); количество и суммарная мощность трансформаторов, газораспределительных станций (пунктов); система канализации.

На основе анализа всех факторов, влияющих на устойчивость функционирования, делается вывод о возможности возникновения ЧС и ее влиянии на жизнедеятельность объекта. Устойчивость закладывается еще на стадии проектирования здания, сооружения, промышленной установки, технологической линии. Иногда под устойчивостью объекта экономики понимают способность его зданий и сооружений, всего инженерно-технического комплекса противостоять воздействию различных неблагоприятных факторов.

Главная цель исследований заключается в выявлении слабых мест во всех системах и звеньях, выработке на данной основе комплекса организационных, инженерно-технических, специальных и других мероприятий по их устранению. Эту работу организует и осуществляет руководитель предприятия с максимальным привлечением научно-исследовательских и проектных организаций. Проводится она в 3 этапа.

*На первом этапе* осуществляются мероприятия, направленные на организацию исследований.

*На втором этапе* проводится непосредственная работа по оценке устойчивости отдельных элементов и систем, а также объекта в целом.

*На третьем этапе* результаты исследований обобщаются. Составляется отчетный доклад, разрабатываются и планируются организационные и специальные мероприятия по повышению устойчивости работы объекта.

### ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Организационные мероприятия включают:

1) прогнозирование последствий возможных ЧС и разработку планов действий как на мирное, так и на военное время, учитывая весь комплекс работ в интересах повышения устойчивости функционирования объекта;

2) создание и оснащение центра аварийного управления объекта и локальной системы оповещения;

3) подготовку руководящего состава к работе в ЧС;

4) создание специальной комиссии по устойчивости функционирования объекта и организацию ее работы;

5) разработку инструкций (наставлений) по снижению опасности возникновения аварийных ситуаций, безаварийной остановке производства, локализации аварий и ликвидации последствий, а также по организации восстановления нарушенного производства;

6) обучение персонала соблюдению мер безопасности, порядку действий при возникновении ЧС, локализации аварий и тушении пожаров, при ликвидации последствий и восстановлении нарушенного производства;

7) подготовку сил и средств локализации аварийных ситуаций и восстановления производства;

8) подготовку эвакуации населения из опасных зон;

9) определение размеров опасных зон вокруг потенциально опасных объектов;

10) проверку готовности систем оповещения и управления в ЧС;

11) организацию медицинского наблюдения и контроля за состоянием здоровья лиц, получивших различные дозы облучения.

### СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Специальными мероприятиями достигается создание благоприятных условий для проведения успешных работ по защите и спасению людей, попавших в опасные зоны, и быстрейшая ликвидация ЧС и их последствий. Такими мероприятиями являются:

1) накопление средств индивидуальной защиты органов дыхания и кожи;

2) создание на химически опасных объектах запасов материалов для нейтрализации разлившихся АХОВ и дегазации местности, зараженных строений, средств транспорта, одежды и обуви;

3) разработка и внедрение автоматизированных систем нейтрализации выбросов АХОВ;

4) обеспечение герметизации помещений в жилых и общественных зданиях, расположенных в опасных зонах;

5) разработка и внедрение в производство защитной тары для обеспечения сохранности продуктов и пищевого сырья при перевозке, хранении и раздаче продовольствия;

6) регулярное проведение учений и тренировок по действиям в ЧС с органами управления, формированиями, персоналом организаций;

7) разработка и внедрение новых высокопроизводительных средств дезактивации и дегазации зданий, сооружений, транспорта и специальной техники;

8) накопление средств медицинской защиты и профилактики радиоактивных поражений людей и животных в районах АЭС.

## ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ОБЪЕКТА ЭКОНОМИКИ

Главным критерием устойчивости является *предел устойчивости* объекта экономики (ОЭ) к воздействию поражающих факторов ЧС. К параметрам поражающих факторов относятся:

1) параметры механического воздействия — давление ударной волны $\Delta P_ф$, кПа; высота волны прорыва $h_в$, м; интенсивность землетрясения $I_з$, баллы;

2) параметр теплового (светового) излучения — тепловой импульс, приводящий к воспламенению, ожогу, $U_т$, кДж/м$^2$;

3) параметр химического заражения (поражения) — поражающая токсическая доза $Д_{пор}$, мг·мин/л;

4) параметры радиоактивного заражения (облучения) — предельно допустимый уровень радиации, при котором можно работать, $Р_{пду}$, рад/ч; допустимая доза облучения $Д_{доп}$, Зв, бэр;

5) параметры морально-психологической устойчивости общества — время адаптации $T_а$, ч, сут.; 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 ГОЧС или определяются расчетным путем. При отсутствии этих данных принимаются следующие значения: $\Delta P_ф$ = 10, 20, 30, 40 кПа; $I_з$ = V, VI, VII, VIII, IX баллов; $h_в$ = 3, 6, 7 м, вызывающие разрушения различной степени (слабые, средние, сильные) химических и нефтеперерабатывающих предприятий и объектов лесопромышленного комплекса.

Оценка степени устойчивости ОЭ к воздействию **механических поражающих** факторов ($\Delta P_ф$, $I_з$, $h_в$) заключается в уточнении предела устойчивости: 1) каждого элемента (по минимальному значению диапазона давлений, вызывающих средние разрушения, $\Delta P_э = \Delta P_{раз.мин}$); 2) цеха (по минимальному пределу входящих в его состав элементов, $\Delta P_ц = \Delta P_{э.мин}$); 3) объекта в целом (по минимальному пределу устойчивости входящих в его состав цехов, систем, $\Delta P_{оэ} = \Delta P_{ц.мин}$).

Заключение об устойчивости объекта к механическим поражающим факторам делается путем сопоставления найденного предела устойчивости объекта $\Delta P_{\text{оэ.пду}}$ с ожидаемым $\Delta P_{\text{ф.макс}}$. Если $\Delta P_{\text{оэ.пду}} > \Delta P_{\text{ф.макс}}$, то объект устойчив, если $\Delta P_{\text{оэ.пду}} < \Delta P_{\text{ф.макс}}$ — неустойчив.

Предел устойчивости объекта необходимо повышать до $\Delta P_{\text{ф.макс}}$, 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 $\Delta P_{\text{ф.макс}} = 30$ кПа. Средние разрушения здания цех получит при $\Delta P_{\text{раз}} = 20...30$ кПа. Предел устойчивости здания цеха $\Delta P_{\text{пду}} = 20$ кПа, электроснабжения — 15 кПа, технологического оборудования — 40 кПа. Значит, $\Delta P_{\text{ц}} = 15$ кПа. На объекте три цеха, для них $\Delta P_1 = 15$ кПа, $\Delta P_2 = 25$ кПа, $\Delta P_3 = 30$ кПа. Предел устойчивости объекта экономики $\Delta P_{\text{оэ.пду}} = 15$ кПа, $\Delta P_{\text{оэ.пду}} < \Delta P_{\text{ф.макс}}$. Следовательно, объект неустойчив к ударной волне.

Оценка устойчивости ОЭ к **тепловому (световому) излучению** заключается в определении:

1) максимального теплового импульса $U_{\text{т.макс}}$, ожидаемого на объекте на расстоянии, где давление равно $\Delta P_{\text{ф.макс}}$;

2) степени (I–V) огнестойкости зданий и сооружений, зависящей от температуры возгорания элементов конструкций $t_{\text{возг}}$;

3) категории пожарной опасности производства (А–Д) по наличию сгораемых элементов (материалов) зданий, веществ;

4) значений тепловых импульсов $U_{\text{т.воспл}}$, при которых происходит воспламенение материалов;

5) предела устойчивости здания к тепловому излучению, который затем сопоставляется с ожидаемым максимальным тепловым импульсом.

Пределом устойчивости ОЭ к воздействию теплового (светового) излучения считают минимальную 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 $Д_{\text{п.токс}}$, приводящая к появлению

начальных признаков поражения производственного персонала и снижающая его работоспособность:

$$Д_{п.токс} = \frac{200Q(a+b)}{V_в K_2 (K_1 R)^{3/2}},$$

где $K_1$ — коэффициент шероховатости местности (для открытой местности $K_1 = 1$; для городской застройки и леса $K_1 = 3{,}5$); $K_2$ — коэффициент СВУА, принимающий значения 1, 1,5, 2; $V_в$ — скорость ветра, м/с; $Q$ — количество вещества, кг; $a$, $b$ — доля АХОВ, переходящая в первичное ($a$) и вторичное ($b$) облако. При нахождении персонала в зданиях токсодоза уменьшается в 2 раза.

Оценка устойчивости работы ОЭ в условиях **радиоактивного заражения** (загрязнения) включает: оценку радиационной обстановки, определение доз облучения персонала, радиационных потерь и потерь трудоспособности.

Предел устойчивости ОЭ в условиях радиоактивного заражения — это предельное значение уровня радиации $Р_{рад.пду}$, Р/ч, на объекте, при котором еще возможна производственная деятельность в обычном режиме (двумя сменами), и при этом персонал не получит дозу выше установленной дозы $Д_{уст}$:

$$Р_{рад.пду} = \frac{Д_{уст} K_{осл}}{2(\sqrt{t_к} - \sqrt{t_н})}.$$

где $K_{осл}$ — коэффициент ослабления; $t_к$, $t_н$ — конечное и начальное время.

Возможно использование в качестве предела устойчивости дозовых пределов $Д_п$, при которых производится отселение населения из зоны ЧС:

$$Д_п \approx \frac{2(Р_к t_к - Р_н t_н)}{K_{осл}}.$$

Сравнивая $Р_{рад.пду}$ с максимально возможным уровнем радиации на объекте $Р_{рад.макс}$, а дозу облучения $Д_п$ с установленной $Д_{уст}$, делаем заключение об устойчивости объекта. Объект устойчив, если $Р_{рад.пду} > Р_{рад.макс}$ и $Д_п \leqslant Д_{уст}$. Допустимый уровень радиации $Р_д$ 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 $T_а$ и коэффициент устойчивости персонала $K_{уст}$.

Время адаптации зависит от состояния нервной системы человека и характеризуется следующими стадиями:

1) витальная реакция — поведение человека направлено на сохранение жизни (15 мин);

2) психоэмоциональный шок, снижение критической оценки ситуации (3...5 ч);

3) психологическая демобилизация, паническое настроение (до 3-х сут.);

4) стабилизация самочувствия (3...10 сут.).

Снизить $T_А$ 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» (свойственно 75% людей). Психоэмоциональная устойчивость общества в ЧС — это состояние трудоспособности человека, его способность эффективно вести спасательные работы.

Коэффициент устойчивости персонала находится по формуле

$$K_{уст} = \frac{N_{нс}}{N_{общ}} \cdot 100\%,$$

где $N_{нс}$ — 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 (МТО)** 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 $T_{ар}$ бесперебойной работы объекта в автономном режиме, оно зависит от запасов топлива, воды, материально-технического снабжения, источников электроэнергии, надежности хранения.

Для нормальной работы ОЭ необходимо устойчивое управление в ЧС.

Пределом устойчивости **управления** $P_{упр}$ является время, в течение которого обеспечивается бесперебойное оповещение, связь, охрана:

$$P_{упр} \approx Kt_{уу},$$

где $t_{уу}$ — 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; разработку декларации безопасности; проверку персонала;

2) предотвращение ЧС — внедрение блокирующих устройств в системах автоматики, обеспечение безопасности;

3) смягчение последствий ЧС — повышение качественных характеристик оборудования, таких как прочность и огнестойкость; рациональное размещение оборудования; резервирование; дублирование; создание запасов; аварийную остановку производства;

4) обеспечение защиты от возможных поражающих факторов расстоянием, ограничением времени действия, использованием экранов, средств индивидуальной и коллективной защиты.

К общим требованиям для мероприятий по повышению устойчивости объекта экономики относятся эффективность и экономичность.

*Эффективность* достигается комплексной оценкой всех поражающих факторов ЧС.

*Экономичность* достигается увязкой мероприятий по предотвращению ЧС с мероприятиями повседневной производственной деятельности предприятия. Необходимым условием экономичности мероприятий по повышению устойчивости является выполнение условия

$$С_{итм} \ll У_{п},$$

где $С_{итм}$ — стоимость инженерно-технических мероприятий по повышению устойчивости; $У_{п}$ — полный ущерб при ЧС.

Оценочным показателем проведения превентивных мероприятий по повышению устойчивости ОЭ может быть показатель экономической эффективности Э, рассчитываемый по формуле

$$Э = \frac{С_{итм}}{У_{п} R_i},$$

где $R_i$, $i = 1, 2, 3$, — 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.

Наиболее объективным документом, всесторонне характеризующим уровень безопасности потенциально опасного производства, яв-

ляется *декларация безопасности*, которая 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. Подробнее эти вопросы изложены в гл. 17 «Промышленная безопасность».

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое устойчивость объекта экономики в ЧС?
2. Какие факторы влияют на устойчивость объекта в ЧС?
3. Какова главная цель исследований на стадии проектирования?
4. В чем выражаются организационные мероприятия для обеспечения устойчивости объекта в ЧС?
5. Какие мероприятия относятся к специальным для защиты людей в ЧС и быстрейшей ликвидации ЧС и ее последствий?
6. Какими поражающими факторами определяется предел устойчивости объекта экономики?
7. Как оценивается устойчивость к воздействию механических поражающих факторов?
8. В чем заключается оценка устойчивости к тепловому излучению?
9. Как определяется оценка устойчивости ОЭ в условиях радиоактивного заражения?
10. Что такое психоэмоциональная устойчивость персонала ОЭ?

## § 20.2. СТРУКТУРА ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ НА ОБЪЕКТАХ ЭКОНОМИКИ

В соответствии с Федеральным законом «О гражданской обороне» гражданская оборона организуется в целях защиты населения, материальных и культурных ценностей от опасностей, возникающих при военных действиях и вследствие этих действий, а также при возникновении ЧС природного и техногенного характера.

В мирное время ее органы управления, силы и средства выполняют часть задач РСЧС, связанных с защитой и ликвидацией последствий чрезвычайных ситуаций. Гражданская оборона на объектах экономики организуется с целью защиты персонала объекта и населения, проживающего вблизи него, от чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и военного характера.

Основные задачи гражданской обороны на объекте:

1) защита работающего персонала и населения от чрезвычайных ситуаций;

2) повышение устойчивости функционирования объекта в условиях чрезвычайных ситуаций;

3) проведение аварийно-спасательных и других неотложных работ в очагах поражения и зонах катастрофического затопления.

Для решения этих задач организация (учреждение, предприятие) в пределах своих полномочий и в порядке, установленном федеральными законами и иными нормативными правовыми актами РФ:

1) планирует и организует мероприятия по гражданской обороне;

2) проводит мероприятия по поддержанию своего устойчивого функционирования в военное время;

3) осуществляет обучение своих работников в области гражданской обороны;

4) создает и поддерживает в состоянии постоянной готовности к использованию локальные системы оповещения;

5) создает и содержит в целях ГО запасы материально-технических продовольственных, медицинских и иных средств.

*Руководителем* ГО объекта является руководитель предприятия. На крупных промышленных объектах, как правило, предусматривается штатный заместитель руководителя гражданской обороны, который в мирное время является начальником управления (отдела) ГОЧС и основным организатором всех подготовительных мероприятий по гражданской обороне. Ему предоставляется право от имени руководителя ГО отдавать приказы и распоряжения по вопросам гражданской обороны объекта.

Кроме *штатного заместителя*, приказом руководителя гражданской обороны назначаются заместители по рассредоточению и эвакуации работающего персонала и членов их семей, по инженерно-технической части, материально-техническому снабжению. В отличие от штатного заместителя они не освобождаются от выполнения своих обязанностей.

