

Учебно-методическое
объединение рекомендует

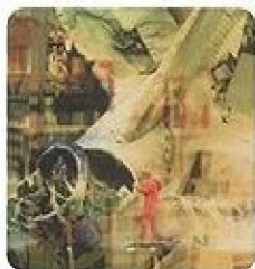
Учебник

С. В. Белов, Е. Н. Симакова

Ноксология

Под общей редакцией **С. В. Белова**

б а з о в ы й к у р с



С. В. Белов, Е. Н. Симакова

НОКСОЛОГИЯ

УЧЕБНИК ДЛЯ БАКАЛАВРОВ

2–е издание, переработанное и дополненное

Под общей редакцией **С. В. Белова**

*Допущен Учебно методическим объединением
вузов по университетскому политехническому
образованию в качестве учебника
для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по направлению подготовки
280700 «Техносферная безопасность»*

Москва • Юрайт • 2013

УДК 504
ББК 20.1я73
Б43

Авторы:

Белов Сергей Викторович — заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор, академик РАЕН, лауреат премии Президента РФ в области образования, до 2008 г. — заведующий кафедрой экологии и промышленной безопасности Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана;

Симакова Елена Николаевна — кандидат педагогических наук, ученый секретарь Учебно-методического совета «Техносферная безопасность», доцент, старший преподаватель кафедры экологии и промышленной безопасности Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана.

Рецензенты:

Козьяков А. Ф. — кандидат технических наук, профессор Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана;

Пономарев В. М. — кандидат экономических наук, профессор, заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности Московского государственного университета путей сообщения;

Рахманов Б. Н. — доктор технических наук, профессор Московского государственного университета путей сообщения.

Б43

Белов, С. В.

Ноксология : учебник для бакалавров / С. В. Белов, Е. Н. Симакова ; под общ. ред. С. В. Белова. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2013. — 431 с. — Серия : Бакалавр. Базовый курс.

ISBN 978-5-9916-2697-2

В учебнике сформулированы теоретические основы ноксологии — науки об опасностях; рассмотрены опасности, создаваемые в современном мире избыточными потоками веществ, энергии и информации. Описаны виды мониторинга опасностей, показаны методы и средства защиты от опасностей на местном, региональном и глобальном уровнях. Представлены обширные данные по негативному воздействию реализованных опасностей, сформулированы пути дальнейшего совершенствования человеко- и природозащитной деятельности.

Соответствует Федеральному государственному образовательному стандарту высшего профессионального образования третьего поколения.

Для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки 280700 «Техносферная безопасность» и другим техническим направлениям и специальностям.

УДК 504
ББК 20.1я73

ISBN 978-5-9916-2697-2

© Белов С. В., Симакова Е. Н., 2012
© Белов С. В., Симакова Е. Н., 2013,
с изменениями
© ООО «Издательство Юрайт», 2013

Оглавление

| | |
|---|------------|
| Принятые сокращения | 5 |
| Предисловие | 7 |
| Введение. Эволюция опасностей, возникновение научного направления — ноксология | 16 |
| <i>Контрольные вопросы</i> | 31 |
| Глава 1. Теоретические основы ноксологии | 32 |
| 1.1. Принципы и понятия ноксологии | 32 |
| 1.2. Опасность, условия ее возникновения и реализации | 37 |
| 1.3. Закон толерантности. Опасные и чрезвычайно опасные воздействия | 39 |
| 1.4. Качественная классификация (таксономия) опасностей | 44 |
| 1.5. Количественная оценка и нормирование опасностей | 53 |
| 1.6. Идентификация опасностей техногенных источников | 69 |
| 1.7. Поле опасностей | 82 |
| <i>Контрольные вопросы</i> | 85 |
| Глава 2. Современная ноксосфера | 86 |
| 2.1. Взаимодействие человека с окружающей средой | 87 |
| 2.2. Повседневные естественные опасности | 102 |
| 2.3. Антропогенные и антропогенно-техногенные опасности | 103 |
| 2.4. Повседневные техногенные опасности | 104 |
| 2.5. Чрезвычайные техногенные опасности | 184 |
| 2.6. Чрезвычайные опасности стихийных явлений | 221 |
| <i>Контрольные вопросы</i> | 234 |
| Глава 3. Защита от опасностей | 235 |
| 3.1. Понятие «безопасность объекта защиты» | 236 |
| 3.2. Основные направления достижения техносферной безопасности | 237 |
| 3.3. Опасные зоны и варианты защиты от опасностей | 242 |
| 3.4. Техника и тактика защиты от опасностей | 260 |
| 3.5. Минимизация антропогенно-техногенных опасностей | 322 |
| <i>Контрольные вопросы</i> | 328 |
| Глава 4. Мониторинг опасностей | 329 |
| 4.1. Системы мониторинга | 329 |
| <i>Контрольные вопросы</i> | 348 |

| | |
|---|------------|
| Глава 5. Оценка ущерба от реализованных опасностей | 349 |
| 5.1. Показатели негативного влияния опасностей | 349 |
| 5.2. Потери от опасностей в быту, на производстве и в селитеб- ных зонах | 354 |
| 5.3. Потери от чрезвычайных опасностей | 362 |
| 5.4. Смертность населения от внешних причин | 366 |
| <i>Контрольные вопросы</i> | 374 |
| Глава 6. Перспективы развития человеко- и природозащитной деятельности | 375 |
| 6.1. Демографическое состояние России и пути его улучшения ... | 375 |
| 6.2. «Эра здоровой и продолжительной жизни» | 383 |
| 6.3. Стратегия устойчивого развития | 384 |
| <i>Контрольные вопросы</i> | 385 |
| Практикум | 386 |
| Глоссарий | 410 |
| Приложение 1. Международные организации, осуществляющие человеко- и природозащитную деятельность | 419 |
| Приложение 2. Система федеральных государственных орга- нов власти Российской Федерации, осуществляющих чело- веко- и природозащитную деятельность | 423 |
| Литература | 430 |

Принятые сокращения

- АТР** — азиатская территория России
АХОВ — аварийно химически опасные вещества
АЭС — атомная электростанция
БЖД — безопасность жизнедеятельности
БЧП — более чистое производство
ВВ — взрывчатое вещество
ВДП — вибродемпфирующее покрытие
ВЗ — высокое загрязнение
ВОО — взрывоопасный объект
ГВС — газо-воздушная смесь
ГЖ — горючая жидкость
ГЗУ — грузозахватное устройство
ГН — гигиенические нормы
ГСМОС — глобальная система мониторинга окружающей среды
ДВС — двигатель внутреннего сгорания
ДМЭ — диметиловый эфир
ЕО — естественная опасность
ЕТР — европейская территория России
ЖКХ — жилищно-коммунальное хозяйство
ЖРО — жидкие радиоактивные отходы
ЗОС — защита окружающей среды
ЗПЦ — замкнутый промышленный цикл
ЗУ — защитное устройство
ИЗА — индекс загрязнения атмосферы
ИИ — ионизирующее излучение
ИК — инфракрасное излучение
ИКАО (англ. ICAO — International Civil Aviation Organization) — Международная организация гражданской авиации
ИСЗ — искусственный спутник Земли
ИСИЗ — изолирующее средство индивидуальной защиты
ИШ — источник шума
КЕО — коэффициент естественного освещения
ЛВЖ — легковоспламеняющаяся жидкость
ЛИ — лазерное излучение
ЛОЗ — лазерноопасная зона
ЛЭП — линия электропередачи
МП — магнитный поток
МТБЭ — метилтретбутиловый эфир
НИДСТ — наилучшая из доступных современных технологий
НКПВ — нижний концентрационный предел воспламенения
НСТ — наилучшая существующая технология
НТР — научно-техническая революция
ОВ — отравляющее вещество

- ОВОС** — оценка воздействия на окружающую среду
ОКП — околоземное космическое пространство
ОПО — опасный производственный объект
ПДВ — предельно допустимый выброс
ПДД — предельно допустимая доза
ПДК — предельно допустимая концентрация
ПДС — предельно допустимый сброс
ПДУ — предельно допустимый уровень
ПлВС — пылевоздушная смесь
ПМП — постоянное магнитное поле
ПОО — пожароопасный объект
ПТМ — подъемно-транспортный механизм
ПУЭ — правила устройства электроустановок
РЛС — радиолокационная станция
РОО — радиационно опасный объект
РСЧС — Российская единая система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций
СЗЗ — санитарно-защитная зона
СИЗ — средства индивидуальной защиты
СИЗОД — средства индивидуальной защиты органов дыхания
СанПиН — санитарные правила и нормы
СН — санитарные нормы
СНиП — строительные нормы и правила
СНН — сверхнизкое напряжение
СП — санитарные правила
СПАВ — соединения поверхностно-активных веществ
СПЖ — средняя продолжительность жизни
ТБО — твердые бытовые отходы
ТВЭЛ — тепловыделяющий элемент
ТПО — твердые промышленные отходы
ТРО — твердые радиоактивные отходы
ТЭС — тепловая электрическая станция
УЗ — уровень звука
УЗД — уровень звукового давления
УФИ — ультрафиолетовое излучение
ФГОС ВПО — федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования
ХОО — химически опасный объект
ЦНС — центральная нервная система
ЧС — чрезвычайная ситуация
ЭВЗ — экстремально высокое загрязнение
ЭЗС — электрозащитное средство
ЭМ — экологический мониторинг
ЭМИ — электромагнитное излучение
ЭМП — электромагнитное поле
ЭСП — электростатическое поле
DL — летальная доза
INES (англ. INES — International Nuclear Event Scale) — Международная шкала радиационных событий
CL — смертельная концентрация

Предисловие

Стремление человека защищать свою жизнь является его естественной жизненной потребностью. К сожалению, окружающий мир довольно часто оказывает на человека негативное влияние, которое отрицательно сказывается на здоровье и продолжительность жизни. Естественной реакцией на негативные воздействия является постоянная забота о защите себя и окружающей среды от опасностей.

С 2008 г. в мире бушует экономический кризис, негативно влияющий на благополучие населения практически всех стран. В России кризис экономический наложился на глубокий и длительный демографический кризис. Начиная с 1992 г. по настоящее время в нашей стране наблюдается уменьшение численности населения. Только за последние 10 лет Россия потеряла до 25 млн человек, из которых около 3,5 млн человек погибли от внешних причин, т.е. от причин, вызванных не болезнями, а различными внешними воздействиями — умышленными (убийства и самоубийства) или неумышленными (всякого рода несчастные случаи, отравления и т.п.). Особую тревогу вызывают показатели принудительной смертности мужчин трудоспособного, а следовательно, и репродуктивного (фертильного) возраста.

Общеизвестно, что продолжительность жизни людей во многом зависит от удовлетворения их естественных потребностей, качества среды обитания, условий труда и отдыха, качества медицинского обслуживания. Сложившаяся демографическая ситуация определяется экономическими показателями уровня жизни россиян и условиями их существования. В начале XXI в. показатель внутреннего валового продукта в расчете на одного жителя страны в США в шесть раз превышает аналогичный показатель в России. Средняя продолжительность жизни (СПЖ) мужчин в России составляет около 60 лет (в Японии — 79 лет, в США — 75 лет).

Важную роль в сокращении СПЖ играют *опасности*. Именно поэтому так много внимания уделяется защите от опасностей: борьбе с пожарами, соблюдению правил техни-

ки безопасности на производстве, снижению числа дорожно-транспортных происшествий и т.п. С этой целью регламентируются, прежде всего, безопасные приемы деятельности человека и применяются различные виды защиты.

Во второй половине XX в. была активизирована природо-защитная деятельность с целью охраны атмосферного воздуха, водоемов и земельных угодий от загрязнений. Тем не менее на сегодня проблема загрязнения природной среды достигает своего апогея, особенно в мегаполисах и на примыкающих к ним территориях. Защита от выбросов автотранспорта, ТЭС, промышленных объектов и объектов ЖКХ, ликвидация и захоронение твердых отходов — главные природоохранные задачи.