Заместителем руководителя гражданской обороны *по рассредоточению и эвакуации* обычно назначается заместитель руководителя объекта по общим вопросам. Являясь, как правило, председателем эвакуационной комиссии, он разрабатывает план рассредоточения, организует подготовку мест в загородной зоне, перевозку туда людей и доставку рабочей силы к месту работы, руководит службой охраны общественного порядка.

Заместителем руководителя ГО *по инженерно-технической части* назначается главный инженер предприятия. Он руководит разработкой перевода предприятия на особый режим работы, осуществляет мероприятия по повышению устойчивости работы предприятия в мир-

ное время, при угрозе нападения и в военное время, непосредственно руководит службами аварийно-технической, противопожарной, убежищ и укрытий, а также осуществляет техническое руководство аварийно-спасательными и другими неотложными работами.

Заместителем руководителя ГО *по материально-техническому снабжению* назначается заместитель (помощник) руководителя объекта по этим вопросам. Он обеспечивает накопление и хранение специального имущества, техники, инструмента, средств защиты и транспорта. На него возлагается материально-техническое обеспечение работ по строительству укрытий, мероприятий по рассредоточению и эвакуации, проведению спасательных и других неотложных работ. При угрозе нападения противника он организует рассредоточение запасов сырья, продовольствия и уникального оборудования.

*Управление (отдел) ГО объекта* создается при руководителе ГО и является его органом управления. Состав управления (отдела) зависит от значимости объекта и комплектуется как штатными работниками ГО, так и за счет дополнительных лиц, не освобожденных от основных обязанностей. Управление (отдел) состоит из начальника управления (отдела), его заместителя (помощников) по оперативно-разведывательной части, боевой подготовке, а также других специалистов по усмотрению начальника управления (отдела) ГО.

Работа управления (отдела) организуется на основании приказов, распоряжений и указаний руководителя ГО объекта, вышестоящих штабов различного уровня и решений органов управления МЧС России.

Управление (отдел) ГОЧС осуществляет мероприятия по защите рабочих, служащих и населения подведомственных рабочих поселков от оружия массового поражения и обеспечивает своевременное оповещение об угрозе чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Разрабатывает план ГО объекта, периодически корректирует его и организует его выполнение. Организует и контролирует обучение рабочих и служащих по гражданской обороне и подготовку нештатных формирований к гражданской обороне.

Вне зависимости от характера производственной деятельности на объекте создаются службы ГО: оповещения и связи, медицинская, радиационной, химической и биологической защиты, охраны общественного порядка, противопожарная, энергоснабжения и светомаскировки, аварийно-техническая, убежищ и укрытий, транспортная, материально-технического снабжения и др. На них возлагается выполнение специальных мероприятий и обеспечение действий формирований при проведении АСДНР.

Руководство службами осуществляют их начальники, которые назначаются приказом руководителя ГО объекта из руководителей отделов, цехов, на базе которых созданы эти службы.

Начальники служб обязаны поддерживать в постоянной готовности силы и средства служб. Они участвуют в разработке плана ГО объекта и самостоятельно разрабатывают необходимые документы служб. На них возлагается своевременное обеспечение подчиненных формирований специальным имуществом и техникой.

*Служба оповещения и связи* создается на базе узла связи объекта. На нее возлагается организация своевременного оповещения руководящего состава, рабочих, служащих и населения рабочих поселков объекта об угрозе чрезвычайной ситуации; организация связи и поддержание ее в состоянии постоянной готовности к работе. Кроме того, служба устраняет аварии в сетях связи, находящихся в очаге поражения.

*Медицинская служба* организуется на базе медсанчасти (здравпункта, поликлиники). Начальник службы — главный врач. Служба обеспечивает комплектование, обучение и поддержание в готовности медицинских формирований, в том числе обучение младшего медицинского персонала для санитарных дружин, накопление запасов медицинского имущества и медицинских средств индивидуальной защиты; осуществляет медицинскую разведку и санитарно-эпидемиологическое наблюдение. Оказывает медицинскую помощь пораженным и эвакуирует их в лечебные учреждения, осуществляет медицинское обеспечение рабочих, служащих и членов их семей в местах рассредоточения и эвакуации.

*Служба радиационной, химической и биологической защиты* разрабатывает и осуществляет мероприятия по защите людей, столовых, складов продовольствия от воздействия радиоактивных, химических и биологических веществ; организует и подготавливает формирования и учреждения; осуществляет контроль за состоянием средств индивидуальной защиты и специальной техники. Ведет радиационную и химическую разведку, осуществляет контроль за облучением и заражением личного состава, проводит мероприятия по ликвидации очагов радиоактивного и химического заражения.

*Служба охраны общественного порядка* (ООП) создается на базе подразделений ведомственной охраны и формирований общественного порядка, создаваемых за счет персонала предприятия. Она обеспечивает охрану объекта, поддержание общественного порядка во время проведения аварийно-спасательных и других работ, содействует своевременному укрытию работающих по сигналам оповещения, наблюдает за режимом светомаскировки. Формирования ООП обеспечивают порядок сре-

ди населения при эвакуации, регулируют движение транспорта и пеших колонн на маршрутах и в районах расположения, охраняют государственную, общественную собственность и личное имущество населения, усиливают охрану важных объектов и дорожных сооружений.

*Служба электроснабжения и светомаскировки* создается на базе отдела главного энергетика. Служба разрабатывает мероприятия, обеспечивающие бесперебойную подачу газа, топлива или электроэнергии на объект. Проводит оснащение уязвимых участков энергетических сетей средствами защиты. Планирует проведение мероприятий по светомаскировке и подготовительные работы первоочередных восстановительных работ на энергосетях.

*Аварийно-техническая служба* организуется на базе производственного, технического отделов или главного механика. Разрабатывает и проводит мероприятия по защите уникального оборудования, повышению устойчивости основных сооружений, специальных инженерных сетей и коммуникаций; проводит неотложные работы по локализации и ликвидации аварий на коммуникациях и сооружениях объекта.

*Служба убежищ и укрытий* организуется на базе отдела капитального строительства, жилищно-коммунального отдела. Она осуществляет разработку расчетов для укрытия рабочих, служащих и членов их семей, обеспечение готовности убежищ и укрытий и контроль за правильностью их эксплуатации, в том числе необходимого запаса продовольствия, воды, медикаментов; организацию строительства защитных сооружений, а в условиях ЧС — быстро возводимых сооружений, поддерживает порядок в убежищах. Участвует в проведении аварийно-спасательных и других неотложных работ при вскрытии заваленных убежищ и укрытий.

*Транспортная служба* создается на базе транспортного отдела (гаража). Она разрабатывает и осуществляет мероприятия по обеспечению перевозок, связанных с рассредоточением рабочих и служащих и доставкой их к месту работы; организует подвоз сил и средств к очагу поражения; осуществляет перевозку пораженных; проводит работы по обеззараживанию транспорта.

*Служба материально-технического снабжения* организуется на базе отдела материально-технического снабжения объекта. Она своевременно снабжает формирования ГО всеми видами специальной техники, имущества и продовольствия; организует ремонт техники и имущества, подвоз его к участкам работ, хранение и учет; обеспечивает предметами первой необходимости рабочих и служащих как на самом предприятии, так и в местах рассредоточения.

Управление (отдел) ГОЧС разрабатывает план гражданской обороны объекта.

План подписывает начальник управления (отдела) ГОЧС. Утверждается план руководителем гражданской обороны объекта.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. С какой целью организуется гражданская оборона на промышленном объекте?
2. Укажите основные задачи гражданской обороны на объекте.
3. Какова структура гражданской обороны на объекте и каковы функции ее руководителей?
4. Что представляет собой управление (отдел) ГОЧС объекта, каков его состав и чем он занимается?
5. Какие службы ГО создаются на объекте? Охарактеризуйте их.

ГЛАВА 21

# ГЛОБАЛИСТИКА БЕЗОПАСНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

## § 21.1. ВВЕДЕНИЕ

Глобализация — это процесс становления единого взаимосвязанного мира, финансово-информационного пространства на базе новых, преимущественно компьютерных технологий. Процессы глобализации идут во всех сферах человеческих отношений. Глобализация — это объективный феномен, который пока мало изучен. Глобализация порождает глобальные проблемы, кризисы, противоречия и опасности.

Глобалистика (от *лат.* globus — шар) — новая обширная область междисциплинарных знаний, в рамках которой ведутся исследования процессов глобализации. Процесс глобализации определяется рыночными, а не государственными силами. Процесс глобализации начался на рубеже XIX и XX вв. Современный этап глобализации начался в конце 1960-х гг. Научные исследования в области глобалистики начал проводить Римский клуб, образованный в 1968 г. Инициатором создания клуба был итальянский менеджер Аурелио Печчеи, который совместно с профессором Кингом, пригласил в Рим 30 европейских ученых для работы по прогнозированию глобальных процессов. Перед клубом были поставлены две задачи: 1) показать человеку возникшие перед ним проблемы; 2) способствовать их решению. Используя математические модели, специалисты Римского клуба попытались предсказывать будущее человечества. Первой работой была математическая модель «Мир-1». Модель показала, что человечество идет к неминуемой гибели. После этого было выполнено еще 18 исследовательских проектов.

Основные идеи Римского клуба следующие:

- человек в своей деятельности должен исходить из возможностей окружающей его среды;

- возможности человека имеют физические и психологические пределы;
- человеку необходимо бережно относиться к культурному наследию;
- необходимо изменить устройство мира;
- как разместить на планете людей, которых становится все больше;
- как должно быть организовано производство, чтобы обеспечить людей планеты.

Как видим, ничего нового не сказано. Глобалистика как наука призвана изучать глобальные закономерности современного мира, предвидеть ход развития цивилизационных процессов и разрабатывать регулирующие воздействия.

Вопросы безопасности людей на Земле обладают всеми признаками глобализационных процессов. Опасности современного мира угрожают всему населению земного шара. Защита от этих опасностей возможна только совместными усилиями людей.

Напомним, что под опасностью понимаются такие факторы и явления, непосредственное воздействие которых на людей сопровождается заболеваниями и травмами разной степени тяжести.

К глобальным проблемам безопасности деятельности относятся следующие процессы:

- рост численности населения планеты;
- возрастающий недостаток продуктов питания;
- загрязнение воздушной среды;
- загрязнение гидросферы;
- уменьшение озонового слоя;
- опасные космические объекты;
- экстремальные и чрезвычайные ситуации различного происхождения и др.

Перечисленные проблемы в итоге порождают опасности для человека, то есть вызывают заболевания, травмы, смерть. В совокупности опасностей так много, что возникает угроза жизни на планете.

Задачи глобализации сводятся к попыткам разобраться в причинах опасных процессов, идущих на Земле, и предложить меры по их решению.

Проблемы безопасности по масштабу воздействия принято делить на глобальные и локальные. Но необходимо заметить, что так называемые локальные, т. е. местные, проблемы настолько распространены по земному шару, что их можно считать по совместному действию тоже глобальными.

Таким образом, в современном глобальном мире возникла глобальная система опасностей, угрожающая населению земного шара. Задача состоит в том, чтобы создать глобальную систему безопасности деятельности. Пока над этой проблемой никто не задумался. Основное внимание сейчас уделяется решению частных проблем. Это естественно нужно делать. Но этого недостаточно, так как количество трагедий растет.

## § 21.2. ГОЛОД КАК ГЛОБАЛЬНАЯ ОПАСНОСТЬ

В докладе ООН «Будущее, которого мы хотим» (июнь 2012 г., Рио-де-Жанейро) сказано, что каждый седьмой житель планеты страдает от голода. Основными зонами продовольственного кризиса являются развивающиеся страны.

Это не новая проблема. Она вызвана тем, что ресурсы Земли ограничены. Английский экономист и священник Томас Роберт Мальтус (1766–1834) в результате исследований пришел к выводу, что производство продуктов питания в Англии увеличивается в арифметической прогрессии, а численность населения — в геометрической.

Из этого следовал вывод о том, что естественным регулятором этого несоответствия являются эпидемии, войны и прочие опасности, с которыми нет смысла бороться.

В мире имеет место нехватка продовольствия. Чтобы избежать массового голода, необходимо производить 28 млрд т зерна, а производится его всего 15 млрд т.

Каковы перспективы решения глобальной проблемы голода?

Самый простой и эффективный способ — увеличить производство продуктов. Но возможности этого способа ограничены — нет земли и плохое состояние почв. Все же благодаря селекции и биотехнологиям урожайность удается поднять.

Решение вопроса защиты от голода не может быть достигнуто без учета численности населения.

Человеку для нормальной жизни необходимо ежедневно получать 2–3 тыс. калорий и 2,5 л воды. Этого достичь для всего населения невозможно. Остается второй путь — снижение рождаемости. На этот счет есть положительный опыт ряда стран. Например, в 1970 г. прирост населения в Китае составлял 25,8 на тысячу жителей, а сейчас он сократился до 9,5.

## § 21.3. ОПАСНЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ (ОКО)

В последние годы появился ряд публикаций, посвященных таким опасностям для землян как астероиды, кометы и метеороиды. В предисловии к книге Остина Аткинсона «Столкновение с Землей» (СПб, Амфора/Эврика, 2011, 398 с.) говорится: «Рано или поздно произойдет такое столкновение, которое коренным образом изменит жизнь значительной части населения Земли. Шестьдесят миллионов лет назад, когда на нашей планете были хозяевами динозавры, произошло столкновение с десятикилометровым космическим телом, от последствий которого пострадала вся их популяция. В 1908 г. пятидесятикилометровый метеорит, взорвавшийся над районом реки Тунгуски в Сибири, был не очень масштабным и тем не менее явился очень серьезным напоминанием о том, что грозящая Земле опасность столкновений с космическими телами — не просто эпизод из далекого прошлого. И мы тоже можем пойти по пути динозавров. С другой стороны, наука может заблаговременно предупредить нас о грозящей опасности. Насколько заблаговременным может быть такое предупреждение? Если речь пойдет о нескольких днях, то, вероятно, было бы лучше, если бы мы вообще ни о чем не подозревали, ибо тогда все наши приготовления были бы напрасными. Но если весть о потенциально опасном событии опередит его на десятилетия, то человечество окажется перед уникальной возможностью защитить и сохранить себя.

Но готовы ли мы к решению этой задачи? При наличии явной, хотя и достаточно отдаленной угрозы, было бы логичным направить на ее устранение всю военную мощь нашей планеты. Удастся ли это, зависит в такой же степени от политики и экономики, в какой и от военных технологий. Политика и экономика играют такую же роль в решении другого вопроса: будет ли и когда будет выявлена потенциальная угроза.

Необходимые для этого космические технологии уже существуют и даже используются.

А вот что писала «Российская газета» (27.04.2012) по поводу опасностей из космоса: «Существует определенная вероятность, что в 2036 г. астероид Апофис столкнется с нашей планетой. По расчетам специалистов, столкновение Земли с астероидом диаметром несколько сотен метров приведет к крупным региональным разрушениям, а при диаметре падающего астероида свыше 0,8–1 км — к глобальной экологи-

ческой катастрофе, так называемой «астероидной зиме» и концу цивилизации».

В печати сообщалось о том, что планируется совместная научная деятельность российских и американских специалистов по защите от ОКО.

## § 21.4. ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ И ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

К экстремальным и чрезвычайным ситуациям относятся все несчастные случаи, пожары, катастрофы, аварии, террористические акты и другие опасные события. Существует мнение, что количество опасных событий все время увеличивается. Только на производстве, по данным МОТ, ежегодно погибает более 2 млн человек.

Число опасных событий настолько велико, что их можно отнести к глобальным опасностям.

Люди гибнут от всевозможных событий: случайных, преднамеренных и суицидов. Это ли не глобальная цепь! В программах образовательного уровня по безопасности деятельности необходимо предусмотреть раздел, посвященный проблемам глобалистики безопасности.