В конце XX в. возникли такие понятия, как *ЗОЖ — здоровый образ жизни*, *БЖД — безопасность жизнедеятельности человека* и *ЗОС — защита окружающей среды*. В этот же период со всей очевидностью стало ясно, что реализации только защитных мероприятий явно недостаточно для обеспечения безопасности человека. Необходим превентивный анализ всех принимаемых техногенных решений с целью обнаружения возможных опасных проявлений, требуется применение научно обоснованных требований к созданию малоопасных технологий, машин и производств, установление современных норм и правил для обеспечения безопасности зон труда и отдыха, нормативов возможного допустимого воздействия техносферы на человека и на окружающую среду. Одновременно имеется потребность в массовом внедрении в общество *культуры безопасности*, основанной на получении каждым человеком знаний о происхождении и принципах появления опасностей; знаний о современном мире опасностей и защите от него.

Таким образом, объективно возникла необходимость активного развития человеко- и природозащитной деятельности на научной основе путем создания науки об опасностях окружающего материального мира — ноксологии, а также подготовки инженерно-технических и научных кадров — носителей соответствующих знаний.

Ноксология изучает происхождение и совокупное действие опасностей, описывает зоны и показатели их влияния на материальный мир, оценивает ущерб, наносимый опасностями человеку и природе. В задачи ноксологии входит также изучение принципов минимизации опасностей в источниках и основ защиты от них в пределах опасных зон.

Дисциплина «Ноксология» отражает и систематизирует научно-практические достижения в области человеко- и природозащитной деятельности, основывается на теоретических разработках отечественных и зарубежных ученых. Известные знания о безопасности жизнедеятельности и защите природы объединены в рамках этого учения далеко не случайно. Они имеют одну понятийную основу и неразрывно связаны с понятием «опасность». Кроме того, они имеют общее реальное содержание, обусловленное общностью источников опасностей, действующих, как правило, одновременно на человека, общество и природу, а также значительную общность средств защиты.

Дисциплина «Ноксология» относится к математическому и естественнонаучному циклу и обеспечивает понимание и логическую взаимосвязь систем «человек — техносфера — природа» на уровне их негативного взаимодействия.

Цель дисциплины: формирование у студентов базовой профессиональной ноксологической компетентности (в части знаний теоретических основ мира опасностей и принципов обеспечения безопасности, готовности к реализации этих знаний в процессе жизнедеятельности, осознании приоритетов задач по сохранению жизни и здоровья человека, значимости дальнейшей профессиональной деятельности), выступающей результатом заявленных в ФГОС ВПО общекультурных и профессиональных компетенций (организационно-управленческих и экспертных, надзорных и инспекционно-аудиторских) по направлению 280700 «Техносферная безопасность» (квалификация/степень — бакалавр).

Задачи дисциплины: дать представление об опасностях современного мира и их негативном влиянии на человека и природу; сформировать критерии и методы оценки опасностей; описать источники и зоны влияния опасностей; дать базисные основы для анализа источников опасности и представления о путях и способах защиты человека и природы от опасностей.

Дисциплина призвана подготовить студентов к решению следующих *профессиональных задач*:

- 1) проектно-конструкторская: идентификация источников опасностей на предприятии, определение уровней опасностей;
- 2) организационно-управленческая: участие в деятельности по защите человека и среды обитания на уровне предприятия, а также деятельности предприятий в чрезвычайных ситуациях;

3) научно-исследовательская: анализ опасностей техносферы, участие в исследованиях воздействия антропогенных факторов и стихийных явлений на промышленные объекты.

Место дисциплины. Дисциплина «Ноксология» базируется на изучении дисциплины математического и естественнонаучного цикла «Экология». Перед изучением дисциплины «Ноксология» студент должен:

1) *знать*: факторы, определяющие устойчивость биосферы; основы взаимодействия живых организмов с окружающей средой; естественные процессы, протекающие в атмосфере, гидросфере, литосфере; характеристики антропогенного воздействия на природу, принципы рационального природопользования;

2) *уметь*: осуществлять в общем виде оценку антропогенного воздействия на окружающую среду с учетом специфики природно-климатических условий.

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины. В результате освоения дисциплины у студента должна быть заложена мотивационная, теоретическая и деятельностная основы базовой профессионально-ориентированной ноксологической компетентности как интегральной характеристики личности высших профессиональных кадров в области обеспечения техносферной безопасности.

Мотивационный (ценностный) критерий ноксологической компетентности студентов выражается в:

- сформированности профессионального мотива, заключающегося в убежденности значимости дальнейшей профессиональной деятельности в области защиты объекта от опасностей и создания безопасной среды обитания для человека;
- понимании необходимости обеспечения безопасности на всех уровнях, превентивности вопросов безопасности, осознании ценности человеческой жизни;
- сформированности положительного отношения к предмету.

Когнитивный критерий ноксологической компетентности студентов определяется:

- объемом, полнотой, устойчивостью, системностью знаний в области теоретических основ опасностей и теоретических основ обеспечения безопасности;
- качеством знаний в области теоретических основ опасностей и теоретических основ обеспечения безопасности, при

этом в понятие качества включается глубина, точность (четкость), освоенность, прочность, результативность;

- сформированностью познавательной активности учащихся.

Деятельностный критерий ноксологической компетентности студентов включает следующие показатели:

- готовность к практическому применению полученных знаний в области теоретических основ опасностей и теоретических основ обеспечения безопасности в учебной и профессиональной деятельности, при этом учитываются направленность, динамичность и действенность применения;

- готовность, способность к самостоятельному решению поставленных профессиональных и жизненных задач;

- творческий подход при решении поставленных профессиональных и жизненных задач.

Структура и содержание дисциплины. Общая трудоемкость курса ноксологии составляет две зачетные единицы — 51 час. Для повышения мобильности студентов в рамках направления «Техносферная безопасность» дисциплина должна реализовываться в рамках первого года обучения. Разделы дисциплины, их понедельное распределение, предлагаемые виды учебной работы и формы контроля приведены в табл. 1.

В соответствии с Типовым положением о вузе к видам учебной работы отнесены лекции, консультации, семинары, практические занятия, лабораторные работы, контрольные работы, коллоквиумы, самостоятельные работы, научно-исследовательская работа, практики, курсовое проектирование (курсовая работа). Высшее учебное заведение может устанавливать и другие виды учебных занятий. Тематическое содержание разделов и трудоемкость отдельных тем представлены в табл. 2.

Основой предлагаемого учебника по дисциплине «Ноксология» послужил курс по дисциплине «Введение в специальность», прочитанный авторами студентам I курса, обучавшимся в МГТУ им. Н. Э. Баумана в 1995—2010 гг. на специальностях:

- 320700 (280201.65) «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов»;

- 330100 (280101.65) «Безопасность жизнедеятельности в техносфере».

Важно отметить, что изучение студентами новой дисциплины осуществлялось во втором семестре первого года

Таблица 1

**Разделы дисциплины, их понедельное распределение,
предлагаемые виды учебной работы и формы контроля**

| № п/п | Раздел дисциплины | Семестр | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) | | | | Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра). Форма промежуточной аттестации (по семестрам) |
|-------|---|---------|-----------------|--|----------------------|---------------------|------------------------|--|
| | | | | лекции | практические занятия | лабораторные работы | самостоятельная работа | |
| 1 | Введение. Эволюция опасностей, возникновение науки «ноксология» | 2 | 1 | 2 | — | — | 1 | Текущий контроль: контроль посещаемости |
| 2 | Теоретические основы ноксологии | 2 | 2–5 | 6 | 2 | — | 3 | Текущий контроль: контроль посещаемости |
| 3 | Современная ноксосфера | 2 | 6–9 | 8 | — | — | 4 | Текущий контроль: контроль посещаемости |
| 4 | Защита от опасностей | 2 | 10–13 | 2 | — | — | 1 | Контрольная работа |
| 5 | Мониторинг опасностей | 2 | 14 | 2 | — | — | 1 | Текущий контроль: контроль посещаемости |
| 6 | Оценка ущерба от реализованных опасностей | 2 | 15–16 | 1 | 3 | — | 2 | Текущий контроль: контроль посещаемости |
| 7 | Перспективы развития человека и природозащитной деятельности | 2 | 17 | 1 | — | — | 0,5 | Текущий контроль: контроль посещаемости |
| 8 | Образование в области технической безопасности | 2 | 17 | 1 | — | — | 0,5 | Контрольная работа |

Таблица 2

Тематическое содержание разделов и трудоемкость отдельных тем*

| № раздела п/п | Разделы, трудоемкость разделов | Темы раздела | Трудоемкость тем, часы |
|---------------|--|--|------------------------|
| 1 | Введение. Эволюция опасностей, возникновение науки «ноксология» — 2 часа | 1. Строение Вселенной, возникновение техносферы | 1 |
| | | 2. Эволюция человечества, окружающей среды и опасностей | 1 |
| 2 | Теоретические основы ноксологии — 8 часов | 1. Принципы и понятия ноксологии | 1 |
| | | 2. Опасность, условия ее возникновения и реализации | 1 |
| | | 3. Закон толерантности, опасные и чрезвычайно опасные воздействия | 1 |
| | | 4. Качественная классификация (таксономия) опасностей | 1 |
| | | 5. Количественная оценка опасностей, нормирование опасностей | 2 |
| | | 6. Идентификация опасностей техногенных источников | 1 |
| | | 7. Поле опасностей | 1 |
| 3 | Современная ноксосфера — 8 часов | 1. Естественные и естественно-техногенные опасности | 1 |
| | | 2. Антропогенные и антропогенно-техногенные опасности | 1 |
| | | 3. Техногенные опасности. Постоянные локально действующие опасности | 2 |
| | | 4. Техногенные опасности. Постоянные региональные и глобальные опасности | 1 |
| | | 5. Техногенные опасности. Чрезвычайные локально действующие опасности | 1 |
| | | 6. Техногенные опасности. Региональные чрезвычайные опасности | 1 |
| | | 7. Чрезвычайные опасности стихийных явлений | 1 |

Продолжение табл. 2

| № раздела п/п | Разделы, трудоемкость разделов | Темы раздела | Трудоемкость тем, часы |
|---------------|---|---|------------------------|
| 4 | Защита от опасностей — 8 часов | 1. Понятие «безопасность объекта защиты», взаимодействие источников опасности, опасных зон и объектов защиты | 1 |
| | | 2. Основы направления достижения техносферной безопасности | 1 |
| | | 3. Общие положения по выбору методов и средств защиты человека от опасностей в техносфере | 1 |
| | | 4. Техника и тактика защиты человека от опасностей в техносфере | 1 |
| | | 5. Защитное зонирование и эко-биозащитная техника | 1 |
| | | 6. Средства и устройства индивидуальной защиты | 1 |
| | | 7. Защита урбанизированных территорий и природных зон от опасного воздействия техносферы (региональная защита) | 1 |
| | | 8. Защита от глобальных опасностей, минимизация антропогенно-техногенных опасностей | 1 |
| 5 | Мониторинг опасностей — 2 часа | Системы мониторинга. Мониторинг источника опасностей, мониторинг состояния здоровья работающих и населения, мониторинг окружающей среды | 2 |
| 6 | Оценка ущерба от реализованных опасностей — 4 часа | 1. Показатели негативного влияния опасностей | 1 |
| | | 2. Потери в быту, на производстве и в селитебных зонах | 1 |
| | | 3. Потери от чрезвычайных опасностей | 1 |
| | | 4. Смертность населения от внешних причин | 1 |
| 7 | Перспективы развития человеко- и природозащитной деятельности — 1 час | Перспективы развития человеко- и природозащитной деятельности. Демография России | 1 |

Окончание табл. 2

| № раздела п/п | Разделы, трудоемкость разделов | Темы раздела | Трудоемкость тем, часы |
|---------------|---|---|------------------------|
| 8 | Образование в области техносферной безопасности — 1 час | Содержание и траектории высшего профессионального образования в области техносферной безопасности | 1 |

* Примерная программа дисциплины «Ноксология» опубликована в: Безопасность жизнедеятельности. 2011. № 6.