## § 21.5. ЧТО ПРОИСХОДИТ С ПОГОДОЙ И КЛИМАТОМ?

В последнее время все чаще проявляется беспокойство по поводу увеличения числа стихийных бедствий на Земле. Причину этого явления стали искать в действиях человека. В 1989 г. появилась книга Ш. Роуна «Озоновый кризис. Пятнадцатилетняя эволюция неожиданной глобальной опасности». Вскоре появляется Монреальский протокол, запрещающий использование фреонов в бытовой технике, при этом подчеркивалось, что от дефицита озона зависит и климат планеты. Затем появился известный Киотский протокол, согласно которому развернулась компания против углекислого газа, выбрасываемого в атмосферу промышленными предприятиями. Многочисленные научные коллективы, используя математические и компьютерные модели, стали доказывать опасную роль человека в потеплении климата.

В декабре 2009 г. в Дании состоялась грандиозная конференция по предотвращению глобального потепления и изменения климата. СМИ всех уровней поддерживали идею вредного влияния деятель-

ности человека на земную жизнь, погоду, климат. Мнения были разные. Одни считали, что идет процесс потепления, другие, наоборот, что грядет зима.

Ошибка состоит в том, что причину климатических изменений пытаются найти в рамках биосферы, полагая, что погода и климат нужны только человеку и забывая о том, что существуют глобальные климатические процессы. Климат является функцией межпланетных процессов. Объяснение этих процессов приведено в международных источниках (Н. В. Петров, 2011).

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрение проблем безопасности человека в любых условиях жизни и сферах деятельности приводит к выводу, что достижение абсолютной безопасности немыслимо, 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. Определение точного количества 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 гуманных 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 классических университетах такие дисциплины не преподаются, нет этих предметов и во многих учебных планах (особенно для экономических специальностей). Однако 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 в области БЖД**. 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. Проблема образования в области безопасности столь важна, что для решения необходимо в законодательном порядке разработать соответствующую федеральную программу.

Вот некоторые черты *образовательной концепции в БЖД*.

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, объединении усилий государств. Например, ООН объявила 90-е гг. XX в. 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, в этом направлении ведется 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 и, 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 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: 1) любая деятельность потенциально опасна; 2) превентивными мерами опасность может быть снижена до приемлемого уровня (риска); 3) для ликвидации возможных последствий остаточного риска предусматриваются системы соответствующих действий.

В результате система образования должна: 1) дать цельное представление об опасностях окружающего мира и защите от них; 2) обучить выполнению на практике действий 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 экономики и народного хозяйства в целом.

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. При этом система безопасности должна быть вневедомственной и учитывать интересы всех жителей.

Важнейшим звеном системы должна стать государственная *инспекция безопасности*. В отличие от существующих (инспекция труда, автомобильная, транспортная, пожарная и т. д. и т. п.), инспекция безопасности жизнедеятельности должна быть единой с соответствующими подразделениями. 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. 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 возникает задача расследования обстоятельств этих событий, выявления причин, установления виновных лиц и т. д. Система расследования — важнейший компонент в организации безопасности.

Большое значение для анализа травматизма, прежде всего производственного, и организации предупредительных мер имеет статистика, которая в настоящее время, к сожалению, не совсем адекватно отражает реальную ситуацию.

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.

Выполнение перечисленных положений приведет к образованию эмерджентной системы безопасности и позволит поднять состояние безопасности на качественно новый уровень.

Обратим внимание на еще один очень важный аспект в БЖД, который оставался как бы в стороне, в тени других проблем.

В учебниках и учебных пособиях, посвященных вопросам безопасности и охраны труда, издававшихся в предыдущие годы, **человеку** уделялось очень мало внимания. Молчаливо подразумевалось, что цель состоит в том, чтобы обеспечить его безопасность посредством создания безопасной техники и технологии. Был даже лозунг «от техники безопасности — к безопасной технике». Иллюзорность такого подхода вскоре стала очевидной.

Теперь системные идеи в анализе проблем безопасности и необходимость учета характеристик человека при синтезе соответствующих решений стали аксиомой. Система «человек–опасность» — основной предмет усиленного изучения специалистами различных направлений.

Однако усилия специалистов складываются не в пользу человека. Основное внимание уделяется техническим и организационным средствам безопасности.

В поисках решений проблем следует помнить, что основные резервы обеспечения безопасности заключены в человеке.

В человеке можно выделить три составляющие: биологическую, социальную и духовную. Представление о человеке как единстве этих составляющих, которое сложилось еще в древние времена, является в настоящее время общепринятым. Эти составляющие определяют материальные потребности, знания и нравственную культуру человека.

Основатель «Римского клуба» А. Печчеи писал: «Истинная проблема человеческого вида на данной ступени его эволюции состоит в том, что он оказался полностью неспособным в культурном отношении идти в ногу со временем и полностью приспособиться к тем изменениям, которые сам внес в этот мир».

Мы полностью солидарны с такой оценкой. Агрессивное поведение человека по отношению к природе, экологический вандализм, сознательное нарушение элементарных требований безопасности, другие формы патологического отношения к проблемам безопасности можно объяснить отсутствием культуры безопасности и охраны труда. Решение проблем безопасности должно идти не только от разума, но и от сердца.

Культура — это вторая природа, созданная человеком. Ее нужно воспитывать, создавать во всех сферах человеческих отношений.

Культура безопасности — это проблема, которая ждет своего решения. Культурно-образовательная деятельность, как правило, отстает от материальной. Необходимо создать такую систему воспитания, чтобы каждый индивид мог подняться до уровня *личности безопасного типа*. Такая личность не вредит себе и окружающим, действует в согласии с обществом и природой.

# ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ БЖД ПО РАЗЛИЧНЫМ ИСТОЧНИКАМ

**Аварийно-спасательная служба** — совокупность органов управления, сил и средств, предназначенных для решения задач по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций, функционально объединенных в единую систему, основу которой составляют аварийно-спасательные формирования.

**Аварийно-спасательные работы** — действия по спасению людей, материальных и культурных ценностей, защите природной среды в зоне чрезвычайных ситуаций, локализации чрезвычайных ситуаций и подавлению или доведению до минимально возможного уровня воздействия характерных для них опасных факторов. Аварийно-спасательные работы характеризуются наличием характерных факторов, угрожающих жизни и здоровью проводящих эти работы людей, и требуют специальной подготовки, экипировки и оснащения.

**Авария** — разрушение сооружений, оборудования, технических устройств, неконтролируемые взрыв и (или) выброс опасных веществ, создающие угрозу жизни и здоровью людей.

**Аккредитация** — в широком смысле: назначение на выполнение каких-либо функций, наделение полномочиями, правами на совершение чего-либо.

**Аккредитация органа по сертификации или испытательной лаборатории (центра)** — процедура, посредством которой аккредитующий орган официально признает компетентность, способность органа по сертификации или испытательной лаборатории (центра) выполнять конкретные работы в определенной области сертификации или испытаний.

**Анализ** — деятельность, предпринимаемая для установления пригодности, адекватности, результативности рассматриваемого объекта для достижения установленных целей.

**Апостериорный анализ** — исследование реализовавшегося события.

**Априорный анализ** — исследование потенциального события.

**Аттестация рабочих мест по условиям труда** — система анализа и оценки состояния условий труда на рабочих местах для проведения оздоровительных мероприятий, ознакомления работающих с условиями труда, сертификации работ по охране труда на производственных объектах, для подтверждения или отмены права предоставления компенсаций работникам, занятым на тяжелых работах и работах с вредными и опасными условиями труда.

**Аудит** — систематический, независимый и задокументированный процесс получения и объективной оценки данных для определения степени соблюдения установленных критериев.

**Безопасность** — отсутствие недопустимого риска.

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

**Безопасные условия труда** — условия труда, при которых воздействие на работающих вредных или опасных производственных факторов исключено либо уровни их воздействия не превышают установленные нормативы.

**Гомосфера** — пространство возможного пребывания человека в процессе рассматриваемой деятельности.

**Декларация промышленной безопасности ОПО** — документ, в котором представлены результаты всесторонней оценки риска аварии, анализа достаточности принятых мер по предупреждению аварий и по обеспечению готовности организации к эксплуатации ОПО в соответствии с нормами и правилами промышленной безопасности, а также к локализации и ликвидации последствий аварий на ОПО.

**Дерево опасностей и причин** — графическое изображение логических связей между причинами и следствиями различных уровней.

**Деятельность** — специфически человеческая форма активного отношения к окружающему миру.

**Допустимый или приемлемый риск** — риск, который принимается в данное время при существующих возможностях и общественных ценностях как неизбежный, который нецелесообразно или невозможно снижать.

**Жизненный цикл** — последовательные или взаимосвязанные стадии продукционной системы от приобретения сырья или разработки природных ресурсов до утилизации продукции.

**Защитная мера** — любое средство, используемое для уменьшения риска.

**Здоровье** — состояние полного физического, душевного и социального благополучия, а не только отсутствие болезни или физических дефектов. Это динамический процесс, в большой степени зависящий от индивидуальной способности адаптироваться к среде. Быть здоровым означает сохранять интеллектуальную и социальную активность, несмотря на нарушения или недостатки (ВОЗ).

**Идентификация опасности** — процесс выяснения факта существования опасности и определения ее характеристик.

**Инцидент** — небезопасное происшествие, связанное с работой или произошедшее в процессе работы, но не повлекшее за собой травму.

**Качество** — степень соответствия совокупности присущих характеристик требованиям.

**Квантификация** — введение количественных характеристик для оценки качественных понятий.

**Класс профессионального риска** — уровень производственного травматизма, профессиональной заболеваемости и расходов на обеспечение по обязательному социальному страхованию.

**Контроль** — процедура оценивания соответствия путем наблюдения и суждений, сопровождаемых соответствующими измерениями, испытаниями или калибровкой.

**Контроль в области охраны окружающей среды (экологический контроль)** — система мер, направленная на предотвращение, выявление и пресечение нарушений законодательства в области охраны окружающей среды, обеспечение соблюдения субъектами хозяйственной и иной деятельности требований, в том числе нормативов и нормативных документов, в области охраны окружающей среды.

**Ликвидация чрезвычайных ситуаций** — аварийно-спасательные и другие неотложные работы, проводимые при возникновении чрезвычайных ситуаций и направленные на спасение жизни и сохранение здоровья людей, снижение размеров ущерба окружающей природной среде и материальных потерь, а также на локализацию зон чрезвычайных ситуаций, прекращение действия характерных для них опасных факторов.

**Лицензия** — специальное разрешение на осуществление конкретного вида

деятельности при обязательном соблюдении определенных требований.

**Менеджмент** — скоординированная деятельность по руководству и управлению организацией.

**Метод** — путь, способ достижения цели, исходящий из знания наиболее общих закономерностей явления.

**Мониторинг** — наблюдение, оценка и прогноз состояния окружающей среды в связи с хозяйственной деятельностью.

**Нарушение здоровья** — физическое, душевное или социальное неблагополучие, связанное с потерей, аномалией, расстройством психологической, физиологической, анатомической структуры и (или) функции организма человека.

**Нежелательное событие** — любое происшествие, явление, фактор, которое может непосредственно привести к ущербу.

**Несчастный случай** — нежелательное событие, приводящее к смертельному исходу, травме или заболеванию работника.

**Ноксосфера** — пространство, в котором постоянно существуют или периодически возникают опасности.

**Окружающая среда** — внешняя среда, в которой функционирует организация, включающая воздух, воду, землю, природные ресурсы, флору, фауну, человека и их взаимодействие.

**Опасность** — потенциальный источник возникновения ущерба здоровью людей.

**Остаточный риск** — риск, остающийся после предпринятых защитных мер.

**Охрана труда** — система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия.

**Оценка воздействия на окружающую среду** (ОВОС) — вид деятельности по выявлению, анализу и учету прямых, косвенных и иных последствий воздействия на окружающую среду планируемой хозяйственной и иной деятельности в целях принятия решения о возможности или невозможности ее осуществления.

**Оценка риска** — общий процесс оценки величины риска и принятие решения о том, является ли риск приемлемым.

**Предупреждающее действие** — действие, предпринятое для устранения причины потенциального несоответствия или другой потенциально нежелательной ситуации.

**Предупреждение чрезвычайных ситуаций** — комплекс мероприятий, проводимых заблаговременно и направленных на максимально возможное уменьшение риска возникновения чрезвычайных ситуаций, а также на сохранение здоровья людей, снижение размеров ущерба окружающей природной среде и материальных потерь в случае их возникновения.

**Приемлемый риск** — риск, уменьшенный до уровня, который организация может допустить, учитывая ее обязательства перед законом и ее собственную политику в области здоровья и безопасности.

**Принцип** — идея, мысль, основное положение.

**Причина** — событие, предшествующее другому событию и вызывающее его; обстоятельства, преобразующие потенциальную опасность в реальную (реализовавшуюся).

**Производственная среда** — совокупность условий, в которых выполняется работа.

**Профессиональное заболевание** — хроническое или острое заболевание, являющееся результатом воздействия вредного производственного фактора и повлекшее временную или стойкую профессиональную нетрудоспособность.

**Профессиональный риск** — вероятность повреждения (утраты) здоровья или смерти, связанная с исполнением обязанностей по трудовому договору (контракту) и в иных установленных законом случаях (№ 125-ФЗ, 1998).

**Риск** — оценка опасности, сочетающая частоту и тяжесть ущерба.

**Риск групповой (популяционный)** — вероятность того, что группа работников одновременно испытает неблагоприятные последствия данных условий труда за год или рабочий стаж.

**Риск индивидуальный** — вероятность кого-либо из профессиональной группы пострадать от воздействия данных условий труда за год или рабочий стаж. Индивидуальный риск оценивают с учетом факторов риска данного работника. Стаж работы свыше половины среднего срока развития профзаболевания в данной профессии считают сильным фактором риска.

**Сертификация работ по охране труда в организациях** — деятельность органов по сертификации, аккредитованных в установленном порядке, по подтверждению соответствия работ по охране труда в организации государственным нормативным требованиям охраны труда.

**Система** — совокупность взаимосвязанных или взаимодействующих элементов.

**Система менеджмента здоровья и безопасности на производстве** — часть общей системы менеджмента, которая способствует управлению рисками в области здоровья и безопасности, связанными с деятельностью организации.

**Система управления окружающей средой** — часть общей системы административного управления, которая включает в себя организационную структуру, планирование, ответственность, методы, процедуры, процессы и ресурсы, необходимые для разработки, внедрения, реализации, анализа и поддержания экологической политики.

**Система управления охраной труда** (СУОТ) — 1) часть общей системы управления (менеджмента) организации, обеспечивающая управление рисками в области охраны здоровья и безопасности труда, связанными с деятельностью организации; 2) набор взаимосвязанных или взаимодействующих между собой элементов, устанавливающих политику и цели по охране труда и достижение этих целей.

**Следствие** — событие, вызываемое некоторой причиной.

**Соглашение** — нормативный акт, устанавливающий общие принципы регулирования социально-трудовых отношений и связанных с ними экономических отношений, заключаемый между полномочными представителями работников и работодателей на федеральном, региональном, отраслевом (межотраслевом), территориальном и иных уровнях в пределах их компетенции.

**Технический регламент** — документ, который принят международным договором Российской Федерации, ратифицированным в порядке, установленном Законодательством Российской Федерации, или Федеральным законом, или Указом Президента Российской Федерации, или Постановлением Правительства Российской Федерации, и устанавливает обязательные для применения и исполнения требования к объектам технического регулирования (продукции, в том числе зданиям, строениям и сооружениям, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации).

**Техническое регулирование** — правовое регулирование отношений в области установления, применения и исполнения обязательных требований к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, а также в области установления и применения на добровольной основе требований к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнению работ или оказанию услуг и правовое регулирование отношений в области оценки соответствия.

**Травмобезопасность** — соответствие рабочих мест требованиям безопасности труда, исключающим травмирование работающих в условиях, установленных нормативными правовыми актами по охране труда.

**Труд** — высшая форма деятельности.

**Условия труда** — совокупность факторов производственной среды и трудового процесса, оказывающих влияние на работоспособность и здоровье работника.

**Ущерб здоровью** — заболевание, травма, смерть.

**Чрезвычайная ситуация** — это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

**Экологическая экспертиза** — установление соответствия намечаемой хозяйственной и иной деятельности экологическим требованиям и определение допустимости реализации объекта экологической экспертизы.

**Экологическая эффективность (характеристики экологичности)** — измеряемые результаты системы управления окружающей средой, связанные с контролированием организацией ее экологических аспектов, основанных на ее экологической политике, а также на целевых и плановых экологических показателях.

**Экологический аудит** — независимая, комплексная, документированная оценка соблюдения субъектом хозяйственной и иной деятельности требований, в том числе нормативов и нормативных документов, в области охраны окружающей среды, требований международных стандартов и подготовка рекомендаций по улучшению такой деятельности.

**Экспертиза промышленной безопасности** — оценка соответствия объекта экспертизы предъявляемым к нему требованиям промышленной безопасности, результатом которой является заключение.

**Экспертиза условий труда** — комплексная оценка специалистами (экспертами) факторов производственной среды.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

# ПРИБОРЫ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

| Название прибора | Измеряемый параметр |
|---|---|
| Актинометр | Уровень инфракрасного (теплового) облучения |
| Анемометр | Подвижность атмосферного воздуха |
| Ареометр | Плотность жидкости |
| Барограф | Регистрация изменения атмосферного давления |
| Барометр | Атмосферное давление |
| Ваттметр | Электрическая мощность |
| Виброметр | Уровень вибрации |
| Газоанализатор | Концентрация газов в воздухе |
| Гигрограф | Непрерывная регистрация изменения относительной влажности воздуха во времени |
| Гигрометр | Влажность атмосферного воздуха |
| Дозиметр | Уровень ионизирующих излучений |
| Кататермометр | Охлаждение воздуха от совместного действия температуры, влажности и скорости подвижности воздуха |
| Люксметр | Уровень освещенности |
| Манометр | Давление в технических системах |
| Мегаомметр | Электрическое сопротивление изоляции |
| Микроманометр | Давление воздушных потоков в трубах |
| Микротесламетр | Уровень магнитной индукции |
| Психрометр | Влажность воздуха в помещении |
| Пульсметр | Пульсация светового потока |
| Пылемер | Концентрация пыли в воздухе помещения |
| Радиометр | Уровень энергетической освещенности (тепловой облученности) |
| Радиометр ультрафиолетовый | Уровень энергетической освещенности ультрафиолетового излучения |
| Счетчик аэроионов | Количество аэроионов в воздухе |
| Тахометр | Круговая скорость вращения |
| Термометр | Температура воздуха |
| Термограф | Регистрация изменения температуры воздуха |
| Хроматограф | Концентрация газов, паров в помещениях |
| Шумомер | Уровень шума |
| Яркомер | Яркость поверхности |

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

# НАИБОЛЕЕ УПОТРЕБЛЯЕМЫЕ ЕДИНИЦЫ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

| Наименование единицы | Физическая величина | Обозначение единицы | |
|---|---|---|---|
| | | между-народное | русское |
| ампер* | электрический ток | A | А |
| ампер на метр | напряженность магнитного поля | A/m | А/м |
| ампер на квад-ратный метр | плотность тока | $A/m^2$ | $А/м^2$ |
| ампер-виток | намагничивающая сила | Atr; AT; At | Ав |
| ампер-секунда | количество электричества | As | А·с |
| ампер-час | количество электричества | Ah | А·ч |
| вар | реактивная мощность | var | вар |
| ватт | активная мощность | W | Вт |
| ватт-секунда | электрическая энергия | Ws | Вт·с |
| ватт-час | электрическая энергия | Wh | Вт·ч |
| вебер | магнитный поток | Wb | Вб |
| вольт | электрическое напряжение | V | В |
| вольт-ампер | полная мощность | V·A | В·А |
| вольт на метр | напряженность электрического поля | V/m | В/м |
| гаусс | магнитная индукция | Gs | Гс |
| генри | индуктивность | H | Гн |
| генри на метр | магнитная проницаемость | H/m | Гн/м |
| герц | частота | Hz | Гц |
| джоуль | энергия, работа | J | Дж |
| кандела* | сила света | cd | кд |
| кельвин* | абсолютная температура | K | К |
| киловатт | активная мощность | kW | кВт |
| киловатт-час | энергия | kWh | кВт·ч |
| килограмм* | масса | kg | кг |
| кулон | электрический заряд | C | Кл |
| кулон-метр | диэлектрическая проницаемость | C·m | Кл·м |
| люкс | освещенность | lx | лк |
| люмен | световой поток | lm | лм |
| метр* | длина | m | м |

*Продолжение табл.*

| Наименование единицы | Физическая величина | Обозначение единицы | |
|---|---|---|---|
| | | между-народное | русское |
| моль* | количество вещества | mol | моль |
| ньютон | сила | N | Н |
| обороты в минуту | угловая скорость | 1/min; tr/min | об/мин |
| обороты в секунду | угловая скорость | 1/s; tr/s | об/с |
| ом | электрическое сопротивление | Ω | Ом |
| ом-метр | удельное сопротивление | Ω·m | Ом·м |
| паскаль | давление | Pa | Па |
| радиан** | угол | rad | рад |
| секунда* | время | s | с |
| сименс | электрическая проводимость | S | См |
| сименс на метр | удельная проводимость | S/m | См/м |
| стерадиан** | телесный угол | sr | ср |
| тесла | магнитная индукция | T | Тл |
| фарада | электрическая емкость | F | Ф |
| эрг | работа | erg | эрг |
| эрг в секунду | мощность | erg/s | эрг/с |

* семь основных единиц СИ; ** две дополнительные единицы СИ

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

# СООТНОШЕНИЕ ЕДИНИЦ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

## ДЛИНА

1 ферми = 1 фемтометр (фм) = $10^{-15}$ м
1 ангстрем (Å) = $10^{-10}$ м
1 микрон (мк) = $10^{-6}$ м = 1 мкм
1 дюйм = 2,54 см
1 см = 0,394 дюйма
1 фут = 30,5 см
1 м = 39,4 дюйма = 3,28 фута
1 миля = 5280 футов = 1,61 км
1 морская миля = 1,85 км

## ВРЕМЯ

1 ч = 3600 с
1 сут = $8{,}64 \cdot 10^4$ с

**СКОРОСТЬ**

1 м/с = 3,60 км/ч
1 км/ч = 0,278 м/с
1 узел = 1,151 миль/ч = 0,5144 м/с = 1,85 км/ч

**УГОЛ**

1 радиан (рад) = 57,30° = 57°18′
1° = 0,01745 рад
1 об/мин = 0,1047 рад/с

**МАССА**

1 атомная единица массы (а.е.м.) = $1{,}6606 \cdot 10^{-27}$ кг
1 карат = $2 \cdot 10^{-4}$ кг
1 центнер = 100 кг
1 тонна (т) = 1000 кг
1 фунт = 0,453592 кг

**СИЛА**

1 Н = $10^5$ дин
1 кгс = 9,80665 Н

**ЭНЕРГИЯ И РАБОТА**

1 Дж = $10^7$ эрг
1 ккал = $4{,}18 \cdot 10^3$ Дж
1 эВ = $1{,}602 \cdot 10^{-19}$ Дж
1 кВт·ч = $3{,}8 \cdot 10^6$ Дж = 860 ккал
1 эрг = $10^{-7}$ Дж

**МОЩНОСТЬ**

1 Вт = 1 Дж/с
1 л.с. = 75 кгс·м/с = 0,736 кВт

**ДАВЛЕНИЕ**

1 атмосфера физическая (атм) = 1,013 бар =
= $1{,}013 \cdot 10^5$ Н/м$^2$ = 760 мм рт.ст. ≈ 0,1 МПа
1 Па = 1 Н/м$^2$
1 атмосфера техническая (ат) =
= 1 кгс/см$^2$ ≈ 735 мм рт.ст = $10^4$ мм вод.ст.
1 бар = $10^5$ Па

**ОСВЕЩЕННОСТЬ**

1 фот = $10^4$ лк

**ЯРКОСТЬ**

1 стильб (сб) = $10^4$ кд/м$^2$
1 нит (нт) = 1 кд/м$^2$

**МАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ**

1 гаусс (Гс) = $10^{-4}$ тесла (Т)

**МАГНИТНЫЙ ПОТОК**

1 максвелл (Мкс) = $10^{-8}$ вебер (Вб)

**НАПРЯЖЕННОСТЬ МАГНИТНОГО ПОЛЯ**

1 эрстед (Э) = 79,6 А/м
1 гамма ($\gamma$) = $10^{-5}$ Э

**КОЛИЧЕСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА**

1 е = $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Кл
1 Кл = 1 А·с

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

# ПРИСТАВКИ СИ ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ НАИМЕНОВАНИЙ ДЕСЯТИЧНЫХ КРАТНЫХ И ДОЛЬНЫХ ЕДИНИЦ

| Приставка | | Обозначение | | Множитель |
|---|---|---|---|---|
| русская | английская | русское | международное | |
| экса | exa | Э | E | $10^{18}$ |
| пета | peta | П | P | $10^{15}$ |
| тера | tera | Т | T | $10^{12}$ |
| гига | giga | Г | G | $10^{9}$ |
| мега | mega | М | M | $10^{6}$ |
| кило | kilo | к | k | $10^{3}$ |
| гекто | hecto | г | h | $10^{2}$ |
| дека | deka/deca | да | da | $10^{1}$ |
| деци | deci | д | d | $10^{-1}$ |
| санти | centi | с | c | $10^{-2}$ |
| милли | milli | м | m | $10^{-3}$ |
| микро | micro | мк | μ | $10^{-6}$ |
| нано | nano | н | n | $10^{-9}$ |
| пико | pico | п | p | $10^{-12}$ |
| фемто | femto | ф | f | $10^{-15}$ |
| атто | atto | а | a | $10^{-18}$ |

# ЛИТЕРАТУРА


Аварии и катастрофы: Предупреждение и ликвидация последствий / Под ред. К. Е. Кочеткова и др. Кн. 1. М.: АСВ, 1995. 320 с.

*Александров В. Н., Емельянов В. И.* Отравляющие вещества. М.: Воениздат, 1990. 271 с.

*Алексеев М. В., Волков О. М., Шатров Н. Ф.* Пожарная профилактика технологических процессов производств. М.: ВИПТШ МВД СССР, 1986. 371 с.

*Алексеев Н. А.* Стихийные явления в природе: Проявление, эффективность защиты. М.: Мысль, 1988. 255 с.

*Артамонова В. Г., Шаталов Н. Н.* Профессиональные болезни. М.: Медицина, 1996. 432 с.

*Баратов А. Н., Пчелинцев В. А.* Пожарная безопасность: Учеб. пособие. М.: АСВ, 1997. 176 с.

*Батурин В. В.* Основы промышленной вентиляции. М.: Профиздат, 1990. 448 с.

Безопасность жизнедеятельности: Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера: Учеб. пособие / В. А. Акимов, Ю. Л. Воробьев, М. И. Фалеев и др. М.: Высш. шк., 2006. 592 с.

Безопасность жизнедеятельности: Краткий конспект лекций / Под ред. О. Н. Русака. СПб.: ЛССБДЧ, 1991. 143 с.

Безопасность жизнедеятельности: Производственная безопасность и охрана труда: Учеб. пособие для вузов / П. П. Кукин, В. Л. Лапин, Е. А. Подгорный и др. М.: Высш. шк., 2003. 431 с.

Безопасность жизнедеятельности: Учеб. для вузов / С. В. Белов, А. В. Ильницкая, А. Ф. Козьяков и др. Под общ. ред. С. В. Белова. М.: Высш. шк., 2007. 616 с.

Безопасность и охрана труда: Учеб. пособие для вузов / Под ред. О. Н. Русака. СПб.: Изд-во МАНЭБ, 2001. 278 с.

Безопасность и предупреждение чрезвычайных ситуаций: Каталог-справочник. М.: Институт риска и безопасности, 1999.

*Беляков, Г. И.* Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда: Учебник для бакалавров. — 2-е изд., пер. и доп. — М. : Юрайт, 2013. — 572 с.

*Береговой Г. Т. и др.* Безопасность космических полетов. М.: Машиностроение, 1977. 320 с.

Биоиндикация загрязнений наземных экосистем / Под ред. Р. Шуберта. М.: Мир, 1988. 350 с.

*Бородкин Ю. С., Грекова Т. И.* Алкоголизм: причины, следствия, профилактика / АН СССР. Л.: Наука, 1987. 159 с.

*Браун Д. Б.* Анализ и разработка систем обеспечения техники безопасности. М.: Машиностроение, 1979. 359 с.

*Вознесенский В. В., Зайцев А. П.* Новейшие средства защиты органов дыхания и кожи. М.: Военные знания, 1997.

Вредные вещества в промышленности: Справочник для химиков, инженеров и врачей / Под ред. Н. В. Лазарева, Э. Н. Левиной. Л.: Химия, 1976. 592 с.

Вредные вещества в промышленности: Органические вещества: Справочник / А. Л. Бадман, Г. А. Войтенко, Э. А. Дворкин и др.; Под ред. Э. Н. Левиной, И. Д. Гадаскиной. Л.: Химия, 1985. 461 с.

Вредные производственные факторы и аттестация рабочих мест: Практическое руководство / Под ред. Б. Е. Прусенко и Н. Д. Цхадая. М.: 2004. 453 с.

Вредные химические вещества: Справочник. СПб: Химия, 1994. 686 с.

*Глебова Е. В.* Производственная санитария и гигиена труда: Учеб. пособие для вузов. М.: Высш. шк., 2005. 344 с.

*Голинкевич Т. А.* Прикладная теория надежности. М.: Высш. шк., 1985. 168 с.

*Гримитлин М. И.* Распределение воздуха в помещениях. СПб.: АВОК Северо-Запад, 2004. 320 с.

*Гринин А. С., Новиков В. Н.* Экологическая безопасность: Защита территории и населения при чрезвычайных ситуациях: Учеб. пособие. М.: ФАИР-ПРЕСС, 2002. 336 с.

*Гумилев Л. Н.* Конец и вновь начало. М.: Ин-т ДИ-ДИК, 1997. 544 с.

*Давыдов Б. И., Тихончук В. С., Антипов В. В.* Биологическое действие, нормирование и защита от электромагнитных излучений. М.: Энергоатомиздат, 1984. 169 с.

*Девисилов В. А.* Охрана труда: Учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования. М.: Форум-ИНФАМ, 2003. 400 с.

*Дедю И. И.* Экологический энциклопедический словарь. Кишинев, 1990. 406 с.

*Долин П. А.* Основы техники безопасности в электроустановках: Учеб. пособие для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1984. 448 с.

*Занько Н. Г., Ретнев В. М.* Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности: Учебник для вузов. М.: Издательский центр «Академия», 2004. 288 с.

*Захарченко М. П., Кошелев Н. Ф., Ромашев П. Г.* Гигиеническая диагностика водной среды. СПб.: Наука, 1996. 247 с.

Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях / Под общ. ред. М. И. Фалеева. Калуга: ГУП «Облиздат», 2001. 480 с.