обучения, после сдачи зачета по дисциплине «Экология» и предвляло их знакомство с научно-практическими знаниями, умениями, навыками, излагаемыми в дисциплине «Безопасность жизнедеятельности», обычно изучаемой в четвертом — пятом семестрах учебной программы.

Авторы учебника с интересом и благодарностью примут все замечания и пожелания.

Введение ЭВОЛЮЦИЯ ОПАСНОСТЕЙ, ВОЗНИКНОВЕНИЕ НАУЧНОГО НАПРАВЛЕНИЯ — НОКСОЛОГИЯ

Прежде всего, каждому виду живых существ природа даровала стремление защищаться, защищать свою жизнь.

Цицерон

Опасность — способность человека и окружающей среды причинять ущерб живой и неживой материи. *Ноксология* — наука об опасностях, являющаяся составной частью экологии (экология — наука о взаимоотношениях живых организмов между собой и окружающей их средой) и рассматривающая взаимоотношения живых организмов между собой и окружающей их средой на уровнях, приносящих ущерб здоровью и жизни организмов или нарушающих целостность окружающей среды.

Строение Вселенной, возникновение техносферы. Современную структуру Вселенной можно представить в виде четырех взаимодействующих систем, схематически показанных на рис. 1.

Космос — все космическое пространство, воздействующее на Землю. Из космоса к Земле поступают потоки космических лучей, космическая пыль, астероиды и метеориты. Значи-

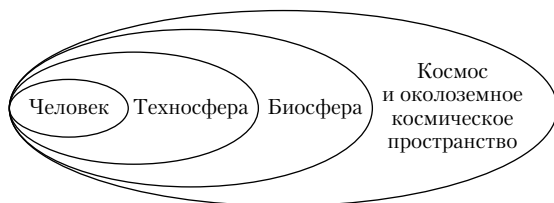


Рис. 1. Современная схема взаимодействия человека со средой

тельный вклад в поток лучей вносит Солнце. На уровне моря облучение человека космическими лучами дает эквивалентную дозу 0,03 мкЗв/год.

Со второй половины XX в. выделяют ближний космос, который исследуется с помощью космических аппаратов и межпланетных станций. Околосмическое пространство (ОКП) подвергается активному техногенному воздействию выводимых на околоземную орбиту спутников и загрязнению последними ступенями ракет-носителей, а также фрагментами их разрушения.

Биосфера — область взаимодействия живого и неживого вещества на Земле. Биосфера включает в себя:

- *нижнюю часть атмосферы* высотой около 6 км над уровнем моря, где сохраняются условия для существования живого вещества;
- *всю гидросферу*;
- *верхние горизонты литосферы*, ограниченные глубиной почвенного слоя (несколько метров). Однако по отдельным трещинам и пещерам жизнь в литосфере может уходить на глубину до 3—4 км.

Эволюция биосферы Земли происходит под влиянием следующих факторов:

- климатических и геологических изменений (рис. 2);
- изменений видов и количества живых существ;
- антропогенной деятельности населения Земли.

Человечество всегда пребывало в непосредственном контакте с биосферой Земли, которая являлась и является

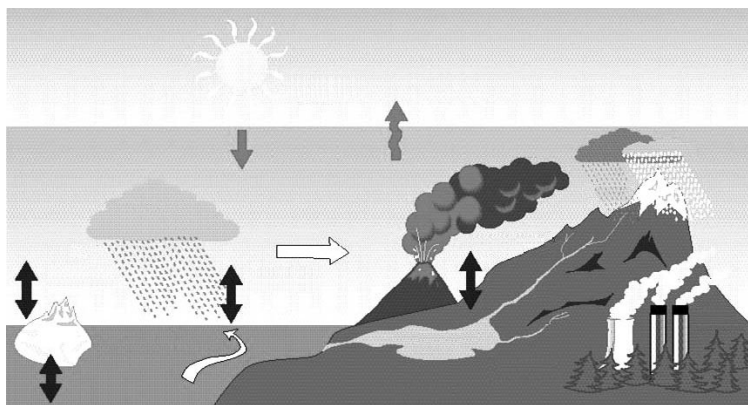


Рис. 2. Схематическое представление об основных климатообразующих процессах на Земле

защитным экраном от космического воздействия. В биосфере зародилась жизнь и сформировался человек, однако она включает ряд естественных факторов, негативно влияющих на человека (повышенная и пониженная температура воздуха, атмосферные осадки, стихийные явления и т.п.). Для защиты от неблагоприятных воздействий биосферы и для достижения ряда иных целей человек был вынужден создать техносферу.

Техносфера — среда обитания, возникшая с помощью прямого или косвенного воздействия людей и технических средств на природную среду (биосферу) с целью наилучшего соответствия среды потребностям человека. Согласно приведенному определению к техносфере относится все, что создано человеком — производственная, городская, бытовая среды, лечебно-профилактическая, культурно-просветительская зоны и т.п.

Создание техносферы — длительный процесс, обусловленный эволюционным развитием человечества и среды его обитания. Начало особенно бурного роста техносферы приходится на середину XIX в.

Эволюция человечества и окружающей среды. За время существования человечество радикально увеличило свою численность, доведя ее в 2011 г. до 7 млрд чел., причем только в XX в. население возросло более чем на 4,5 млрд чел.

| Год | 1650 | 1950 | 2000 | 2011 |
|---|------|------|------|------|
| Средняя плотность населения, чел./км ² | 3,7 | 20 | 40 | 47 |

Как следствие средняя *плотность населения* на Земле, площадь суши которой равна 149 млн км², за последние несколько столетий также возросла многократно. Поскольку горы, леса, пустыни и ледники мало приспособлены для жизни человека, региональная плотность обжитых мест всегда существенно выше средней, так, например, в Европе она составляет 100—150 чел./км². Плотность населения отдельных стран также различна, например, в Голландии — 380, во Франции — 100, а в европейской части России — 85 чел./км².

Одновременно с ростом численности населения Земли начиная с XVI в. происходил еще один важный процесс — урбанизация.

Урбанизация — переселение людей на постоянное проживание из сельской местности в города главным образом в результате их широкого привлечения к промышленному производству, а также с иными целями.

Весьма активно процесс урбанизации населения происходил в XX в. К 1900 г. было урбанизировано только 13% населения, а уже к началу XXI в. урбанизация охватила около 50% населения нашей планеты, причем в наиболее развитых странах мира уровень урбанизации оказался еще выше: к 1990 г. в США — 70, а в России к 2010 г. — 73,7%.

Урбанизация во многом способствовала созданию мегаполисов — городов с населением более 15 млн чел., таких как Токио (26,5 млн чел.), Мехико (18,3 млн чел.), Сан-Паулу (18,3 млн чел.), Нью Йорк (16,8 млн чел.), Бомбей (16,5 млн чел.) и др. По итогам переписи 2010 г. население Москвы составило 11 514,3 тыс. чел.

Интенсивный рост численности населения Земли и его урбанизация способствовали развитию многих процессов в экономике и прежде всего росту промышленного и сельскохозяйственного производств, энергетики, увеличению численности и видов транспортных средств, повышению производительности и энерговооруженности человеческой деятельности.

События, происходившие в экономике в XX в., носили в основном позитивный характер, однако одновременно они привели к ряду негативных процессов и явлений. Отметим главное:

- темпы роста производства электроэнергии в мире во второй половине XX в. были весьма значительными:

| Год | 1950 | 1970 | 1980 | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 | 2030 (прогноз) |
|--|------|------|------|--------|--------|----------|--------|-------------------|
| Производство электроэнергии в мире, млрд кВт/ч | 950 | 5000 | 8250 | 11 800 | 14 500 | 18 138,3 | 19 500 | 31 600 |

Однако одновременно с ростом производства электроэнергии практически пропорционально увеличились выбросы в атмосферный воздух таких ингредиентов, как CO₂, SO₂ и др.;

- во второй половине XX в. каждые 12–15 лет удваивалось промышленное производство ведущих стран мира, что создавало удвоение выбросов, сбросов и других отходов, загрязняющих биосферу. Так, в СССР в период с 1940 по 1980 г. возросло производство электроэнергии — в 32 раза; стали — в 7,7; автомобилей — в 15 раз; добыча угля увеличи-

лась в 4,7, нефти — в 20 раз. Аналогичные или близкие к ним темпы роста наблюдались во многих других отраслях экономики. Еще более высокими темпами развивалась химическая промышленность, объекты цветной металлургии, производство строительных материалов и др;

- постоянно увеличивался и развивался сектор средств транспорта. Мировой автомобильный парк с 1960 по 2005 г. возрос со 120 до 800 млн автомобилей, что привело к повышенному загрязнению атмосферного воздуха в городах. В крупных городах России (Москва, Санкт-Петербург, Екатеринбург, Самара, Уфа, Владивосток и др.) существенно превышен критический (170—180 легковых автомобилей) уровень автомобилизации, достигающий до 300 и более автомобилей на 1000 жителей;

- огромны затраты на военные цели. После Второй мировой войны на вооружение в мире израсходовано около 6 трлн долл. Военная индустрия, являясь одним из активных стимуляторов развития техники и роста энергетического и промышленного производства, негативно влияет на качество среды обитания;

- развитие промышленности и технических средств сопровождалось не только увеличением выброса загрязняющих веществ, но и вовлечением в производство все большего числа химических элементов:

| Год | 1869 | 1906 | 1917 | 1937 | 1985 | 2011 |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|
| Известно элементов | 62 | 84 | 85 | 89 | 104 | 118 |
| Использовалось | 35 | 52 | 64 | 73 | 90 | 94 |

- вторая половина XX в. связана с интенсификацией сельскохозяйственного производства. В целях повышения плодородия почв и борьбы с вредителями в течение многих лет использовались искусственные удобрения и различные токсиканты. При избыточном применении азотных удобрений почва перенасыщается нитратами, а при внесении фосфорных удобрений — фтором, редкоземельными элементами, стронцием. При использовании нетрадиционных удобрений (отстойного ила и т.п.) почва перенасыщается соединениями тяжелых металлов. Избыточное количество удобрений приводит к перенасыщению продуктов питания токсичными веществами, нарушает способность почв к фильтрации, ведет к загрязнению водоемов, особенно в паводковый период. Пестициды, применяемые для защиты растений от вре-

дителей, опасны и для человека. Установлено, что от прямого отравления пестицидами в мире ежегодно погибает около 10 тыс. чел., гибнут леса, птицы, насекомые. Пестициды попадают в пищевые цепи, питьевую воду. Все без исключения пестициды обнаруживают либо мутагенное, либо иное отрицательное воздействие на человека и живую природу.

В заключение отметим, что эволюция человечества, развитие промышленности, энергетики, транспорта, сельского хозяйства и ряд других обстоятельств привели современный мир к созданию среды обитания нового типа — *техносферы*, в которой проживает и трудится большая часть жителей нашей планеты.

В XX в. на Земле по воле человека и с использованием его труда произошли глобальные изменения в хозяйственной и природной сферах (табл. 3).

Из приведенных в табл. 3 показателей следует, что в XX в. на фоне демографического взрыва и урбанизации населения существенно возросло потребление продукции биоты и пресной воды, в десятки раз возросла мощность мировой экономики, в три раза увеличились освоенные человеком регионы биосферы, превратившись в города, промышленные зоны, территории АЭС, ТЭС и ГЭС, свалки, отвалы и т.п. Преобразовательная активность человека формирует и видоизменяет среду, в которой она реализуется. Характер этой деятельности в совокупности с негативными факторами среды и определяет доминирующие опасности.