*Кнорринг Г. М., Фадин И. М., Сидоров В. Н.* Справочная книга для проектирования электрического освещения. СПб.: Энергоатомиздат, 1992. 448 с.

*Ковригин С. Д., Захаров А. В., Герасимов А. И.* Борьба с шумами в гражданских зданиях. М.: Стройиздат, 1989. 327 с.

*Козлов В. Ф.* Справочник по радиационной безопасности. М.: Энергоатомиздат, 1991. 352 с.

*Корсаков Г. А.* Комплексная оценка обстановки и управления предприятием в чрезвычайных ситуациях. СПб.: Ин-т повыш. квалиф. работников судостроения, 1993. 129 с.

*Котик М. А.* Психология и безопасность / Изд. 3-е, доп. и перераб. Таллин: Валгус, 1989. 449 с.

*Куценко Г. И., Жашкова И. А.* Основы гигиены труда и производственной санитарии. М.: Высш. шк., 1990. 127 с.

*Лебедев В. И.* Личность в экстремальных условиях. М.: Политиздат, 1989. 304 с.

Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение / Под ред. В. А. Алексеева. Л.: Наука, 1990. 200 с.

*Лурье Ю. Ю.* Аналитическая химия промышленных сточных вод. М.: Химия, 1984. 448 с.

*Майер В., Кенда М.* Невидимый мир вирусов. М.: Мир, 1981. 336 с.

*Малаян К. Р.* Безопасность жизнедеятельности: Безопасность при работе с компьютером: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2000. 124 с.

*Малаян, К. Р.* Электромагнитная экология человека: Учебное пособие / К. Р. Малаян, С. М. Аполлонский. — СПб. : Изд-во политехн. ун-та, 2008. — 556 с.

*Малаян К. Р., Ефремов С. В.* Безопасность жизнедеятельности: Учеб.-методич.

материалы / СПб.: Медиа-центр «Фокус», 2005. 146 с.

*Мальцев В. А.* Промышленная безопасность. М.: ИПК Госслужбы, 1995. 224 с.

*Манойлов В. Е.* Основы электробезопасности. Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1991. 480 с.

*Маршалл В.* Основные опасности химических производств: Пер. с англ. М.: Мир, 1989. 672 с.

*Мастрюков Б. С.* Безопасность в чрезвычайных ситуациях: Учебник для студентов вузов. М.: Изд. центр «Академия», 2003. 336 с.

Метрологическое обеспечение безопасности труда: Справочник. Т. 1 / Под ред. И. Х. Сологяна. М.: Изд-во стандартов, 1989. 240 с.

Надежность и эффективность в технике: Справочник. В 10 т. М.: Машиностроение, 1989.

Общая гигиена: Учебник / Г. И. Румянцев, М. П. Воронцов, Е. И. Гончарук и др. М.: Медицина, 1990. 288 с.

*Одум Ю.* Экология. В 2 т. М.: Мир, 1986. Т. 1. 328 с.

Основы инженерной психологии / Под ред. Б. Ф. Ломова. М.: Высш. шк., 1986. 447 с.

Охрана труда в машиностроении / Под ред. Е. Я. Юдина и С. В. Белова. М.: Машиностроение, 1983. 432 с.

Охрана труда в химической промышленности / Под ред. Г. В. Макарова. М.: Химия, 1989. 496 с.

Охрана труда в электроустановках / Под ред. проф. Б. А. Князевского. М.: Энергоатомиздат, 1983. 320 с.

*Пааль Л. Л., Кару Я. Я., Мельдер Х. А. и др.* Справочник по очистке природных и сточных вод. М.: Высш. шк., 1994. 336 с.

*Палкевич Е. Я.* Выживание в городе. Выживание на море. М.: Карвет, 1992. 231 с.

Политика предотвращения техногенных аварий и катастроф / Под ред. М. И. Фалеева. М.: Институт риска и безопасности, 2002. 312 с.

*Порфирьев Б. Н.* Государственное управление в чрезвычайных ситуациях: анализ методологии и проблемы организации. М.: Наука, 1991. 136 с.

Правила устройства электроустановок: 7-е изд. М.: Госэнергонадзор России, 2000.

Практическое пособие по оценке травмобезопасности рабочих мест для целей аттестации по условиям труда. Ивановский НИИ труда, 1997.

Предупреждение крупных аварий: Практическое руководство: Пер. с англ. Женева; Москва: Международное бюро труда, Моск. НИИ охраны труда, 1992. 256 с.

Природоохранные нормы и правила проектирования: Справочник / Сост. Ю. Л. Максименко, В. А. Глухарев. М.: Стройиздат, 1990. 527 с.

Радиация: Дозы, эффекты, риск. М.: Мир, 1990. 79 с.

Реакции организма человека на воздействие опасных и вредных производственных факторов: Справочник. В 2 т. / Под ред. Б. В. Бирюкова. М.: Изд-во стандартов, 1990. 350 с.

*Реймерс Н. Ф.* Надежды на выживание человечества. Концептуальная экология. М.: ИЦ «Россия Молодая»–Экология, 1992. 367 с.

Российская энциклопедия по охране труда. В 3 т. / Изд. 2-е, доп. и перераб. М.: Изд-во НЦЭНАС, 2006.

*Русак О. Н.* Труд без опасности. Л.: Лениздат, 1986. 191 с.

Сильнодействующие ядовитые вещества и защита от них / Под ред. В. А. Владимирова. М.: Воениздат, 1989. 176 с.

Справочник по безопасности космических полетов. М.: Машиностроение, 1989. 336 с.

Справочник по инженерной психологии / Под ред. Б. Ф. Ломова. М.: Машиностроение, 1982. 386 с.

Справочник проектировщика: Защита от шума / Под ред. Е. Я. Юдина. М.: Стройиздат, 1974. 400 с.

Средства защиты в машиностроении: Расчет и проектирование: Справочник / Под ред. С. В. Белова. М.: Машиностроение, 1989. 368 с.

*Трахтенберг И. М. и др.* Тяжелые металлы во внешней среде. Минск: Наука и техника, 1994. 288 с.

*Хенли Д., Кумамото Х.* Надежность технических систем и оценка риска. М.: Машиностроение, 1984. 528 с.

*Холодов Ю. А.* Человек в магнитной паутине. М.: Знание, 1972. 144 с.

*Храмов Г. Н.* Опасные природные процессы. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2002. 184 с.

Человеческий фактор. В 6 т. / Под ред. Г. Салвенди. М.: Мир, 1990–1993.

*Черкасов В. Н.* Защита пожаро- и взрывоопасных зданий и сооружений от молнии и статического электричества. М.: Стройиздат, 1993. 175 с.

*Шубин Е. П.* Гражданская оборона. М.: Высшая школа, 1996. 245 с.

*Эйхлер В.* Яды в нашей пище. 2-е доп. изд. М.: Мир, 1993. 189 с.

Энциклопедия по безопасности и гигиене труда. Женева: МОТ. М.: Профиздат, 1985. 162 с.

*Юртушкин, В. И.* ЧС: защита населения и территорий. — М. : Кнорус, 2014. — 368 с.

*Яншин А. Л., Мелуа А. И.* Уроки экологических просчетов. М.: Мысль, 1991. 429 с.

XXI век — вызовы и угрозы / Под общ. ред. В. А. Владимирова. М.: ЦСИ ГЗ МЧС России, 2005. 303 с.

Гражданская защита. Энциклопедический словарь / Под общ. ред. В. А. Пучкова // МЧС России. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2015. 664 с.

## ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫЕ И ПРАВОВЫЕ НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

### ЗАКОНЫ

Конституция РФ от 12.12.1993.

Закон РФ «О защите прав потребителей» № 2300-1 от 07.02.1992.

Федеральный закон «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» № 68-ФЗ от 21.12.1994.

Федеральный закон «О пожарной безопасности» № 69-ФЗ от 21.12.1994.

Федеральный закон «Об использовании атомной энергии» № 170-ФЗ от 21.11.1995.

Федеральный закон «О безопасности дорожного движения» № 196-ФЗ от 10.12.1995.

Федеральный закон «О радиационной безопасности населения» № 3-ФЗ от 09.01.1996.

Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» № 116-ФЗ от 21.07.1997.

Федеральный закон «О гражданской обороне» № 28-ФЗ от 12.02.1998.

Федеральный закон РФ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» № 52-ФЗ от 30.03.1999.

Федеральный закон «Об охране атмосферного воздуха» № 96-ФЗ от 04.05.1999.

Федеральный закон «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» № 125-ФЗ от 02.07.1999.

Федеральный закон «Трудовой кодекс Российской Федерации» № 197-ФЗ от 30.12.2001.

Федеральный закон «Об охране окружающей среды» № 17-ФЗ от 10.01.2002.

Федеральный закон «О техническом регулировании» № 184-ФЗ от 27.12.2002.

Федеральный закон «О противодействии экстремистской деятельности» № 114-ФЗ от 25.07.2002.

Федеральный закон «О противодействии терроризму» № 35-ФЗ от 06.03.2006.

Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» №123-ФЗ от22.07.2008.

Федеральный закон РФ «О безопасности» № 390-ФЗ от 28.12.2010.

Федеральный закон РФ «Об основах охраны здоровья граждан РФ» № 323-ФЗ от 21.11.2011.

Федеральный закон «О специальной оценке условий труда» №426-ФЗ от 28.12.2013.

## ПОСТАНОВЛЕНИЯ ПРАВИТЕЛЬСТВА И МИНТРУДА РОССИИ

«Об утверждении классификации видов экономической деятельности по классам профессионального риска». Приказ Министерства здравоохранения и социального развития № 8 от 10.01.2006.

Правила обеспечения работников специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты. Постановление Минтруда РФ № 51 от 18.12.1998.

Список № 1 производств, работ, профессий, должностей и показателей на подземных работах, на работах с особо вредными и особо тяжелыми условиями труда, занятость в которых дает право на пенсию по возрасту (по старости) на льготных условиях. Постановление Кабинета министров СССР № 10 от 26.01.1991.

Список № 2 производств, работ, профессий, должностей и показателей с вредными и тяжелыми условиями труда, занятость в которых дает право на пенсию по возрасту (по старости) на льготных условиях. Постановление Кабинета министров СССР № 10 от 26.01.1991.

«Об утверждении рекомендаций по организации работы службы охраны труда в организации». Постановление № 14 Минтруда России от 08.02.2000.

## ГОСУДАРСТВЕННЫЕ (НАЦИОНАЛЬНЫЕ) СТАНДАРТЫ (ГОСТ)

ГОСТ 12.0.001-82 (1996) ССБТ. Основные положения

ГОСТ 12.0.002-80 (1996) ССБТ. Термины и определения

ГОСТ 12.0.003-74 (1996) ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация

ГОСТ 12.0.004-90 (1996) ССБТ. Организация обучения безопасности труда. Общие положения

ГОСТ 12.0.005-84 (1996) ССБТ. Метрологическое обеспечение в области безопасности труда. Основные положения

ГОСТ Р 12.0.007-2009. Система управления охраной труда в организации. Общие требования

ГОСТ 12.1.001-89 (1996) ССБТ. Ультразвук. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.1.002-84 (1996) ССБТ. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах

ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.1.004-91 (1996) ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования

ГОСТ 12.1.005-88 (1999; с изм. 2000) ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху санитарной зоны

ГОСТ 12.1.006-84 (1996) ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля

ГОСТ 12.1.007-76 (1984; с изм. № 2, 1990) ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности

ГОСТ 12.1.008-76 (1996) ССБТ. Биологическая безопасность. Общие требования

ГОСТ 12.1.009-76 (1996) ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения

ГОСТ 12.1.010-76 (1996) ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования

ГОСТ 12.1.012-90 (1996) ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования

ГОСТ 12.1.018-93 (1996) ССБТ. Пожаровзрывобезопасность статического электричества. Общие требования

ГОСТ 12.1.019-79 (1996) ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты

ГОСТ 12.1.029-80 (1996) ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация

ГОСТ 12.1.030-81 (1996) ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление

ГОСТ 12.1.031-81 Лазеры. Методы дозиметрического контроля лазерного излучения

ГОСТ 12.1.033-81 (с изм. № 1, 1983) ССБТ. Пожарная безопасность. Термины и определения

ГОСТ 12.1.038-82 (1996) ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов

ГОСТ 12.1.040-83 (1996) ССБТ. Лазерная безопасность. Общие положения

ГОСТ 12.1.041-83 (с изм. № 1, 1989; № 2, 1991) ССБТ. Пожаровзрывобезопасность горючих пылей. Общие требования

ГОСТ 12.1.044-89 ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения

ГОСТ 12.1.045-84 (1988) ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля

ГОСТ Р 12.1.052-97 (с изм. № 1, 1999) ССБТ. Информация о безопасности веществ и материалов (паспорт безопасности). Основные положения (взамен ГОСТ Р 50587-93)

ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.2.007.0-75 (с изм. № 1, 2, 3, 4) ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.2.007.8-75 ССБТ. Устройства электросварочные и для плазменной обработки. Требования безопасности

ГОСТ 12.2.007.10-87 ССБТ. Установки, генераторы и нагреватели индукционные для электротермии, установки и генераторы ультразвуковые. Требования безопасности

ГОСТ 12.2.016-81 ССБТ. Оборудование компрессорное. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.2.017-93 ССБТ. Оборудование кузнечно-прессовое. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.2.020-76 (1996) ССБТ. Электрооборудование взрывозащищенное. Термины и определения. Классификация. Маркировка

ГОСТ 12.2.022-80 (2001) ССБТ. Конвейеры. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.2.028-84 (2001) ССБТ. Вентиляторы общего назначения. Методы определения шумовых характеристик

ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования

ГОСТ 12.2.037-78 (2001) ССБТ. Техника пожарная. Требования безопасности

ГОСТ 12.2.047-86 (СТ СЭВ 5226-85) ССБТ. Пожарная техника. Термины и определения

ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования

ГОСТ 12.2.051-80 ССБТ. Оборудование технологическое ультразвуковое. Требования безопасности

ГОСТ 12.2.061-81 (СТ СЭВ 2695-80) ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам

ГОСТ 12.2.062-81 (1985) ССБТ. Оборудование производственное. Ограждения защитные

ГОСТ 12.2.071-90 ССБТ. Краны грузоподъемные. Краны контейнерные. Требования безопасности

ГОСТ 12.2.072-82 ССБТ. Роботы промышленные, роботизированные технологические комплексы и участки. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.2.085-82 (СТ СЭВ 3085-81) (1985) ССБТ. Сосуды, работающие под давлением. Клапаны предохранительные. Требования безопасности

ГОСТ 12.3.002-75 ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.3.009-76 (СТ СЭВ 3518-81) (1996) ССБТ. Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.3.020-80 (2001) ССБТ. Процессы перемещения грузов на предприятиях. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.3.031-83 ССБТ. Работы со ртутью. Требования безопасности

ГОСТ Р 12.3.047-98 ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля

ГОСТ 12.4.011-89 (СТ СЭВ 1086-88) ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация

ГОСТ 12.4.012-83 (1986) ССБТ. Вибрация. Средства измерения и контроля вибрации на рабочих местах. Технические требования

ГОСТ 12.4.021-75 (1999) ССБТ. Системы вентиляционные. Общие требования

ГОСТ 12.4.026-76 (1987) ССБТ. Цвета сигнальные и знаки безопасности (взамен ГОСТ 15548-70)

ГОСТ 12.4.034-85 ССБТ. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Классификация и маркировка (взамен ГОСТ 12.4.034-78)

ГОСТ 12.4.041-89 (СТ СЭВ 4565-84) (1997) ССБТ. Средства индивидуальной защиты органов дыхания фильтрующие. Общие технические требования (взамен ГОСТ 12.4.041-78, ГОСТ 12.4.042-78)