Эволюция опасностей. В эпоху палеолита на людей негативно воздействовали в основном естественные опасности (хищники, температура среды, ветер, осадки, грозовые разряды и т.п.). Позднее, на этапе развития сельского хозяйст-

Таблица 3

Изменения в хозяйственной и природной сферах в XX в.

| Показатели | 1900 г. | 1990 г. | 2008 г. |
|--|---------|---------|---------|
| Численность населения, млрд чел. | ~ 1 | 5 | 6,6 |
| Валовой мировой продукт, млрд долл. | 60 | 20 000 | 62 200 |
| Мощность мирового хозяйства, ТВт | 1 | 10 | 13 |
| Потребление чистой первичной продукции биоты, % | 1 | 40 | — |
| Площадь, нарушенная хозяйственной деятельностью на суше, % | 20 | 60 | 65 |

ва и аграрной цивилизации также характерно наличие естественных опасностей, как повседневных, так и стихийных, но появляется также негативное влияние человека на природу за счет вырубки лесов под пашни и т.д. Техногенные опасности этого периода были связаны лишь с применением примитивных орудий труда в сельском хозяйстве, а также с использованием огня. В этот период негативное воздействие человека, технических средств на природу нарастает, но остается ограниченным и локальным.

С середины XIX в. до 1930-х гг. происходит переход к периоду НТР. В это время активно развивается производство чугуна и стали, появляются электрические и нефтяные двигатели. Период ознаменован ростом негативных техногенных воздействий на человека и природу одновременно с сохранением прежнего уровня естественных опасностей и ростом антропогенной нагрузки на природу и общество, поскольку к 1840 г. численность населения Земли составила один, а уже в 1930 г. — 2 млрд чел.

С 1930-х гг. и до настоящего времени реализуется НТР. Этот период ознаменован значительным ростом показателей развития и использовании техники и технологий, сопровождается демографическим взрывом и активной урбанизацией населения, значительным повышением его энергооборуженности, возникновением субъективных оценок действительности, адаптацией человека к новым условиям жизни и др.

До середины XX в. человек не имел технической возможности инициировать крупномасштабные аварии и катастрофы и тем самым вызывать экологические изменения регионального и глобального масштаба, соизмеримые со стихийными бедствиями. Появление ядерных объектов, рост производства химических веществ, строительство крупномасштабных технических сооружений сделали человека способным оказывать разрушительное воздействие на людей, среду обитания и экосистемы. Примером тому служат трагедии в Чернобыле, Бхопале, Фукусиме.

Возникновению негативных процессов в среде обитания способствовали также просчеты государственных органов в хозяйственной деятельности, проводившейся без учета закономерностей развития природы и потребностей человека в защите его здоровья и жизни.

Долгое время (практически вплоть до второй половины XX в.) человечество не замечало или игнорировало негативное воздействие хозяйственной деятельности и техносферы

на природу. Человечество достаточно поздно приступило к решению проблем, связанных с негативным влиянием экономики и техносферы на природную среду, о чем свидетельствуют следующие факты:

- в США национальный закон об охране окружающей среды был принят в 1969 г.;
- в СССР закон «Об охране природы в РСФСР» принят в 1960 г., «Об охране атмосферного воздуха» — в 1980 г.; Основы водного законодательства Союза ССР и Союзных республик — в 1979 г.; Основы лесного законодательства Союза ССР и Союзных республик — в 1977 г.;
- ЮНЕСКО провела конференцию по использованию и сохранению биосферы только в 1968 г.

Председатель Госкомприроды России Ф. Т. Моргун в 1989 г. сказал: «Мы начали слишком поздно. Наш воздух не на должной высоте, наши почвы загрязнены, наши леса поражены. Решительные меры на Западе были приняты 15–20 лет назад, что позволило там улучшить экологическую обстановку. Сейчас моя страна должна пройти этот путь за более короткий срок».

Создавая (особенно в первой половине XX в.) крупные энергопроизводящие и промышленные центры (Норильск, Мончегорск, Магнитогорск, Братск и др.), общество и государство не обеспечили на этапе их проектирования, строительства и эксплуатации необходимой защиты природы и населения от негативного влияния. В итоге атмосфера, гидросфера и земли в городах и прилегающих к ним селитебных зонах оказались чрезмерно загрязненными и мало пригодными к обитанию. В результате природа, здоровье и жизнь жителей крупных городов и промышленных зон оказались под угрозой. Аналогичные условия жизни создались в районах расположения ядерных испытательных полигонов (Семипалатинск, Новая Земля, Плесецк и др.)

Серьезные нарекания общественности вызвало строительство Волжского каскада ГЭС (потеряно при затоплении 7,5 млн га плодородных земель, а взамен получено лишь около 3% потребляемой страной электроэнергии), не менее спорным объектом явился целлюлозно-бумажный комбинат на озере Байкал, стоки которого загрязняют крупнейшие в мире запасы пресной воды.

Отметим, что пик развития промышленности без учета проблем БЖД и ЗОС пришелся на довоенный период, когда автозаводы (Москва и Горький (ныне Нижний Новгород)),

гигантские металлургические и химические комбинаты создавались в крупных городах (Магнитогорск, Запорожье, города Урала и т.п.). Сопоставление географических зон лучших плодородных земель России и карт расположения промышленных зон позволяет прийти к выводу, что промышленность развивалась, главным образом, на обжитых и плодородных землях.

Этим значительные просчеты, связанные с негативным влиянием экономики на людей и природу, не ограничиваются. Вооружившись к середине XX в. мощной техникой, человек приступил к еще более активному преобразованию природы. Были реализованы проекты орошения земель Средней Азии, что привело к гибели Арала, начаты работы по переброске северных рек на юг (проект остановлен перед реализацией) и т.п.

Пренебрежение природой — это важнейший стратегический просчет человечества на пути его эволюционного развития в XX в.

Во второй половине XX и начале XXI в. стремительно нарастают и проявляют себя антропогенные опасности. Неготовность человека к восприятию быстро развивающейся действительности вполне объяснима, поскольку процесс полной адаптации человека к новой среде обитания носит длительный характер. Становится очевидной необходимость активного обучения населения применению дополнительных защитных мер для достижения совместимости человека с быстро трансформируемой средой обитания. Если обучение и защитные меры отсутствуют или недостаточны, то стремительно возрастает производственный и бытовой травматизм, число аварий и катастроф техногенного происхождения.

С конца XX — начала XXI в. формируется *информационное общество*, для которого характерны все опасности предыдущего этапа развития с усилением техногенных опасностей, связанных с эксплуатацией вычислительной и информационной техники, повышенным влиянием электромагнитных полей и излучений.

Оценивая современное состояние мира опасностей, следует, к сожалению, констатировать, что человечество в итоге произошедшей НТР породило печальный парадокс — **в течение многих столетий люди совершенствовали технику, чтобы обезопасить себя от естественных опасностей, а в результате пришли к наивысшим техногенным опасностям, связанным с производством и использованием техники и технологий.**

К концу XX в. достигли своего апогея не только техногенные, но и антропогенные опасности. Частота их проявления во многом обусловлена ошибочными действиями операторов технических систем, а масштабы воздействия часто многократно усиливаются из-за выхода из строя управляемых ими энергоемких технических устройств и технологических процессов.

Естественные опасности конца XX в. практически не изменили свой облик по сравнению с предыдущими периодами развития человечества. Однако их воздействие на природную среду и человека заметно возросло из-за наметившегося в последнее время влияния антропогенной деятельности и технических устройств на естественные процессы, происходящие в земной коре, атмосфере, космосе и т.д., а также из-за роста численности и урбанизации населения.

Становление и развитие учения о человеко- и природозащитной деятельности. Реальность современной жизни такова, что созданная руками человека техносфера стала основным источником опасностей на земле. Происходящие в ней процессы приводят не только к людским жертвам, но и к уничтожению природной среды, ее глобальной деградации, что в свою очередь воздействует на человека.

Опыт XX и XXI вв. во многом свидетельствует о том, что формирование качественной техносферы невозможно без знания и учета законов возникновения, воздействия и смягчения (или полного устранения) опасностей, действующих в ней. Очевидно, что создание качественной техносферы возможно лишь в том случае, если человек на всех этапах деятельности будет постоянно нацелен на разработку и совершенствование техники, технологий и жизненного пространства, не приносящих ущерба природе и здоровью человека. В связи с этим актуальной задачей мирового сообщества, государств, общественных объединений и каждого человека становятся постоянные и эффективные усилия по противодействию техногенным, антропогенным и природным опасностям, и прежде всего по исключению или смягчению порождающих их причин.

Важным атрибутом современности является формирование научных основ учения о человеко- и природозащитной деятельности — учений о безопасности жизнедеятельности человека и защите окружающей природной среды.

Опираясь на мысль, высказанную Цицероном (см. эпиграф к введению), можно утверждать, что человек постоян-

но стремился к применению и развитию средств обеспечения своей безопасности. По значимости эта потребность всегда занимала и занимает ведущее место, после первоочередной потребности человека в обеспечении себя и своих близких пищей, водой и воздухом.

На рис. 3 показана классификация потребностей человека, предложенная А. Маслоу (1954 г.).

На схеме все потребности размещены в иерархическом порядке, причем потребность в безопасности, следуя непосредственно за физиологическими потребностями, присущими всему живому, является первой потребностью, удовлетворение которой требует чисто человеческого качества — разума. Разум нужен для предвидения развития событий и последствий своих действий, без чего обеспечение безопасности просто невозможно. Отметим также, что многие человеческие потребности выросли из потребности в безопасности, прежде всего потребность в социальных связях, в объединении людей в сообщество, которое повышает безопасность каждого его участника.

Реализацию потребности в безопасности с применением защитных средств человек, вероятно, начал с применения палки или камня для борьбы с животными. Тогда же человек активно применял и другие средства защиты — пещеры для защиты от непогоды, плоты для преодоления водных преград и т.п.



Рис. 3. Пирамида Маслоу

Системная общественная деятельность по защите от негативных воздействий была начата на гораздо более позднем этапе развития; так, в России первые организованные действия по защите от пожаров относятся к середине XVII в., а начало защитной деятельности в производственной среде относят ко второй половине XIX в. (табл. 4).

В период после аграрной революции (середина XIX в.) и до начала этапа НТР (1930-е гг.) были реализованы первые научно-технические разработки в области безопасности труда, получившие название *техника безопасности*. К середине XX в. было внедрено понятие *безопасность (охрана) труда*, которое включает в себя, кроме основ техники безопасности, широкий круг вопросов, связанных с соблюдением комфортных или допустимых условий труда.

Первые вердикты о защите природы от вредного воздействия отдельных производств относятся к XIV в., однако организованная и систематическая природозащитная деятельность развитых государств мира началась лишь в 1950-е гг., а в России и того позднее — в 1972 г. Большую роль в сфере защиты от чрезвычайных происшествий, государственной деятельности по предупреждению и ликвидации пожаров, аварий на транспорте и в горнодобывающей промышленности сыграл Госгортехнадзор СССР. Активная защитная деятельность в области чрезвычайных ситуаций в России начата в декабре 1990 г. с образованием Министерства РФ по чрезвычайным ситуациям (МЧС России).

Таблица 4

Появление различных видов человеко- и природозащитной деятельности в России

| Вид деятельности | Начало реализации организованной деятельности |
|--|---|
| Пожарная защита | Середина XVII в. |
| Техника безопасности | Середина XIX в. |
| Безопасность (охрана) труда | Середина XX в. |
| Госгортехнадзор | Конец XIX в. |
| Гражданская оборона | 1961 г. |
| Охрана (защита) окружающей среды | 1972 г. |
| Защита в чрезвычайных ситуациях | 1992 г. |
| Безопасность жизнедеятельности человека в техносфере | 1990 г. |

Итак, к концу XX в. был накоплен необходимый опыт локальной и пофакторной защиты от негативных воздействий, таких как пожары, негативные факторы производства, чрезвычайные ситуации, а также способы защиты атмосферного воздуха от загрязняющих выбросов, очистки сточных вод от примесей и т.п. Все это позволило сформировать в России три автономно действующие системы, решающие одну общую человеко- и природозащитную проблему (табл. 5).

С 1990-х гг. в России развивается интегральная система обеспечения безопасности людей — «Безопасность жизнедеятельности человека в техносфере», которая решает задачу комплексного обеспечения безопасности в совокупности систем «человек — среда обитания» для техногенных условий обитания.

Безопасность жизнедеятельности (БЖД) — наука о комфортном и травмобезопасном взаимодействии человека с техносферой. Это понятие впервые в России было формализовано в 1990 г. решением Коллегии Государственного комитета СССР по народному образованию от 27 апреля 1990 г. № 8/3 «О мерах по созданию системы непрерывного образования в области безопасности жизнедеятельности».

Цель БЖД — создание защиты человека в техносфере от внешних негативных воздействий антропогенного, техногенного и естественного происхождения. Объектом БЖД является человек, коллективы людей. Предмет исследований в науке о БЖД — это опасности и их совокупности, дей-

Таблица 5

Системы безопасности

| Система безопасности | Объект защиты | Опасности, поле опасности |
|---------------------------------|--|--|
| Безопасность (охрана) труда | Человек. Группа людей | Опасности среды деятельности людей |
| Защита в чрезвычайных ситуациях | Человек. Группа людей. Техносфера. Природная среда. Материальные ресурсы | Естественные и техногенные чрезвычайные опасности |
| Охрана окружающей среды | Городские и иные селитебные зоны. Природная среда и ее ресурсы | Опасные отходы техносферы, нерациональное использование природных ресурсов |

ствующие в системах «человек — источник опасности», а также методы и средства защиты от опасностей.

Научные и практические знания, используемые в БЖД, зачастую направлены только на защиту человека от опасностей в техносфере. Это сужает круг знаний и компетенций специалиста, призванного решать задачи комплексного обеспечения БЖД человека в техносфере, поскольку обеспечение человека качественными природными ресурсами рассматривается в БЖД весьма ограниченно, так как входит в задачи специалистов по защите окружающей среды от негативного влияния техносферы.

В рамках изучаемой дисциплины под *защитой окружающей среды (ЗОС)* понимается комплекс научных и практических знаний, направленных на сохранение качественного состояния биосферы (природной среды). Цель ЗОС — защита биосферы от негативного воздействия техносферы. Предмет исследования в ЗОС — негативные воздействия техносферы на природу, средства и системы защиты биосферы от них, а объект защиты — природная среда.

На современном этапе развития человеко- и природозащитной деятельности все более очевидно, что эти задачи БЖД и ЗОС следует рассматривать совместно как при научном подходе, так и на практическом уровне, создав учение о техносферной безопасности.

Техносферная безопасность — сфера научной и практической деятельности, направленная на создание и поддержание техносферного пространства в качественном состоянии, исключая его негативное влияние на человека и природу.

Отметим, что учение о техносферной безопасности представляет собой совокупную систему научных знаний и практических мер ранее во многом разработанных и применяемых для достижения человеко- и природозащитных мер в таких сферах, как безопасность жизнедеятельности человека в техносфере и защита природной окружающей среды.

Переход к единой системе обеспечения человеко- и природозащитных мер в рамках понятия о техносферной безопасности логичен и оправдан, поскольку в БЖД и ЗОС источники негативного воздействия, соответственно, на человека и природу практически всегда неразделимы. Так, например, негативное влияние ТЭС, средств транспорта, промышленных предприятий и т.п. на человека и природные зоны происхо-

дит всегда одновременно. Реальная человеко- и природозащитная ситуация в техносфере обычно сводится к решению задачи, показанной на рис. 4.

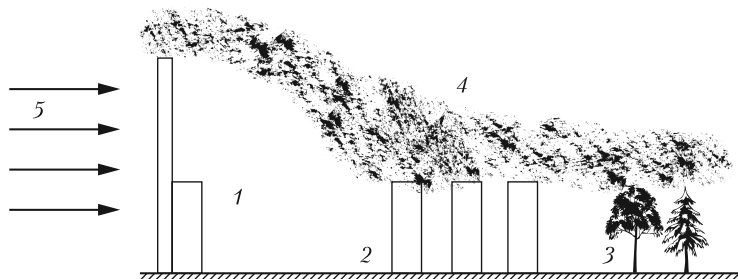


Рис. 4. Схема воздействия токсичных веществ, поступающих в атмосферу от источника выбросов:

1 — источник выбросов; 2 — селитебная зона; 3 — природная зона;
4 — факел; 5 — направление ветра

Очевидно, что при одновременном негативном воздействии источника опасности на селитебную и природную зоны позитивное решение по БЖД следует искать в ослаблении негативного влияния источника опасности на техносферу. При этом задачи ЗОС реализуются как следствие усовершенствования источника опасности по требованиям БЖД к уменьшению его воздействия на человека и техносферу.

Анализ ситуации позволяет сделать важный вывод о приоритетном значении решения задач, направленных на повышение качества техносферы, над проблемами реализации требований по БЖД и ЗОС. Бесспорно, создание техносферы высокого качества — путь к одновременному превентивному решению проблем БЖД и ЗОС.

Задачи повышения уровня безопасности существования человека и сохранения природы в условиях развития техносферы привели к необходимости распознавать, оценивать и прогнозировать опасности, действующие на человека и природу в условиях их непрерывного взаимодействия с техносферой. Стало очевидным, что человеко- и природозащитную деятельность необходимо вести не только в практической области, но и на научной основе, создавая прежде всего теоретические предпосылки к формированию новой области научного знания — ноксологии.

Контрольные вопросы

1. Раскройте суть понятий «опасность» и «ноксология».
2. Дайте определение понятия «техносфера».
3. В чем состоят основные различия мира опасностей на разных этапах развития человечества?
4. Что такое БЖД? Назовите ее цели и задачи.
5. Дайте характеристику этапам развития природозащитной деятельности в России.
6. Перечислите системы безопасности в России, действующие в сфере человеко- и природозащиты.

Глава 1

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НОКСОЛОГИИ

Наука — выработка и теоретическая систематизация объективных знаний о действительности.

Большой энциклопедический словарь, 1997 г.

Каждая наука — дитя нужды. Она выполняет социальный заказ, а затем приобретает учение.

Н. Ф. Реймерс

Изучив материалы этой главы, студент должен:

- *знать*: основные принципы ноксологии, основы взаимодействия в системе «человек — среда обитания» (закон Куражковского, закон толерантности Шелфорда), критерии допустимого воздействия потоков, критерии травмоопасности потоков, концепцию приемлемого риска;

- *уметь*: формулировать основные понятия ноксологии (среда обитания, опасность, источник опасности, безопасность объекта защиты, защита от опасности, риск, вредный фактор, травмоопасный фактор, чрезвычайная ситуация, авария, катастрофа), классифицировать опасности (по количественным и качественным показателям);

- *владеть* навыком составления паспорта опасности.

С созданием техносферы, в которой в развитых странах мира проживает более 75% населения, человечество стало нести значительные людские потери от так называемых внешних причин. Только Россия в последнее время теряет около 250 тыс. человеческих жизней в год по причине принудительной смерти. Защита человека и окружающей среды от губительного влияния опасностей — главная задача новой области знаний — *ноксологии*.

1.1. Принципы и понятия ноксологии

При создании любой новой области знания важнейшим шагом является формирование соответствующего понятий-

ного аппарата. Не явилась исключением и ноксология. Согласно современным представлениям научные знания в ноксологии опираются на семь основных принципов.

I принцип — *существование внешних негативных воздействий*. На человека и природу постоянно воздействуют внешние по отношению к ним системы. Вполне вероятно, что некоторые из них будут способны причинять ущерб здоровью человека или угрожать природе.

II принцип антропоцентризма: «Человек есть высшая ценность, сохранение и продление жизни которого является целью его существования». Реализация этого принципа делает приоритетной деятельность, направленную на сохранение здоровья и жизни человека при воздействии на него внешних систем. К ней относятся такие направления исследований, как идентификация опасностей и зон их действия, разработка и применение защитных средств, контроль их состояния и т.п.

III принцип природоцентризма: «Природа — лучшая форма среды обитания биоты, ее сохранение — необходимое условие существования жизни на земле». Реализация этого принципа означает, что защита природы является второй по важности задачей учения. При этом изучается негативное воздействие промышленных и бытовых отходов, техногенных аварий, селитебных и промышленных зон на региональные природные территории и акватории; анализируется воздействие опасных техногенных объектов на природу в межрегиональных, межконтинентальных и глобальных масштабах.

Деятельность по реализации второго и третьего принципов связана с идентификацией опасностей и зон их действия, возникающих при применении техники и технологий; с разработкой и применением экобиозных средств; с контролем качества их эксплуатации; с мониторингом опасностей в зоне пребывания людей и в природных зонах, испытывающих негативное влияние техносферы. В то же время такие направления исследования и практические разработки, как достижение высокой надежности технических систем и технологий, создание высокопрочных строительных конструкций и т.п., в ноксологии имеют прикладное значение, поскольку они реализуются авторами проектов технических объектов для достижения таких показателей, как допустимые отходы и допустимый техногенный риск.

IV принцип возможности создания качественной техносферы: «Создание человеком качественной техносферы

принципиально возможно и достижимо при соблюдении в ней предельно допустимых уровней воздействия на человека и природу». Этот принцип указывает на возможность создания качественной техносферы и определяет пути достижения этой цели, основанные на знании допустимых внешних воздействий на человека и природу.

V принцип выбора путей реализации безопасного техносферного пространства: «Безопасное техносферное пространство создается за счет снижения значимости опасностей и применения защитных мер». При защите от естественных опасностей воздействие на их источники невозможно, а защита от антропогенных опасностей достигается только за счет совершенствования источника опасностей и углубления знаний об опасностях.

VI принцип отрицания абсолютной безопасности гласит: «Абсолютная безопасность человека и целостность природы — недостижимы». Этот принцип справедлив, поскольку, во-первых, на Земле всегда существуют естественные опасности и процессы потребления ресурсов и захоронения отходов, во-вторых, неизбежны антропогенные опасности, в-третьих, практически неустраняемы полностью и техногенные опасности. Отметим, что во второй половине XX в. в СССР были предприняты попытки нарушить этот принцип. Среди значительной части ученых и практиков в области безопасности труда и промышленной безопасности тогда был взят на вооружение лозунг: «От техники безопасности к безопасной технике», суть которого сводила решение всех проблем безопасности труда к созданию абсолютно надежных техники и технологий. Неправомерность такого подхода очевидна, поскольку:

1) абсолютно безопасной техники не существует. Любая техническая система обладает определенной надежностью и ее безопасность оценивается показателями техногенного риска;

2) техногенный риск полностью устранить нельзя, его можно лишь минимизировать;

3) на любой технический объект всегда оказывается внешнее воздействие, способное в отдельных случаях нарушить его работу;

4) в работе большинства технических систем принимает участие оператор, обладающий способностью принимать иногда ошибочные решения.

Что касается антропогенных опасностей, то их также можно лишь минимизировать. Приведем мнение бессменного

министра МЧС России С. К. Шойгу: «...более 50% техногенных аварий происходит по причине так называемого человеческого фактора. В авиации — вообще 80%, и лишь 20% — это отказ техники, некачественное топливо и метеоусловия»¹.

VII принцип во многом соответствует принципу Ле-Шателье: «Эволюция любой системы идет в направлении снижения потенциальной опасности» и гласит: «Рост знаний человека, совершенствование техники и технологии, применение защиты, ослабление социальной напряженности в будущем неизбежно приведут к повышению защищенности человека и природы от опасностей».

Этот принцип указывает на позитивный вектор движения общества к решению проблем удовлетворения потребности человека в безопасности. Путь этот многовариантен и основан, прежде всего, на росте культуры общества в вопросах безопасности жизнедеятельности человека и защиты окружающей среды.

В ноксологии помимо приведенных принципов используется ряд установившихся *понятий*. К главным понятиям, прежде всего, относится *совокупность систем «человек — техносфера»* и *«природа — техносфера»*. Они используются для описания процессов негативного взаимодействия человека (коллектива людей, населения города, региона, страны, планеты Земля, далее — человека) с окружающей его техносферой и для описания взаимодействия природы с техносферой.