ГОСТ 12.4.120-83 (1988) ССБТ. Средства коллективной защиты от ионизирующих излучений. Общие технические требования

ГОСТ 12.4.124-83 ССБТ. Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования

ГОСТ 12.4.125-83 (1985) ССБТ. Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов. Классификация

ГОСТ 12.4.154-85 ССБТ. Устройства экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты. Общие технические требования, основные параметры и размеры

ГОСТ 12.4.155-85 ССБТ. Устройства защитного отключения. Классификация. Общие технические требования

ГОСТ 30494-96 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях

ГОСТ Р ИСО 14041-2000 Управление окружающей средой. Оценка жизненного цикла. Определение цели, области исследования и инвентаризационный анализ

## ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ (ПБ)

ПБ 03-75-94 (с изм. № 1, 1997 — РД 03-139-97) Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды

ПБ 03-108-96 Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов

ПБ 03-110-96 Правила безопасности для складов сжиженных углеводородных газов и легковоспламеняющихся жидкостей под давлением

ПБ 03-164-97 Правила изготовления паровых и водогрейных котлов, сосудов, работающих под давлением, трубопроводов пара и горячей воды с применением сварочных технологий

ПБ 03-182-98 Правила безопасности для наземных складов жидкого аммиака

ПБ 03-221-98 Правила разработки, изготовления и применения мембранных предохранительных устройств (взамен РД 03-15-92)

ПБ 03-246-98 Правила проведения экспертизы промышленной безопасности

ПБ 03-314-99 (с изм. № 1, 2000) Правила экспертизы декларации промышленной безопасности

ПБ 09-61-93 Правила безопасности лакокрасочных производств

ПБ 09-220-98 Правила устройства и безопасной эксплуатации аммиачных холодильных установок

ПБ 09-224-98 Правила безопасности для производств, использующих неорганические кислоты и щелочи

ПБ 09-297-99 Правила устройства и безопасной эксплуатации компрессорных установок с поршневыми компрессорами, работающими на взрывоопасных и вредных газах

ПБ 09-322-99 Правила безопасности при производстве, хранении, транспортировании и применении хлора (взамен ПБХ-93)

ПБ 09-540-03 Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств

ПБ 10-06-92 (с доп. 1996, 1997) Правила устройства и безопасной эксплуатации лифтов (взамен РД 10-2-91)

ПБ 10-77-94 Правила устройства и безопасной эксплуатации эскалаторов

ПБ 10-115-96 (с изм. 1997 — ИПБ 03-147-97) Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением

ПБ 10-256-98 Правила устройства и безопасной эксплуатации подъемников (вышек) (взамен ПБ 10-11-92)

ПБ 10-257-98 Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов-манипуляторов (взамен РД 10-146-97 и ПБ 10-14-92 в части, относящейся к кранам-манипуляторам)

ПБ 10-382-00 (с поправками 2001) Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов (взамен ПБ 10-14-92)

ПБ 11-219-98 Правила безопасности в коксохимическом производстве

ПБ 11-248-98 Правила безопасности в литейном производстве

ПБ 11-267-99 Правила безопасности в сталеплавильном производстве

ПБ 12-368-00 Правила безопасности в газовом хозяйстве (взамен ПБ 12-245-98)

ПБ 13-01-92 (с изм. № 1, ПБ 13-91-95) Единые правила безопасности при взрывных работах

ПБ 14-159-97 Правила взрывобезопасности для опасных производственных объектов по хранению и переработке зерна

ПРАВИЛА
ПО ОХРАНЕ ТРУДА (ПОТ)

ПОТ РМ-003-97 Правила по охране труда при выполнении кузнечно-прессовых работ

ПОТ РМ-004-97 Правила по охране труда при использовании химических веществ

ПОТ РМ-005-97 Межотраслевые правила по охране труда при термической обработке металлов

ПОТ РМ-006-97 Правила по охране труда при холодной обработке металлов

ПОТ РМ-007-98 Межотраслевые правила по охране труда при погрузочно-разгрузочных работах и размещении грузов

ПОТ РМ-008-98 Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации промышленного транспорта (напольный безрельсовый колесный транспорт)

ПОТ РМ-009-98 Межотраслевые правила по охране труда при производстве и применении ртути

ПОТ РМ-011-2000 Межотраслевые правила по охране труда в общественном питании

ПОТ РМ-012-2000 Межотраслевые правила по охране труда при работе на высоте

ПОТ РМ-013-2000 Межотраслевые правила по охране труда при химической чистке, стирке

ПОТ РМ-015-2000 Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации фреоновых холодильных установок

Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (приказ Минтруда РФ от 24 июля 2013 № 328н)

ПОТ РМ-017-2001 Межотраслевые правила по охране труда при окрасочных работах

ПОТ РМ-021-2002 Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации нефтебаз, складов ГСМ, стационарных и передвижных автозаправочных станций

ПОТ РО-32-ЦВ-400-96 Правила по охране труда при техническом обслуживании и ремонте грузовых вагонов и рефрижераторного подвижного состава

ПОТ РО-32-ЦП-652-99 Правила по охране труда при содержании и ремонте железнодорожного пути и сооружений

ПОТ РО-200-01-95 Правила по охране труда на автомобильном транспорте

ПОТ РО-14000-001-98 Правила по охране труда на предприятиях и в организациях машиностроения

ПОТ РО-14000-002-98 Обеспечение безопасности производственного оборудования

ПОТ РО-14000-004-98 Техническая эксплуатация промышленных зданий и сооружений

ПОТ РО-14000-005-98 Работы с повышенной опасностью. Организация проведения

ПОТ РО-14000-007-98 Охрана труда при складировании материалов

## ГИГИЕНИЧЕСКИЕ НОРМЫ (ГН), САНИТАРНЫЕ ПРАВИЛА И НОРМЫ (СанПиН), САНИТАРНЫЕ ПРАВИЛА (СП)

ГН 1.1.725-98 Перечень веществ, продуктов, производственных процессов, бытовых и природных факторов, канцерогенных для человека (взамен ГН 1.1.029-95)

ГН 2.1.6.695-98 (с изм. 1999, 2000) Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест (взамен ГН 2.1.6.584а-96, ГН 2.1.6.574а-96 и ГН 2.1.6.565а-96)

ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны

ГН 2.2.5.1314-03 Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны

СанПиН 2.1.6.983-00 Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест (взамен СанПиН 2.1.6.575-96)

СанПиН 2.2.1/2.1.1.1031-01 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов (взамен СанПиН 2.2.1/2.1.1.984-00)

СанПиН 2.2.2.540-96 Гигиенические требования к ручным инструментам и организации работ

СанПиН 2.2.2.1327-03 Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочим инструментам

СанПиН 2.2.2.1332-03 Гигиенические требования к организации работы на копировально-множительной технике

СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы

СанПиН 2.2.3.757-99 Работа с асбестом и асбестсодержащими материалами (взамен СанПиН 5808-91)

СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений

СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 (с изм. 2000) Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)

СанПиН 2.2.4.1191-03 Электромагнитные поля в производственных условиях

СанПиН 2.2.4/2.1.8.582-96 Гигиенические требования при работах с источниками воздушного и контактного ультразвука промышленного, медицинского и бытового назначения

СанПиН 2.2.4.1329-03 Требования по защите персонала от воздействия импульсных электромагнитных полей

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

СанПиН 2.1.8/2.2.4.1282-03 Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов

СанПиН 2.6.1.802-99 Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгеновских исследований (взамен СанПиН 42-129-4090-86, СП 2780-80, ОСТ 42-21-15-83)

СанПиН 2971-84 Санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты

СанПиН 5804-91 Санитарные нормы и правила эксплуатации лазеров

СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки

СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация. Вибрация в помещениях жилых и общественных зданий

СН 2.2.4/2.1.8.583-96 Инфразвук на рабочих местах, в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки

СН 4557-88 Санитарные нормы ультрафиолетового излучения в производственных помещениях

СП 2.2.1.1312-03 Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструированных промышленных предприятий

СП 2.2.4.1294-03 Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений

СП 2.6.1.758-99 Нормы радиационной безопасности (НРБ-99) (взамен ГН 2.6.1.054-96 (НРБ-96))

СП 2.6.1.798-99 Обращение с минеральным сырьем и материалами с повышенным содержанием радионуклидов

СП 2.6.1.799-99 Основные санитарные правила безопасности обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99) (взамен ОСП-72/87)

## СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА (СНиП)

СНиП 12-03-2001 Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования

СНиП 12-04-2002 Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство

СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение

## РУКОВОДСТВА И РЕКОМЕНДАЦИИ

Р 2.2.2006-05 Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда

Р 2.2.1766-03 Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии

## НОРМЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности

НПБ 110-03 Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и автоматической пожарной сигнализацией

# ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

АЛАРА — принцип «меньше насколько можно»
АПЕЛЛ — система защиты от опасностей на местном уровне
АСДНР — аварийно-спасательные и другие неотложные работы
АХОВ — аварийно-химически опасные вещества
БД — безопасность деятельности
БЖД — безопасность жизнедеятельности
БТХВ — боевые токсические химические вещества
ВВП — валовый внутренний продукт
ВДТ — видеодисплейный терминал
ВИЧ — вирус иммунодефицита человека
ВНП — валовый национальный продукт
ВОЗ — Всемирная организация здравоохранения
ГИБДД — государственная инспекция по безопасности дорожного движения
ГН — гигиенические нормы
ГОСТ — государственный стандарт
ГОЧС — гражданская оборона и чрезвычайные ситуации
ГС — гомосфера (пространство оператора)
ДОП — «дерево опасностей и причин»
ЕРФ — естественный радиационный фон
ИК — инфракрасное излучение
ИРФ — искусственный радиационный фон
КЛА — космический летающий аппарат
ЛЭП — линия электропередачи
ЛТА — Лесотехническая академия
МАГАТЭ — Международное агентство по использованию атомной энергии в мирных целях
МАНЭБ — Международная академия наук экологии и безопасности жизнедеятельности
МБК — международная статистическая классификация болезней и проблем, связанных со здоровьем
МОГО — Международная организация гражданской обороны
МОТ — Международная организация труда
МПВО — местная противовоздушная оборона

МЧС — Министерство по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации стихийных бедствий
НС — ноксосфера (пространство, где имеются опасности)
ОБЖ — основы безопасности жизнедеятельности
ОВПФ — опасные и вредные производственные факторы
ПДВ — предельно допустимый выброс
ПДК — предельно допустимая концентрация
ПДС — предельно допустимый сброс
ПЛА — план ликвидации аварий
ПЭВМ — персональная электронно-вычислительная машина
РСЧС — Российская система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций
СанПиН — санитарные правила и нормы
СДЯВ — сильно действующие ядовитые вещества
СЗЗ — санитарно-защитная зона
СИЗ — средство индивидуальной защиты
СН — санитарные нормы
СНиП — строительные нормы и правила
СП — санитарные правила
СПИД — синдром приобретенного иммунного дефицита
СРО — саморегулируемые организации
ТНС — тепловая нагрузка среды
УЗО — устройство защитного отключения
УФ — ультрафиолетовое излучение
ФОИВ — федеральные органы исполнительной власти
ФСС — Фонд социального страхования
ЧС — чрезвычайные ситуации
ЭМИ — электромагнитное излучение
ЭМП — электромагнитное поле
ЮНЕП — программа ООН по окружающей среде
FEMA (NEMA) — федеральное агентство по управлению в чрезвычайных ситуациях США
OHSAS — международный стандарт оценки здоровья и безопасности на производстве, согласованный с ИСО 9000 и ИСО 14000

# ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

**А**даптация *90*
Амплитуда колебаний *212*
Антидоты *431*
Аспирация *519*
Астероиды *172*
Аттестация рабочих мест *482*
Аэрация *518*
Аэрозоли *513*
Аэроионы *516*

**Б**аллоны *572*
Безопасность *49*
Биологическое потребление кислорода (БПК) *328*
Биосфера *35*
Блесткость *265*
Блокировка *71*

**В**ентиляция *12, 517*
— аварийная *522*
— естественная *517*
— искусственная *518*
— местная *519*
— общеобменная *519*
Взрыв *367, 369, 410*
Вибрация *212, 523*
Вибродемпфирование *526*
Виброизоляция *524*
Вибропоглощение *526*
Водоснабжение *624*
Возгорание *607*
Воздухообмен *521*
Воспламенение *607*
Вредные вещества
— аварийно химически опасные (АХОВ) *79, 373, 376, 420*
— сильнодействующие ядовитые (СДЯВ) *374, 430*
Вредный производственный фактор *504*
Вулкан *157*
Выравнивание потенциалов *556*

**Г**енеральный план *79, 505, 621*
Герметичность *74*
Гидранты *624*
Гололед *174*
Гомеостаз *92*
Горючесть *615*
Горение *606*

**Д**авление
— атмосферное *310*
— звуковое *216, 529*
Двойная изоляция *552*
Дезактивация *371, 440, 645*
Дезинсекция *201*
Дезинфекция *201*
Декларация безопасности промышленного производства *601*
Декомпозиция *26*
Дерево опасностей и причин *36, 54*
Дефлектор *518*
Деятельность *5, 24*
Диоксины *302, 345*
Доза
— поглощенная *282*
— шума *219*
— эквивалентная *283*
— экспозиционная *282*
Дренчер *626*

**Ж**есткость конструкции *68*
Жидкости горючие *608*

**З**авеса воздушная *519*
Загрязнение атмосферное *514*

Заземление защитное *556*
Зануление *558*
Защита
— временем *76, 371, 531*
— от вибрации и шума *71, 523, 526*
— от ионизирующих излучений *70, 538*
— от механических опасностей *546*
— от молний *567*
— от статического электричества *64, 566*
— от тепловых излучений *70, 542*
— от электромагнитных излучений *71, 531*
— расстоянием *67, 371*
Защитное отключение *559*
Звукоизоляция *527*
Звукопоглощение *528*
«Зеленая» экономика *350*
Землетрясение *150*
Зонирование
территории предприятий *79*

**И**дентификация *11, 30, 50, 670*
Извещатель пожарный *627*
Излучение
— инфракрасное (тепловое) *272*
— ионизирующее *275, 280, 288*
— лазерное *259, 537*
— ультрафиолетовое *273*
— электромагнитное *225, 533*
Изосейсты *151*
Ингибиторы *75, 623*
Инспекция труда *466, 667*
Инстинкт *32*
Инструктаж *472*
Инструкции по охране труда *472, 476*
Интерорецепторы *94*
Интуиция *32*
Инфразвук *221, 530*
Ионизатор воздуха *315*
Ионосфера *184*

**К**атегорирование производств по пожаро- и взрывобезопасности *614, 618*
Квантификация опасностей *38*
Компрессорные установки *574*
Кондиционирование воздуха *508, 520*
Концентрационные пределы воспламенения *608*
Коррозия *548, 573*
Коэффициент
— естественной освещенности *267*
— запаса прочности *68*
Кран грузоподъемный *579, 581*
Культура безопасности *14*
Курение *42, 141*

**Л**ава *157*
Лазеры *259, 262, 537*
Лампа осветительная *268*
Латентный период *98*
Лучевая болезнь *280, 370, 401, 540*

**М**агма *157*
Магнитуда *153, 154, 364*
Матрица рисков *39*
Мембрана *69*
Микроклимат на рабочем месте *507*
Микроорганизмы *189, 191, 197*
Молниезащита *567*
Молниеотвод *569*
Молнии
— линейные *176*
— шаровые *176*
Мотивация деятельности *126*