В современном мире для человека характерны два полярных вида среды обитания — природная (биосфера) и техносфера (производственная, селитебная и бытовая). Для описания негативного влияния техносферы на природу используют совокупность систем «природа — техносфера».

Понятие «опасность» — свойство человека и окружающей среды, способность причинять ущерб живой и неживой материи. Опасности техносферы возникают при достижении ее внешними потоками вещества, энергии и (или) информации значений, превышающих способность к их восприятию любым объектом защиты без нарушения своей функциональной целостности, т.е. без причинения ущерба.

Применительно к БЖД термин «опасность» можно сформулировать в следующем виде: «Опасность — негативное свойство систем материального мира, приводящее человека к потере здоровья или к гибели».

¹ Аргументы и факты. 2005. № 51. С. 6.

Применительно к ЗОС термин «опасность» можно определить так: «Опасность — негативное свойство систем материального мира, приводящее природу к деградации и разрушению».

В определении понятия «опасность» формально отсутствует указание на необходимость совпадения координат и времени передачи опасных потоков от источника к объекту защиты. Но этого и не требуется, так как опасен весь материальный мир, окружающий человека, сообщества людей и т.п. Иными словами, вероятность проявления опасности по отношению к другим материальным объектам существует всегда и везде.

Понятие «источник опасности» — это компоненты биосферы и техносферы, космическое пространство, социальные и иные системы, из которых приходит опасность. Для каждого источника опасности характерно наличие уровня, зоны и продолжительности действия опасности. Для описания источника опасности с позиций его негативного влияния на человека и природу используют величину материальных отходов (выбросов, сбросов и отбросов), интенсивность энергетических излучений и его вероятность воздействия (риск).

Понятие «безопасность объекта защиты» — состояние объекта защиты, при котором внешнее воздействие на него потоков вещества, энергии и информации из окружающей среды не превышает максимально допустимых для объекта значений.

Понятие «защита от опасностей» — способы и методы снижения уровня и продолжительности действия опасностей на человека и природу. Принципиально защиту объекта от опасностей реализуют снижением негативного влияния источников опасности (сокращением значения риска и размеров опасных зон), его выведением из опасной зоны; применением экобиозащитной техники и средств индивидуальной защиты.

Ряд понятий («техносфера», «жизнедеятельность», «среда обитания», «объект защиты», «безопасность жизнедеятельности», «защита окружающей среды», «культура безопасности») уже рассмотрены во введении к данному учебному пособию. Другие понятия и термины, используемые в ноксологии, будут представлены ниже.

1.2. Опасность, условия ее возникновения и реализации

Опасность — центральное понятие в ноксологии — интуитивно понимается всеми, но для достижения состояния безопасности объекта защиты необходимо владеть комплексом логических представлений о ней. Во-первых, следует понять, что опасности появились одновременно с возникновением материи и будут существовать вечно. Во-вторых, опасности как таковые представляют собой недопустимые для восприятия материальным объектом потоки вещества, энергии и информации.

В принципе обмен потоками в материальном мире — это естественный процесс существования материи. Закон сохранения жизни, сформулированный Ю. Н. Куражковским, гласит: «Жизнь может существовать только в процессе движения через живое тело потоков вещества, энергии и информации». Наличие таких потоков характерно и обязательно для существования материи. Основные виды и типы таких потоков приведены ниже.

Потоки в естественной среде:

- солнечное излучение, излучение звезд и планет;
- космические лучи, пыль, астероиды;
- электрическое и магнитное поля Земли;
- круговороты веществ в биосфере в экосистемах, в биогеоценозах;
- потоки, связанные с атмосферными, гидросферными и литосферными явлениями, в том числе и со стихийными;
- другие.

Потоки в техносфере:

- потоки сырья, энергии;
- потоки продукции отраслей экономики;
- отходы экономики;
- информационные потоки;
- транспортные потоки;
- световые потоки (искусственное освещение);
- потоки при техногенных авариях;
- другие.

Потоки в социальной среде:

- информационные потоки (обучение, государственное управление, международное сотрудничество и т.п.);
- людские потоки (миграции, демографические процессы);
- другие.

Потоки, потребляемые и выделяемые человеком в процессе жизнедеятельности:

- потоки кислорода, воды, пищи и иных веществ (в том числе алкоголь, табак, наркотики и т.п.);
- потоки энергии (механической, тепловой, солнечной и др.);
- информационные потоки;
- отходы процесса жизнедеятельности;
- другие.

При оценке влияния потоков необходимо знать, что:

1) действия потоков и систем часто тесно переплетены, т.е. действует принцип «все воздействует на все»;

2) в ряде случаев потоки, столь необходимые для существования жизни, могут превысить допустимые для воспринимающего их элемента материи уровни и тем самым вызвать в нем необратимые процессы (разрушение, гибель и т.п.). Такие ситуации опасны. Поэтому если потоки не приносят ущерба воспринимающей их материи, то идет естественный процесс и такие потоки принято называть *допустимыми*. Если потоки наносят ущерб, то их называют *недопустимыми* или *опасными*;

3) максимальные значения потоков, при которых ущерб еще не возникает, называют *предельно допустимыми*. Общепринято широкое использование таких понятий, как: ПДК — предельно допустимая концентрация веществ; ПДУ — предельно допустимые уровни энергетического воздействия; ПДВ — предельно допустимые выбросы в атмосферу и т.д.;

4) возникновение опасной ситуации при наличии потоков от источника опасности определяется не только величиной потока, но и свойствами объекта защиты, его способностью воспринимать и переносить воздействующие потоки;

5) опасности реализуются лишь при взаимодействии источника опасности, генерирующего поток воздействия и элемента материи (объекта защиты), воспринимающего этот поток. Опасности проявляют себя только во взаимодействии систем «источник опасности — объект защиты». Отсутствие одной из названных систем теоретически вообще исключает вопрос о защите от опасностей.

Таким образом, для возникновения и реализации опасности необходимо соблюдение следующих условий:

- наличие совокупности систем «источник воздействия — объект защиты» и их совпадение по месту и по времени пребывания в жизненном пространстве;

- наличие источника опасности, способного создавать значимые потоки вещества, энергии или информации;
- наличие у защищаемого объекта ограничений по величине воздействия потоков.

1.3. Закон толерантности.

Опасные и чрезвычайно опасные воздействия

Толерантность — способность организма переносить неблагоприятное влияние того или иного фактора среды. Американский зоолог В. Шелфорд в начале XX в. сформулировал *закон толерантности*: «Лимитирующим фактором процветания популяции (организма) может быть как минимум, так и максимум экологического воздействия, а диапазон между ними определяет величину выносливости (предел толерантности) организма к заданному фактору» (рис. 1.1).

Зона оптимума с точкой комфорта (точка максимума жизненного потенциала) и зоны допустимых значений фактора воздействия являются областью нормальной жизнедеятельности, а зоны с большими отклонениями фактора от оптимума называются зонами угнетения. Пределы толерантности по фактору воздействия совпадают со значениями минимума и максимума фактора, за пределами которых существование организма невозможно (это — зона гибели).

Проиллюстрируем сказанное на примере. В естественных условиях на поверхности Земли температура атмосфер-

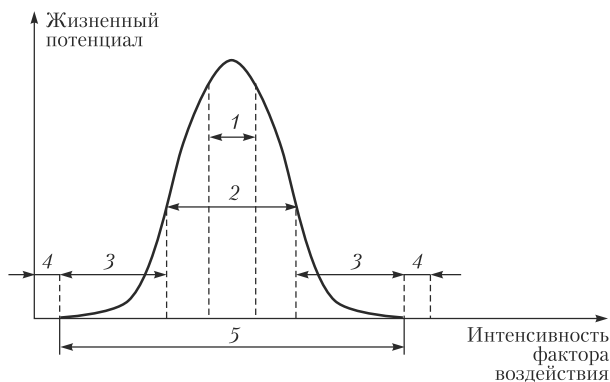


Рис. 1.1. Зависимость жизненного потенциала от интенсивности фактора воздействия:

- 1 — зона оптимума (комфорта); 2 — зона допустимой жизнедеятельности;
3 — зона угнетения; 4 — зона гибели; 5 — зона жизни

ного воздуха изменяется от -88 до $+60^{\circ}\text{C}$, в то время как температура внутренних органов человека за счет терморегуляции его организма сохраняется комфортной, близкой к 37°C . Наивысшая температура внутренних органов, которую выдерживает человек, $+43$, минимальная $+25^{\circ}\text{C}$.

Температура воздуха в рабочих и жилых помещениях, на улицах и в природных условиях существенно влияет на состояние организма человека, изменяя его жизненный потенциал. Установлено, что у человека существует зависимость комфортных температур окружающей среды от категории тяжести выполняемых работ (легкая, средняя, тяжелая), от периода года и некоторых других параметров микроклимата. Так, для человека, выполняющего легкую работу, комфортная температура (зона *I* на рис 1.2) летом составляет $23-25^{\circ}\text{C}$, зимой $-22-24^{\circ}\text{C}$; для человека, занимающегося тяжелым физическим трудом, летом $-18-20^{\circ}\text{C}$, зимой $16-18^{\circ}\text{C}$. На рис. 1.2 показана зависимость жизненного потенциала человека от изменения температуры окружающего его воздуха при длительном выполнении легких работ.

Отклонения температуры среды от комфортных значений на $\pm 2-5^{\circ}\text{C}$ (зона *II*) считаются допустимыми, поскольку не оказывают влияние на здоровье человека, а лишь уменьшают производительность его деятельности.

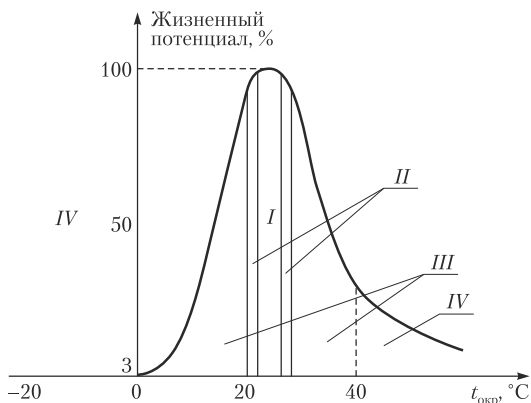


Рис. 1.2. Зависимость жизненного потенциала человека от температуры окружающего воздуха при длительном выполнении легких работ:

I — зона комфорта, $t_{\text{окр}} = 21-23^{\circ}\text{C}$; *II* — зона допустимых температур, $t_{\text{окр}} > 17^{\circ}\text{C}$ и $t_{\text{окр}} < 26^{\circ}\text{C}$; *III* — опасная зона, $t_{\text{окр}}$ от 26 до 40°C , $t_{\text{окр}} < 17^{\circ}\text{C}$; *IV* — зона чрезвычайной опасности, $t_{\text{окр}} > 40^{\circ}\text{C}$ и $t_{\text{окр}} < 0^{\circ}\text{C}$

Дальнейшие отклонения температуры окружающего воздуха от допустимых значений (зона III) сопровождаются тяжелыми воздействиями на организм человека и ухудшением его здоровья (нарушение дыхания, сердечной деятельности и др.).

При еще больших отклонениях температур окружающего воздуха от допустимых значений (зона IV) возможен перегрев (гипертермия) или переохлаждение (гипотермия) организма человека, а также получение им тепловых или холодных травм. Необходимо отметить, что классическая кривая Шелфорда имеет отношение только к природным факторам воздействия (в нашем примере это температура окружающей среды). Факторы, полностью чуждые организму, могут иметь зону комфортности вблизи нуля интенсивности и только один максимальный предел воздействия. Это хорошо иллюстрирует процесс влияния акустических колебаний на организм человека.

Реальные уровни звука в местах возможного пребывания человека могут изменяться в весьма широких пределах от 0 до 160 дБА и сопровождаются широкой гаммой ответных реакций организма человека (рис. 1.3).