**Н**аводнение *164, 366*
Надежность *38*
Надзор государственный *465*
Нанобезопасность *15*
Напряжение
— прикосновения *250*
— шага *254*
Наркомания *139*
Наушники противошумные *529*
Несчастный случай
на производстве *629, 633*
Нормирование *80, 199, 214, 219, 230, 234, 290*

**О**бщественный контроль *480*
Огнестойкость *616*
Огнетушащие вещества *623*
Огнетушитель *625*
Ограждения *553, 584*
Ограничитель
— грузового момента *586*
— грузоподъемности *586*
Опасность *28, 29, 31, 33*
Оползни *161*
Освещение *264*
— аварийное *268, 271*
— дежурное *268*
— естественное *266*
— искусственное *268*
— комбинированное *267*
— местное *268*
— рабочее *268*
— совмещенное *266*
Отопление *83*
Охрана труда *447, 470, 494*
Оценка эффективности *464, 497*
Очистка *331*
— воздуха *520*
— сточных вод *325, 333*

**П**андемия *190*
Парниковый эффект *661*
Пассионарность *24*
Пена огнетушащая *623*

Первая помощь *570*
Пожарная охрана *605*
Пожарный надзор *605*
Показатели качества воды
— бактериологические *328*
— биологические *328*
— физические *326*
— химические *326*
Показатель кислотности среды *328*
Поле растекания тока *255, 556*
Пояс предохранительный *69, 562*
Пределы воспламенения *608*
Пределы огнестойкости *616, 618*
Предельно допустимая концентрация (ПДК) *311, 512*
Предельно допустимый выброс ПДВ *314, 514*
Предельно допустимый уровень (ПДУ) *232*
Приборы
— измерительные *575*
— контроля *575*
Принцип
— Берталанфи *25*
— Ле Шателье *25*
Принципы обеспечения безопасности
— организационные *60, 76*
— ориентирующие *59, 60*
— технические *59, 67*
— управленческие *80, 81*
Причины *31, 36*
Проприорецепторы *94*
Протектор *540*
Противогаз *83, 375, 428, 429*
Противопожарные преграды *620*
Противопожарные разрывы *67, 620*
Профессиональное заболевание *463, 490, 630, 640, 641*
Профилактика травматизма *640*
Прочность материала *68*
Психические процессы *115*

**Р**адиоактивность *278*
Расследование несчастных случаев *631, 632, 634*
Риск *38, 672*
— индивидуальный *41*
— приемлемый *48*
— социальный *45*
Роза ветров *173, 505*

**С**амовозгорание *607*
Самовоспламенение *548, 607*
Саморегулирование *481*
Санитарно-защитная зона *67*
Светильник *270*
Сели *159*
Сертификация
— технических устройств *598*
Сигнализация *627*
Синергетика *51, 56*
Система *25, 52*
Системный подход *25, 61*
Системы управления безопасностью *455, 457, 459*
Скорость
— детонационной волны *606*
— распространения пламени *606*
Смерчи *178*
Сосуды под давлением *572*
Социальные опасности *137*
Социум *35*
Спецобувь *83*
Спецодежда *83*
Спринклер *625*
Средства защиты
— индивидуальные *83, 375, 428, 529, 536, 561*
— коллективные *83, 432*
Статическое электричество *256*
Степень огнестойкости *616, 618*
Сточные воды *323, 333*
Страхование *602, 634*
Стресс *120*
Суицид *145*

**Т**емпература
— вспышки *608*
— горения *606*
— самовоспламенения *607*
Теория циклов *57*
Техническое расследование аварий *603*
Техносфера *35*
Техника безопасности *17, 545*
Техническое регулирование
Токсичность веществ *612*
Травматизм производственный *490, 631*
Туман *174*

**У**льтразвук *222, 530*
Управление охраной труда *454, 470*
Ураган *177*
Условия деятельности *446*
Устойчивость кранов *581*
Устойчивость объекта экономики *643*
Ущерб здоровью *29*

**Ф**акторы *27, 28, 32, 33*
Фибрилляция сердца *247*
Фильтры *194, 198*
Флегматизация *75*
Флюороз *320, 337*
Фреоны *306*
Фрустрация *123*

**Х**имическое потребление кислорода (ХПК) *328*
Хлорирование *331*

**Ц**ель *53*
Цунами *168*

**Ч**еловеческий фактор *37*
Чрезвычайные ситуации *354, 358, 359*

**Ш**кала Рихтера *152*
Шкала Бофорта *171*
Шум *215, 526*

**Э**кономические механизмы стимулирования *501*
Экран защитный *71*
Экранирующий костюм *536*
Экстерорецепторы *94*
Экстремальные ситуации *661*
Электрический удар *244*
Электробезопасность *551*
Электрометаллизация кожи *243*
Электротравма *243*
Эмерджентность *25*
Энтропия *56*
Эпидемия *190*
Эпифитотии *190*
Эргономика *20, 81*

**Я**ды промышленные *300, 374*

# ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ


**А**верьянов А. Т. *513*
Агаджанян Н. А. (1928–2014) *88*
Агрикола Георг (1494–1555) *8*
Александр II (1818–1881) *384*
Анохин П. К. (1898–1974) *91*
Апухтин А. Н. (1840–1893) *111*
Аристотель (384–322 до н. э.) *8, 190*
Аткинсон Дж. *127, 128*

**Б**арабаш В. И. (1925–2001) *31*
Беккерель Антуан Анри (1852–1908) *277*
Белов С. В. (1932–2013) *10*
Берд Л. Ф. *492*
Береговой Г. Т. (1921–1995) *54*
Берталанфи Л. (1901–1972) *25, 53*
Богданов А. А. (1873–1928) *53*
Бокаччо Джованни (1313–1375) *190*
Больцман Людвиг (1844–1906) *23*
Бор Нильс (1885–1962) *272*
Брайян *136*
Бэкон Ф. (1561–1626) *191*

**В**ебер Э. Г. (1795–1878) *95*
Вернадский В. И. (1863–1945) *35*
Винер Н. (1894–1964) *53*
Виноградов А. П. (1895–1975) *320*
Вольф Р. (1826–1896) *13, 181*

**Г**ален К. (130–200 до н. э.) *190*
Гейм Х. *127*
Геккель Эрнст (1834–1919) *19*
Геллерштейн С. Г. (1896–1967) *31*
Гельвеций (1715–1771) *59*
Гераклит (535–475 до н. э.) *52*
Гете И. В. (1749–1832) *147*
Гиппократ (460–377 до н. э.) *8, 190, 196*
Гогиташвили Г. Г. (1923) *455*
Гук Роберт (1635–1703) *188*
Гумилев Л .Н. (1912–1992) *24*
Гумилев Н. С. (1886–1921) *112*

**Д**аль В. И. (1801–1972) *5*
Дей У. *127*
Декарт Рене (1596–1650) *191*
Деминг У. Э. (1900–1993) *455*
Демокрит (460–370 до н. э.) *190*
Дж. Батто *504*
Дженнер Эдуард (1749–1823) *195, 201*
Дибшлаг В. *121*
Додсон Д. *120*
Дорман *492*

**Ж**олио-Кюри Ирэн (1897–1956) *277*
Жолио-Кюри Фредерик (1900–1958) *277*

**З**елинский Н. Д. (1861–1953) *645*
Зюсс Э. (1831–1914) *35*

**Й**еркс Р. (1876–1956) *120*

**К**ампанелла (1568–1639) *190*
Каплун С. И. (1897–1943) *9*
Кеттелл Р. Б. (1905–1998) *118*
Кирпичев В. Л. (1845–1913) *9*
Коротков В. И. (1933–2002) *9*
Котик М. А. (1920–1993) *31, 136*
Кох Р. (1843–1910) *193*
Кульбовская Н. К. *501*
Кусто Ж. И. (1910–1997) *207*
Кюри Мария (1867–1934) *277*
Кюри Пьер (1859–1906) *277*

**Л**азарев Н. В. *18*
Лапин В. Л. (1940–2003) *10*
Ле-Шателье А. Л. (1850–1936) *25*
Левенгук А. (1632–1723) *191*
Левицкий В. А. (1867–1936) *9*
Легасов В. А. (1936–1988) *9*
Ленин В. И. (1870–1924) *6, 9, 52*
Лермонтов М. Ю. (1814–1841)
Линкольн А. (1809–1865) *384*
Ломов Б. Ф. (1927–1989) *26*
Ломоносов М .В. (1711–1765) *5, 8, 175*
Луи Филипп (1773–1850) *384*

**М**ак-Лин *227*
Малаян К. Р. (1939) *9*
Марбе Карл (1869–1953) *31*
Маренго М. К. *136*
Маркс Карл (1818–1883) *9, 52*
Маслоу Абрахам (1908–1970) *126*
Мастрюков Б. С. (1937) *9*
Менделеев (1834–1907) *278*
Мечников И. И. (1845–1916) *201*
Минько В. М. (1945) *9*
Моно Жак Люсьен (1910–1976) *197*
Мор Томас (1478–1535) *190*
Мюнстерберг Гуго (1863–1916) *31, 113*

**Н**икольский Д. П. (1855–1918) *9*

**О**строградский М. В. (1801–1862) *17*

**П**арацельс (1493–1541) *8, 190*
Паркер *182*

Пастер Луи (1822–1895) *194*
Петровский А. В. (1924) *127*
Печчеи Аурелиио (1908–1984) *657*
Правдин Н. С. *18*
Пресс А. А. (1857–1930) *9*
Прусенко Б. Е. (1841–2008) *9*
Пушкин А. С. (1799–1837) *165*

**Р**амаццини Бернардино (1633–1714) *8*
Резерфорд Эрнест (1871–1937) *277*
Ретнев В. М. (1926) *9*
Рихман Георг Вильгельм (1711–1753) *175*
Рихтер Ч. (1900–1985) *17, 151*
Рождественский Р. И. (1932–1994) *137, 294*
Росс Эшби (1903–1972) *53*
Рузвельт Франклин Делано (1882–1945) *207*
Русак О. Н (1937) *10, 32*

**С**елье Ганс (1907–1982) *120*
Сеченов И. М. (1829–1905) *28*
Скочинский А. А. (1874–1960) *9*
Спалланцани Ладзаро (1729–1799) *197, 198*
Столыпин П. А. (1862–1911) *384*

**Т**индаль Джон (1820–1893) *198*
Томашевский Т. *121, 126*

**Ф**аверж Ж. *127*
Фармер *40*
Ферсман А. Е. (1883–1945) *35*
Фестингер Л. (1919–1989) *127*
Фехнер Г. Т. (1801–1887) *95*
Флеминг Александр (1881–1955) *200*
Фортов В. Е. (1946) *181*
Фракастро Джироламо (1478–1553) *190*
Франклин Бенджамин (1706–1790) *175*

**Х**акен Г. (1927) *57*
Халл Кларк Леонард (1884–1952) *127*
Хартер Н. *136*
Худолей В. В. (1945–2007) *88*

**Ч**ебышев В. В. *136*
Чижевский А. Л. (1897–1964) *13*

**Ш**айдоров А. А. (1927–2004) *9*
Шамберлан Ш. Э. (1851–1908) *194*
Шванн Теодор (1810–1882) *198*
Шиллер Ф. (1759–1805)
Шпильрейн С. (1881–1942) *31*
Штерн В. (1871–1938) *31, 113*

**Э**ббингауз Герман (1850–1909) *115*
Энгельс Фридрих (1820–1895) *9, 52, 149*

**Я**нсен З. (1588–1630) *191*

# ОГЛАВЛЕНИЕ

**Предисловие** . . . . . 3

**Предисловие редактора к 15-му изданию** . . . . . 5

**Введение** . . . . . 8

**Связь БЖД с другими дисциплинами** . . . . . 12

Вентиляция (12). Гелиобиология (от *греч.* helios — солнце + биология) (13). Геронтология (от *греч.* geron — старик и logos — учение) и гериатрия (от *греч.* geron — старик и iatreia — лечение) (13). Инженерная психология (14). Культура безопасности деятельности (14). Метеорология (14). Нанотехнологии (от *греч.* nanos — карлик) (15). Ноксология (15). Освещение (15). Право (16). Сейсмология (от *греч.* seismos — колебания) (16). Теория вероятностей и статистика(17). Техника безопасности (17). Техническое регулирование (18). Токсикология (18). Физиология человека (19). Экология (19). Экономика безопасности (20). Эргономика (20). Заключение (21). Контрольные задания (21).

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

*Глава 1*

**Основные положения и принципы обеспечения безопасности** . . . . . 24

§ 1.1. Основные понятия и определения . . . . . 24

Деятельность. Пассионарность (24). Системный подход (25). Эргатические системы. Декомпозиция (26). Факторы и условия деятельности (27). Факторы и опасности (28). Источники и методики получения информации о факторах и опасностях (29). Опасность и ущерб здоровью (29). Система «человек–опасность» (30). Человек как элемент системы «человек–опасность» (30). Опасность как элемент системы «человек–опасность» (31). Свойства опасностей (31). Аксиома (презумпция) потенциальной опасности деятельности (32). Номенклатура факторов и опасностей (32). Классификация (таксономия) факторов и опасностей (33). Причины (этиология) опасностей (36).

§ 1.2. Квантификация опасностей . . . . . 38
Понятие о риске (38). Концепция приемлемого риска (48). Управление риском (50).
§ 1.3. Методологические основы управления безопасностью . . . . . 52
Методологические направления в теории безопасности (52). Методы обеспечения безопасности (58). Принципы обеспечения безопасности (59). Средства обеспечения безопасности (83). Методы анализа опасностей (83).

*Глава 2*
**Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности** . . . . . 88
§ 2.1. Общие закономерности адаптации организма человека к различным условиям . . . . . 88
Общие принципы и механизмы адаптации (90). Взаимосвязь человека с окружающей средой (94).
§ 2.2. Краткая характеристика сенсорных систем с точки зрения безопасности . . . . . 96
Зрительная система (96). Слуховая система (98). Вестибулярная система (99). Тактильная, температурная, болевая системы (100).
§ 2.3. Управление факторами среды . . . . . 102
§ 2.4. Человек как элемент системы «человек–среда» . . . . . 105
Совместимость элементов системы «человек–среда» (106).

РАЗДЕЛ ВТОРОЙ

## ЧЕЛОВЕК В МИРЕ ОПАСНОСТЕЙ

*Глава 3*
**Антропогенные опасности (психология безопасности деятельности)** . . . . . 112
§ 3.1. Психофизиологические основы безопасности . . . . . 113
§ 3.2. Психические процессы, влияющие на безопасность . . . . . 115
§ 3.3. Психические свойства, влияющие на безопасность . . . . . 118
§ 3.4. Психические состояния и безопасность человека . . . . . 120
Мотивация деятельности (126).
§ 3.5. Особые психические состояния . . . . . 129
§ 3.6. Психологические методы повышения безопасности . . . . . 134

*Глава 4*
**Социальные опасности** . . . . . 137
§ 4.1. Классификация социальных опасностей . . . . . 138
§ 4.2. Виды социальных опасностей . . . . . 138
Психическое воздействие (138). Физическое насилие (139). Употребление разрушающих организм веществ (139). Социальные болезни (143). Самоубийства (суицид) (145).

*Глава 5*
**Природные опасности** . . . . . 147
§ 5.1. Общие сведения . . . . . 147
§ 5.2. Литосферные опасности . . . . . 150
Землетрясения (150). Извержения вулканов (157). Сели (159). Снежные лавины (159). Оползни (161).
§ 5.3. Гидросферные опасности . . . . . 164
Наводнения (164). Цунами (168).
§ 5.4. Атмосферные опасности . . . . . 170
Ураганы и бури (177). Смерчи (178).
§ 5.5. Космические опасности . . . . . 179
Астероиды и кометы (179). Солнечная радиация (181). Земной магнетизм (геомагнетизм) (184). Радиационные пояса Земли (186).