При уровнях звука до 20 дБА человек чувствует себя комфортно (точка 1), не реагируя негативно на наличие звуков в окружающей его среде; уровни звука до 50 дБА (точка 2) не влияют на здоровье человека, занимающегося интеллектуальной деятельностью, а у людей, связанных

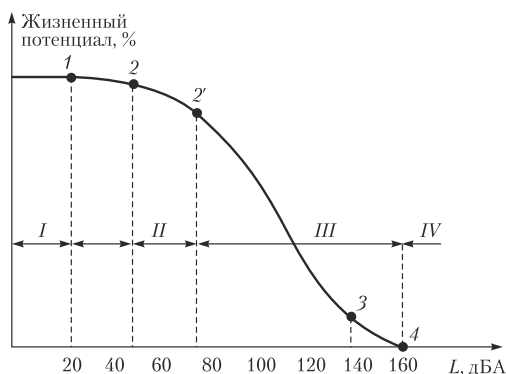


Рис. 1.3. Зависимость жизненного потенциала человека от воздействия на него акустических колебаний:

I — зона комфорта; *II* — зона допустимых воздействий;
III — опасная зона; *IV* — зона чрезвычайной опасности

с физическим трудом, верхняя граница может быть расширена до 80 дБА (точка 2'). Эти значения уровня звука (точки 2 и 2') соответствуют предельно допустимым условиям воздействия звука на человека в процессе его деятельности.

Дальнейший рост уровня звука свыше 80 дБА при длительных его экспозициях (до нескольких лет) может приводить к тугоухости, при этом с дальнейшим увеличением уровня звука вероятность возникновения тугоухости растет, а при уровнях звука 140 дБА (точка 3) и выше возможно травмирование человека из-за разрыва барабанных перепонки или контузии. При уровнях 160 дБА (точка 4) может наступить смерть человека.

Из рассмотренного примера следует, что, изменяя потоки в среде обитания, можно получить ряд характерных видов воздействия потоков на человека, а именно:

1) *комфортное* (оптимальное), когда потоки соответствуют оптимальным условиям воздействия: создают оптимальные условия деятельности и отдыха; предпосылки для проявления наивысшей работоспособности и, как следствие, максимальной продуктивности деятельности; гарантируют сохранение здоровья человека и целостности компонент среды обитания;

2) *допустимое*, когда потоки, воздействуя на человека и среду обитания, не оказывают негативного влияния на здоровье, но приводят к дискомфорту, снижая эффективность деятельности человека. Соблюдение условий допустимого воздействия гарантирует невозможность возникновения и развития необратимых негативных процессов у человека и в среде обитания;

3) *опасное*, когда потоки превышают допустимые уровни и оказывают негативное воздействие на здоровье человека, вызывая при длительном воздействии заболевания, и (или) приводят к деградации среды обитания;

4) *чрезвычайно опасное*, когда потоки высоких уровней за короткий период времени могут нанести травму, привести человека к летальному исходу, вызвать разрушения в среде обитания. Гибель организма происходит при значении фактора воздействия, лежащих вне зоны толерантности, ее можно рассматривать как процесс распада организма на простые системы.

На основании вышеизложенного можно сформулировать **аксиому о воздействии среды обитания на человека**: воздействие среды обитания на человека может быть пози-

тивным или негативным, характер воздействия определяют параметры потоков веществ, энергий и информации.

Отметим, что применительно к любому живому телу аксиома о воздействии среды обитания на тело звучит следующим образом: воздействие среды обитания на живое тело может быть позитивным или негативным, характер воздействия определяют параметры потоков и способность живого тела воспринимать эти потоки.

Из четырех характерных видов воздействия среды обитания на человека первые два (комфортное и допустимое) соответствуют позитивным условиям повседневной жизнедеятельности, а два других (опасное и чрезвычайно опасное) являются недопустимыми для процессов жизнедеятельности человека.

При анализе процесса воздействия опасностей следует учитывать аксиому об одновременном воздействии опасностей и наличие совокупного воздействия опасностей на объект защиты.

Аксиома об одновременном воздействии опасностей: потоки вещества, энергии и информации, генерируемые их источниками, не обладают избирательностью по отношению к объектам защиты и одновременно воздействуют на человека, природную среду и техносферу, находящихся в зоне их влияния.

Из этой аксиомы следует, например, что вибрация любого здания одновременно воздействует на людей, строительные материалы и конструкции, на коммуникации и устройства, находящиеся в нем. Результат воздействия вибрации одной интенсивности на все находящиеся в здании объекты может быть различным (опасным или неопасным) и полностью определяется способностью объекта защиты (человек, материалы, коммуникации и т.п.) к восприятию возникшей в этом здании вибрации.

При оценке воздействия опасностей на объект защиты необходимо также учитывать, что любой объект воспринимает одновременно все потоки вещества, энергии и информации, поступающие в зону его пребывания в соответствии с ***аксиомой о совокупном воздействии опасностей:*** на любой объект защиты одновременно воздействуют все потоки, поступающие извне в зону его пребывания.

Для современного состояния совокупности системы «человек — техносфера» характерны два вида негативных ситуаций, связанных с воздействием опасностей на человека:

1) длительное (повседневное) воздействие постоянных или переменных опасностей ограниченной интенсивности в локальных, региональных и глобальных зонах. Сюда относятся ситуации, связанные с длительным действием опасностей на производстве, в быту и в городе, а также действия глобальных опасностей (потепление климата, разрушение озонового слоя, кислотные дожди, повышение радиоактивного фона атмосферы);

2) кратковременные воздействия импульсных опасностей высокой интенсивности в локальных (максимум — в региональных) зонах. Сюда относятся чрезвычайные ситуации, связанные с техногенными авариями, катастрофами и стихийными бедствиями.

1.4. Качественная классификация (таксономия) опасностей

Качественную классификацию опасностей целесообразно вести по двухуровневой схеме, сведя в первую группу (I уровень) классификации признаки опасности: их происхождение, параметры и зоны воздействия, а именно:

- происхождение источника опасностей;
- вид потока, образующего опасность;
- интенсивность (уровень) воздействия опасности;
- длительность воздействия опасности на объект защиты;
- вид зоны воздействия опасностей;
- размеры зон воздействия опасности;
- степень завершенности процесса воздействия опасности на объект защиты.

Во вторую группу (II уровень) классификации опасностей целесообразно свести признаки, связанные со свойствами объекта защиты, а именно:

- способность объекта защиты различать опасности;
- вид влияния негативного воздействия опасности на объект защиты;
- численность лиц, подверженных воздействию опасности.

По *происхождению* опасности среды обитания следовало бы разделить на естественные и антропогенные, полагая при этом, что *естественные опасности* обусловлены климатическими и иными природными явлениями и что возникают они при изменении погодных условий и естественной освещенности в биосфере, а также при стихийных явлениях, происходящих в биосфере (наводнения, землетрясения и т.д.).

Все остальные опасности следовало бы назвать *антропогенными*, поскольку человек непрерывно воздействует на среду обитания продуктами своей деятельности (техническими средствами, выбросами различных производств и т.п.), генерируя тем самым в среде обитания многочисленные опасности. При этом под антропогенными опасностями следует понимать опасности, которые возникают в результате ошибочных или несанкционированных действий человека или групп людей.

В принципе все опасности, происходящие от машин и технологий, по своей сути антропогенны, поскольку их творцом считается человек, однако, учитывая их многообразие, значимость и, как правило, обезличенность по отношению к их создателю, эти опасности в современном представлении выделяют в отдельную группу — группу *техногенных* опасностей.

Техногенные опасности создают элементы техносферы — машины, сооружения и вещества. Перечень техногенных реально действующих опасностей значителен и насчитывает более 100 видов. К распространенным и обладающим достаточно высокими уровнями относятся производственные опасности: запыленность и загазованность воздуха, шум, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения, повышенные или пониженные параметры атмосферного воздуха в помещениях (температура, влажность, подвижность, давление), недостаточное и неправильно организованное искусственное освещение, монотонность деятельности, тяжелый физический труд, электрический ток, падающие предметы, высота, движущиеся машин и механизмов, части разрушающихся конструкций и др.

В быту и в городских условиях человека также сопровождает целая гамма техногенных негативных факторов. К ним относятся: воздух, загрязненный продуктами сгорания природного газа, выбросами ТЭС, промышленных предприятий, автотранспорта и мусоросжигающих заводов; вода с избыточным содержанием вредных примесей; недоброкачественная пища; шум, инфразвук, вибрация; электромагнитные поля от бытовых приборов, телевизоров, дисплеев, ЛЭП, радиорелейных устройств; ионизирующие излучения при различных медицинских обследованиях, фон от строительных материалов и др.

Таким образом, по происхождению все опасности принято делить на естественные, антропогенные и техногенные, при этом считают, что естественные опасности создаются природой, а техногенные и антропогенные опасности — рукотворны.

Более внимательное изучение происхождения опасностей позволяет выделить еще две группы опасностей: естественно-техногенные и антропогенно-техногенные. К естественно-техногенным опасностям следует отнести те, которые инициируются естественными процессами (землетрясения, ветры, дожди и т.п.), приводят к разрушению технических объектов (зданий, плотин, дорог и т.п.) и сопровождаются потерей здоровья и жизни людей или разрушениям элементов окружающей среды.

К антропогенно-техногенным опасностям относят такие опасности, которые инициируются вследствие ошибок человека (обычно оператора технической системы) и проявляются через несанкционированное действие или разрушение техники или сооружений (аварии на транспорте по вине водителей, пожары и взрывы из-за неправильного обращения с огнем, с электрооборудованием и т.п.).

Таким образом, по происхождению все опасности следует делить на пять групп:

- 1) естественные;
- 2) естественно-техногенные;
- 3) антропогенные;
- 4) антропогенно-техногенные;
- 5) техногенные.

Как уже было сказано выше, все жизненные потоки *по их физической природе* (вид потока) делятся на массовые, энергетические и информационные, следовательно, и возникающие при этом опасности следует воспринимать как *массовые, энергетические и информационные*.

Массовые опасности возникают при перемещении воздуха (торнадо, ураганы и т.п.), воды и снега (ливни, лавины, штормы, цунами), грунта и других видов земной массы (землетрясения, пыльные бури, оползни и камнепады, извержения вулканов и т.п.). Массовые опасности характеризуются количеством и скоростью перемещения масс различных веществ.

Массовые опасности возникают также при поступлении в элементы биосферы (воздух, вода, земля) различных ингредиентов. В этом случае уровень опасности зависит от концентрации ингредиентов в единице объема или массы элемента биосферы. Концентрация ингредиентов измеряется в мг/м³, мг/л, мг/кг.

Энергетические опасности связаны с наличием в жизненном пространстве различных полей (акустических, магнитных, электрических и т.п.) и излучений (лазерное, ионизи-

рующее и др.), которые обычно характеризуются интенсивностью полей и мощностью излучений.

Информационные опасности возникают при поступлении к человеку (обычно к оператору технических систем), избыточной или ошибочной информации, определяемой в бит/с.

Все опасности *по интенсивности воздействия* разделяют на опасные и чрезвычайно опасные.

Опасные потоки обычно превышают предельно допустимые потоки не более чем в разы. Например, если говорят, что концентрация *i*-го газа в атмосферном воздухе составляет ≤ 10 ПДК, то подразумевают, что это опасная ситуация, угрожающая человеку потерей здоровья, поскольку находится в зоне его толерантности.

В тех случаях, когда уровни потоков воздействия выше границ толерантности, ситуацию считают чрезвычайно опасной. Обычно она характерна для аварийных ситуаций или зон стихийного бедствия. В этих случаях концентрация примесей или уровни излучений на несколько порядков превышают ПДК или ПДУ и угрожают человеку летальным исходом.

По *длительности воздействия* опасности классифицируют на *постоянные, переменные (в том числе периодические) и импульсные*. Постоянные (действуют в течение рабочего дня, суток) опасности, как правило, связаны с условиями пребывания человека в производственных или бытовых помещениях, с его нахождением в городской среде или в промышленной зоне. Переменные опасности характерны для условий реализации циклических процессов: шум в зоне аэропорта или около транспортной магистрали; вибрация от средств транспорта и т.п. Импульсное или кратковременное воздействие опасности характерно для аварийных ситуаций, а также при залповых выбросах, например при запуске ракет. Многие стихийные явления, например гроза, сход лавины и т.п., также относятся к этой категории опасностей.