*Глава 6*
**Биологические опасности** . . . . . 188
§ 6.1. Микроорганизмы . . . . . 189
Микробиология (191). Виды патогенных микроорганизмов (192). Рост и размножение микроорганизмов (197). Бактериологическое нормирование (199).
§ 6.2. Грибы . . . . . 202
§ 6.3. Растения . . . . . 203
§ 6.4. Животные . . . . . 205

*Глава 7*
**Техногенные опасности** . . . . . 210
§ 7.1. Механические опасности . . . . . 210
§ 7.2. Виброакустические колебания . . . . . 212
Вибрация (212). Шум (215). Инфразвук (221). Ультразвук (222).
§ 7.3. Электромагнитные поля . . . . . 224
Характеристики электромагнитных полей (224). Источники электромагнитных полей и классификация электромагнитных излучений (225). Воздействие электромагнитных полей на организм человека (226). Принципы нормирования электромагнитных полей (230). Нормирование ЭМП промышленной частоты и статических полей (232). Нормирование электромагнитных полей диапазона частот от 10 до 30 кГц (234). Нормирование электромагнитных полей радиочастот (234). Нормы и рекомендации по защите от ЭМП при пользовании персональным компьютером (236). Приборы для измерений параметров электромагнитных полей (240).
§ 7.4. Электрический ток . . . . . 242
Действие электрического тока на человека (242). Факторы, определяющие опасность поражения электрическим током (245). Ситуационный анализ поражения током (250). Основные причины поражения электрическим током (254).
§ 7.5. Статическое электричество . . . . . 256
Возникновение статического электричества (256). Опасность статического электричества (257).
§ 7.6. Лазерное излучение . . . . . 259
§ 7.7. Неинтенсивные излучения оптического диапазона . . . . . 263
Основные светотехнические единицы (264). Естественное освещение (266). Искусственное освещение (268). Инфракрасное излучение (272). Ультрафиолетовое излучение (273).
§ 7.8. Ионизирующие излучения . . . . . 275
Физика радиоактивности (278). Закон радиоактивного распада (279). Биологическое действие ионизирующих излучений (280). Дозиметрические величины и единицы их измерения (282). Источники излучения (287). Измерение ионизирующих излучений (288). Нормирование радиационной безопасности (290). Защита от излучений (292).

*Глава 8*
**Экологические опасности** . . . . . 294
§ 8.1. Состояние среды обитания . . . . . 294
§ 8.2. Источники экологических опасностей . . . . . 297
Тяжелые металлы (298). Пестициды (300). Диоксины (302). Соединения серы, фосфора и азота (304). Фреоны (306).
§ 8.3. Воздух как фактор среды обитания . . . . . 307
§ 8.4. Вода как фактор среды обитания . . . . . 317
Физиологическое и гигиеническое значение воды (318). Заболевания, связанные с изменением солевого и микроэлементного состава воды (319). Вода как путь передачи инфекционных заболеваний (321). Влияние хозяйственно-бытовой и производственной деятельности человека на свойства природных вод (322). Показатели качества воды (325). Нормирование и нормативные акты в области охраны водной среды (329). Защита воды (331).

§ 8.5. Почва как фактор среды обитания . . . . . 335
Роль почвы в передаче инфекционных заболеваний (338). Процессы самоочищения почвы (340). Санитарная охрана почвы (343).
§ 8.6. Продукты питания . . . . . 344
§ 8.7. Стратегия экоразвития . . . . . 349

РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ

## БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

*Глава 9*
**Экстремальные и чрезвычайные ситуации** . . . . . 354
§ 9.1. Концептуальные предпосылки . . . . . 354
§ 9.2. Понятие о чрезвычайных ситуациях . . . . . 355
§ 9.3. Классификация чрезвычайных ситуаций . . . . . 358
§ 9.4. Нормативно-правовая база в области чрезвычайных ситуаций . . . . . 360

*Глава 10*
**Поражающие факторы ЧС и средства защиты от них** . . . . . 364
§ 10.1. Чрезвычайные ситуации природного характера . . . . . 364
Землетрясения (364). Наводнения (366).
§ 10.2. Техногенные чрезвычайные ситуации . . . . . 367
Взрывы (367). Чрезвычайные ситуации радиационного характера (370). Чрезвычайные ситуации химического характера (373). Чрезвычайные ситуации, связанные с пожарами (377).
§ 10.3. Чрезвычайные ситуации биолого-социального характера . . . . . 379
§ 10.4. Терроризм . . . . . 383
Возникновение и развитие терроризма (383). Виды терроризма (385).
§ 10.5. Чрезвычайные ситуации, возникающие при ведении военных действий . . . . . 396
Ядерное оружие (397). Химическое оружие (404). Обычные средства поражения (408).

*Глава 11*
**Организация системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций** . . . . . 412
§ 11.1. Основные принципы защиты населения и территорий в чрезвычайных ситуациях . . . . . 412
Основы предупреждения и минимизации последствий ЧС (412). Паспорт безопасности региона (413).
§ 11.2. Единая государственная система предупреждения и ликвидации ЧС . . . . . 414
§ 11.3. Прогнозирование чрезвычайных ситуаций . . . . . 419
§ 11.4. Основные способы и средства защиты населения в чрезвычайных ситуациях . . . . . 424
Оповещение населения (424). Мероприятия противорадиационной, противохимической и противобактериологической защиты (ПР, ПХ и ПБЗ) (425). Использование средств индивидуальной и коллективной защиты в ЧС (427). Проведение эвакомероприятий (433).

*Глава 12*
**Ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций** . . . . . 435
§ 12.1. Организация ликвидации ЧС . . . . . 435
§ 12.2. Организация и проведение аварийно-спасательных и других неотложных работ . . . . . 437
Технология проведения АСДНР (438).
§ 12.3. Специальная обработка техники и территорий, обеззараживание зданий и сооружений, санитарная обработка людей . . . . . 440

РАЗДЕЛ ЧЕТВЕРТЫЙ

## БЕЗОПАСНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ ПРОИЗВОДСТВА

*Глава 13*
**Безопасность и охрана труда** . . . . . 446
§ 13.1. Введение . . . . . 446
§ 13.2. Правовые основы управления безопасностью . . . . . 447
Законы (448). Подзаконные нормативные акты (449). Примеры систем и комплексов Государственных стандартов (451).
§ 13.3. Управление безопасностью и охраной труда . . . . . 454
Элементы системы управления безопасностью в организации (458).
§ 13.4. Государственный надзор и контроль за соблюдением законодательства по охране труда . . . . . 465

*Глава 14*
**Управление охраной труда в организации** . . . . . 470
§ 14.1. Служба охраны труда на предприятии . . . . . 470
Особенности охраны труда женщин (473). Особенности охраны труда молодежи (474). Работы с повышенной опасностью (474).
§ 14.2. Основные документы по охране труда в организации . . . . . 475
§ 14.3. Контроль за соблюдением законодательства по охране труда на предприятии . . . . . 479
§ 14.4. Аттестация рабочих мест . . . . . 482
§ 14.5. Планы ликвидации аварий . . . . . 487
§ 14.6. Экономические аспекты управления охраной труда . . . . . 489
Экономические причины недостаточного внимания работодателей к охране труда (489). Потери от травматизма и профзаболеваний (490). Структура экономических потерь в связи с травматизмом и заболеваемостью на производстве (491). Затраты в сфере охраны труда (494). Показатели эффективности мероприятий по охране труда (497). Экономические механизмы стимулирования работодателей по улучшению условий и охраны труда (501).

*Глава 15*
**Производственная санитария** . . . . . 504
§ 15.1. Требования производственной санитарии на стадии проектирования . . . . . 505
Санитарная классификация предприятий (505). Санитарные требования к генеральному плану предприятия (505). Бытовые помещения и санитарно-технические средства нормализации условий труда (506).
§ 15.2. Воздух производственной среды . . . . . 506
Микроклимат (507). Вредные вещества химической природы (511). Вредные вещества биологической природы (515). Ионный состав воздуха (516). Вентиляция (517).
§ 15.3. Защита от виброакустических колебаний . . . . . 523
Защита от вибрации (523). Защита от шума (526). Защита от инфразвука и ультразвука (530).
§ 15.4. Защита от электромагнитных полей . . . . . 531
§ 15.5. Защита от лазерного излучения . . . . . 537
§ 15.6. Защита от ионизирующих излучений . . . . . 538
§ 15.7. Защита от инфракрасных (тепловых) излучений . . . . . 542

*Глава 16*
**Техника безопасности** . . . . . 545
§ 16.1. Защита от механических опасностей . . . . . 546
§ 16.2. Электробезопасность . . . . . 551
Технические меры защиты от поражения током (552). Средства защиты, используемые в электроустановках (561). Организация

безопасной эксплуатации электроустановок (564). Защита от статического электричества (566). Защита от молний (567). Первая помощь при поражениях электрическим током (570).
§ 16.3. Безопасность эксплуатации сосудов, работающих под давлением . . . . . 572
Приборы безопасности и контрольно-измерительные приборы (575). Регистрация и техническое освидетельствование (577).
§ 16.4. Безопасность эксплуатации газового хозяйства . . . . . 578
§ 16.5. Безопасность эксплуатации подъемно-транспортного оборудования . . . . . 579
Расчет грузовых канатов крана (580). Устойчивость кранов (581). Устройства безопасности на подъемно-транспортных машинах (584). Регистрация, техническое освидетельствование и испытание ПТО и ГЗУ (590).

*Глава 17*
**Промышленная безопасность** . . . . . 594
§ 17.1. Предмет исследования . . . . . 594
§ 17.2. Основные положения промышленной безопасности . . . . . 598
Регистрация ОПО (598). Лицензирование деятельности (598).Сертификация технических устройств (598). Экспертиза промышленной безопасности (600). Декларация промышленной безопасности (601). Страхование ответственности за причинение вреда при эксплуатации ОПО (602). Обязанности организации, эксплуатирующей ОПО (602).
§ 17.3. Техническое расследование причин аварии на ОПО . . . . . 603
§ 17.4. Международные документы . . . . . 604

*Глава 18*
**Пожарная безопасность** . . . . . 605
§ 18.1. Горение . . . . . 606
§ 18.2. Пожары . . . . . 611
§ 18.3. Категорирование помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности . . . . . 614
Горючесть строительных материалов (615). Огнестойкость и пределы огнестойкости конструкций (616).
§ 18.4. Классификация зданий и помещений по признакам пожарной опасности . . . . . 617
§ 18.5. Меры защиты от пожаров . . . . . 620
Классификация взрывоопасных и пожароопасных зон по ПУЭ (620). Противопожарные преграды и разрывы (620). Требования к эвакуации людей (621). Противопожарные требования к генеральным планам (621).
§ 18.6. Тушение пожаров . . . . . 622
Огнетушащие вещества (623). Противопожарное водоснабжение (624). Первичные средства пожаротушения (625). Установки пожаротушения (625). Пожарная связь и сигнализация (627).

*Глава 19*
**Профилактика несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний** . . . . . 629
§ 19.1. Причины несчастных случаев и методы изучения травматизма . . . . . 631
Показатели травматизма (631).
§ 19.2. Расследование и учет несчастных случаев на производстве . . . . . 632
§ 19.3. Страхование от несчастных случаев и профзаболеваний . . . . . 634
§ 19.4. Методика расчета скидок и надбавок к страховым тарифам . . . . . 636
Показатели, используемые при расчете (636). Расчет и установление надбавок и скидок (638). Оформление скидок и надбавок (639).
§ 19.5. Профилактика травматизма и профессиональных заболеваний . . . . . 640

*Глава 20*
**Безопасность объектов экономики и персонала в чрезвычайных ситуациях** . . . . . 643
§ 20.1. Устойчивость функционирования объектов экономики . . . . . 643
Организационные мероприятия (644). Специальные мероприятия (645). Оценка устойчивости систем инженерно-технического комплекса объекта экономики (646).
§ 20.2. Структура гражданской обороны на объектах экономики . . . . . 651

*Глава 21*
**Глобалистика безопасности деятельности** . . . . . 657
§ 21.1. Введение . . . . . 657
§ 21.2. Голод как глобальная опасность . . . . . 659
§ 21.3. Опасные космические объекты (ОКО) . . . . . 660
§ 21.4. Экстремальные и чрезвычайные ситуации . . . . . 661
§ 21.5. Что происходит с погодой и климатом? . . . . . 661

**Заключение** . . . . . 663

**Термины и определения БЖД по различным источникам** . . . . . 669

**Приложения** . . . . . 674

**Литература** . . . . . 679
Законы . . . . . 682
Постановления Правительства и Минтруда России . . . . . 683
Государственные (национальные) стандарты (ГОСТ) . . . . . 683
Правила безопасности (ПБ) . . . . . 685
Правила по охране труда (ПОТ) . . . . . 686
Гигиенические нормы (ГН), санитарные правила и нормы (СанПиН), санитарные правила (СП) . . . . . 687
Строительные нормы и правила (СНиП) . . . . . 688
Руководства и рекомендации . . . . . 688
Нормы пожарной безопасности . . . . . 688

**Принятые сокращения** . . . . . 689

**Предметный указатель** . . . . . 691

**Именной указатель** . . . . . 695

*Наталья Георгиевна ЗАНЬКО*
*Карпуш Рубенович МАЛАЯН*
*Олег Николаевич РУСАК*

**БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

*Учебник*

*Под редакцией О. Н. РУСАКА*

Издание семнадцатое,
стереотипное

ЛР № 065466 от 21.10.97
Гигиенический сертификат 78.01.10.953.П.1028
от 14.04.2016 г., выдан ЦГСЭН в СПб

**Издательство «ЛАНЬ»**
lan@lanbook.ru; www.lanbook.com
196105, Санкт-Петербург, пр. Юрия Гагарина, д. 1, лит. А.
Тел./факс: (812) 336-25-09, 412-92-72.
Бесплатный звонок по России: 8-800-700-40-71

**ГДЕ КУПИТЬ**

ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИЙ:

*Для того, чтобы заказать необходимые Вам книги, достаточно обратиться в любую из торговых компаний Издательского Дома «ЛАНЬ»*:

**по России и зарубежью**
«ЛАНЬ-ТРЕЙД». 196105, Санкт-Петербург, пр. Ю. Гагарина, д. 1, лит. А.
тел.: (812) 412-85-78, 412-14-45, 412-85-82; тел./факс: (812) 412-54-93
e-mail: trade@lanbook.ru; ICQ: 446-869-967

**www.lanbook.com**
пункт меню **«Где купить»**
раздел **«Прайс-листы, каталоги»**

**в Москве и в Московской области**
«ЛАНЬ-ПРЕСС». 109263, Москва, 7-я ул. Текстильщиков, д. 6/19
тел.: (499) 178-65-85; e-mail: lanpress@lanbook.ru

**в Краснодаре и в Краснодарском крае**
«ЛАНЬ-ЮГ». 350901, Краснодар, ул. Жлобы, д. 1/1
тел.: (861) 274-10-35; e-mail: lankrd98@mail.ru

ДЛЯ РОЗНИЧНЫХ ПОКУПАТЕЛЕЙ:

*интернет-магазин*
**Издательство «Лань»: http://www.lanbook.com**

*магазин электронных книг*
**Global F5**: http://globalf5.com/

Подписано в печать 03.03.17.
Бумага офсетная. Гарнитура Школьная. Формат 60×90 $^{1}/_{16}$.
Печать офсетная. Усл. п. л. 44,00. Тираж 200 экз.

Заказ № 140-17.
Отпечатано в полном соответствии с качеством
предоставленного оригинал-макета.
в ПАО «Т8 Издательские Технологии».
109316, г. Москва, Волгоградский пр., д. 42, к. 5.