По *виду зоны воздействия (по месту воздействия)* опасности делят на *производственные, бытовые и городские*, а также на *зоны ЧС*.

По *размерам зоны воздействия* опасности классифицируют на *локальные, региональные, межрегиональные и глобальные*.

Как правило, бытовые и производственные опасности являются локальными, ограниченными размерами помещения, а такие воздействия, как потепление климата (парниковый эффект) или разрушение озонового слоя Земли, являются глобальными.

Опасности иногда воздействуют одновременно на территории и население двух и более сопредельных государств. В этом случае опасные зоны и опасности становятся международными, а поскольку источники опасности, как правило, расположены только на территории одного из государств, то возникают ситуации, приводящие к трудностям ликвидации последствий этих воздействий.

По степени завершенности процесса воздействия на объекты защиты опасности разделяют на *потенциальные, реальные и реализованные*.

Потенциальная опасность представляет угрозу общего характера, не связанную с пространством и временем воздействия. Например, в выражениях «шум вреден для человека», «углеводородные топлива — пожаровзрывоопасны» говорится только о потенциальной опасности для человека шума и горючих веществ.

Наличие потенциальных опасностей находит свое отражение в утверждении, что «жизнедеятельность человека потенциально опасна».

Реальная опасность всегда связана с конкретной угрозой негативного воздействия на объект защиты (человека, природу). Она всегда координирована в пространстве и во времени. Например, движущаяся по шоссе автоцистерна с надписью «огнеопасно» представляет собой реальную опасность для человека, находящегося около автодороги. Как только автоцистерна ушла из зоны пребывания человека, она превратилась в источник потенциальной опасности по отношению к этому человеку.

Реализованная опасность — факт воздействия реальной опасности на человека и (или) среду обитания, приведший к потере здоровья или летальному исходу человека, к материальным потерям, разрушению природы. Если взрыв автоцистерны привел к ее разрушению, гибели людей и (или) возгоранию строений, то это реализованная опасность.

Ситуации, в которых опасности реализуются, принято разделять на происшествия и чрезвычайные происшествия, а последние — на аварии, катастрофы и стихийные бедствия.

Происшествие — событие, состоящее из негативного воздействия с причинением ущерба людским, природным и (или) материальным ресурсам.

Чрезвычайное происшествие (ЧП) — событие, происходящее обычно кратковременно и обладающее высоким уровнем негативного воздействия на людей, природные

и материальные ресурсы. К ЧП относятся крупные аварии, катастрофы и стихийные бедствия.

Авария — чрезвычайное происшествие в технической системе, не сопровождающееся гибелью людей, при котором восстановление технических средств невозможно или экономически нецелесообразно (в соответствии с действующими нормативно-правовыми актами авария — это разрушение сооружений и (или) технических устройств, неконтролируемые взрывы и (или) выбросы опасных веществ).

Катастрофа — чрезвычайное происшествие в технической системе, сопровождающееся гибелью людей.

Стихийное бедствие — чрезвычайное происшествие, связанное со стихийными явлениями на Земле и приведшее к разрушению биосферы, техносферы, к гибели или потере здоровья людей.

Чрезвычайная ситуация (ЧС) — 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.

Объект защиты, как правило, обладает избирательной способностью к идентификации опасностей органами чувств. Ряд опасных воздействий (вибрация, шум, нагрев, охлаждение и т.д.) человек идентифицирует с помощью органов чувств. Некоторые опасные воздействия, такие как инфразвук, ультразвук, электромагнитные поля и излучения, радиация, не идентифицируются человеком. Все опасности по способности объекта защиты выявлять их органами чувств можно классифицировать на различаемые и неразличаемые.

По виду негативного воздействия опасностей на объект защиты их принято делить на вредные (угнетающие) и травмоопасные (разрушающие) факторы.

Вредный фактор — негативное воздействие на человека, которое приводит к ухудшению самочувствия или заболеванию.

Травмирующий (травмоопасный) фактор — негативное воздействие на человека, которое приводит к травме или летальному исходу.

Термины «угнетающие» и «разрушающие» применяют для оценки воздействия опасностей на природу. Для техносферы используют термин «разрушающие».

По численности лиц, подверженных воздействию опасности, принято выделять *индивидуальные, групповые* и *массовые*.

Классификация опасностей по признакам, характеризующим их свойства (I группа) и воздействие на объект защиты (II группа), приведена в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Классификация опасностей

| Группа и признаки классификации | Вид (класс) |
|---|---|
| <i>I группа. Свойства опасностей</i> | |
| По происхождению | Естественные Естественно-техногенные Антропогенные Антропогенно-техногенные Техногенные |
| По физической природе потоков | Массовые Энергетические Информационные |
| По интенсивности потоков | Опасные Чрезвычайно опасные |
| По длительности воздействия | Постоянные Переменные, периодические Импульсные, кратковременные |
| По виду зоны воздействия | Производственные Бытовые Городские (селитебные) Зоны ЧС |
| По размерам зоны воздействия | Локальные (местные) Региональные Межрегиональные Глобальные |
| По степени завершенности процесса воздействия | Потенциальные Реальные Реализованные |
| <i>II группа. Свойства объекта защиты</i> | |
| По способности различать (идентифицировать) опасности | Различаемые Неразличаемые |
| По виду негативного влияния опасности | Вредные Травмоопасные |
| По численности лиц, подверженных опасному воздействию | Индивидуальные (личные) Групповые (коллективные) Массовые |

Классификация опасностей позволяет для каждого конкретного случая подробно описать негативное событие и составить «паспорт» опасности, например:

- транспортный шум имеет техногенное происхождение в виде потока энергии с опасной интенсивностью в зонах города или на транспортных магистралях и представляет реальную опасность для людей. Шум — это различимая органами слуха опасность, имеющая главным образом вредное действие на человека и группы людей. На природные и техногенные объекты существенного влияния не оказывает;

- акустическое воздействие взрыва, орудийного выстрела или пуска ракеты имеет техногенное происхождение в виде потока энергии чрезвычайно высокой интенсивности и кратковременного (импульсного) воздействия, реализуемого в локальных зонах. Оценивая взрыв по влиянию на объект защиты, его следует отнести к различаемым и травмоопасным воздействиям, способным оказывать воздействие от индивидуального до группового.

Паспорт опасности можно представить и в табличной форме (табл. 1.2—1.4).

Паспорт опасности необходим для правильной оценки ее негативного влияния на людей и окружающую среду, а также для выбора защитных мер, необходимых для устра-

Таблица 1.2

Паспорт опасности грозового разряда в атмосфере

| Признак | Вид опасности |
|-----------------------------------|--|
| Происхождение | Естественное |
| Вид потока | Энергетический |
| Интенсивность потока | Чрезвычайно опасная |
| Длительность воздействия | Кратковременная |
| Зона воздействия | Городская и природная |
| Размеры зоны воздействия | Локальная |
| Степень завершенности воздействия | Реальная при грозе и реализованная попаданием молнии в объект защиты |
| Степень идентификации человеком | Различаемая |
| Степень опасности | Травмоопасная |
| Масштаб (численность) воздействия | Индивидуальный, редко групповой |

Таблица 1.3

**Паспорт опасности сброса жидких отходов
гальванического цеха (участка)**

| Признак | Вид опасности |
|-----------------------------------|--------------------------------|
| Происхождение | Техногенное |
| Вид потока | Массовый |
| Интенсивность потока | Опасная |
| Длительность воздействия | Постоянная или периодическая |
| Зона воздействия | Городские и природные водоёмы |
| Размеры зоны воздействия | Локальная и региональная |
| Степень завершенности воздействия | Реализуемая |
| Степень идентификации человеком | Различаемая |
| Степень опасности | Вредное для человека и природы |
| Масштаб (численность) воздействия | Групповой |

Таблица 1.4

Паспорт опасности ЛЭП

| Признак | Вид опасности |
|-----------------------------------|--|
| Происхождение | Техногенное |
| Вид потока | Энергетический |
| Интенсивность потока | Опасная |
| Длительность воздействия | Постоянная |
| Зона воздействия | Городская, производственная, природная |
| Размеры зоны воздействия | Локальная |
| Степень завершенности воздействия | Реальная |
| Степень идентификации человеком | Неразличимая |
| Степень опасности | Вредная |
| Масштаб (численность) воздействия | Индивидуальный |

нения или локализации воздействия опасности. Работа по таксономии опасностей ведется давно. Так, в рамках производственной среды существует классификатор национального стандарта ГОСТ 12.0.003-74, в рамках окружающей среды – ГОСТ 14.03-2005.

1.5. Количественная оценка и нормирование опасностей

Для количественной оценки (квантификации) опасностей жизненных потоков используют критерии допустимого вредного воздействия потоков (веществ, энергии, информации) и критерии допустимой травмоопасности потоков.

Критерии допустимого вредного воздействия потоков. В любой точке жизненного пространства с координатами x, y, z массовые, энергетические и информационные потоки могут оказывать воздействие Π . В общем виде это воздействие на объект (человек, природа) определяется его интенсивностью I и длительностью экспозиции τ :

$$\Pi(x, y, z) = f(I, \tau).$$

Интенсивность потока определяется по формулам:

- для вещества:

$$I_v = G/(F\tau) \text{ г}/(\text{м}^2\text{с});$$

- для энергии:

$$I_э = Q/(F\tau), \text{ Дж}/(\text{м}^2\text{с}) \text{ или } \text{Вт}/\text{м}^2;$$

- для информации:

$$I_{\text{и}} = I/\tau, \text{ бит}/\text{с},$$

где G — масса вещества, г; F — площадь поперечного сечения потока, м^2 ; Q — количество энергии, в потоке, Дж; I — количество информации в двоичных знаках.

Основное условие допустимости воздействия потоков в зоне пребывания человека имеет вид

$$\Pi \leq \text{ПДП},$$

где Π — реальный показатель потока; ПДП — предельно допустимое значение потока.

Потоки энергии и информации воздействуют на объект защиты непосредственно, поэтому их влияние оценивают величинами $I_э$ и $I_{\text{и}}$.

При воздействии потоков энергии условие допустимости принимает вид

$$I_i \leq \text{ПДУ}_i,$$

где I_i — интенсивность i -го потока энергии в жизненном пространстве; ПДУ_i — предельно допустимый уровень интенсивности i -го потока энергии.

Потоки веществ практически всегда воздействуют на человека через изменение концентрации этих веществ в жизненном пространстве. Допустимое количество i -го вещества

G_i , которое можно ввести, например, в объем V помещения при условии отсутствия в нем недопустимого загрязнения i -м веществом, определяют по формуле

$$G_i \leq (\text{ПДК}_i - C_{\text{фи}})V,$$

где ПДК_i — предельно допустимая концентрация i -го вещества в помещении; $C_{\text{фи}}$ — фоновое (начальное) загрязнение помещения i -м веществом.

Зоны пребывания человека в рабочей и бытовой средах считаются допустимыми, если в них соблюдены нормативные требования по параметрам микроклимата, освещению, предельно допустимым концентрациям загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и предельно допустимым интенсивностям энергетического облучения.

При химическом загрязнении предельным уровнем является ПДК вредного вещества. ПДК устанавливают отдельно для рабочей зоны и для населенной местности. Последний норматив всегда меньше ПДК рабочей зоны. Такое различие можно объяснить тремя обстоятельствами: во-первых, в рабочей зоне заняты люди физически и профессионально более подготовленные, чем, например, дети и пожилые люди; во-вторых, вредные факторы обычно формируются в рабочей зоне и ослабляются с расстоянием при переходе в окружающую среду, поэтому объективно их содержание можно снизить в зонах вне производства; в-третьих, действие факторов на людей в рабочей зоне продолжается только в течение рабочей смены, а в окружающей среде — круглосуточно, поэтому суммарные дозы вредного воздействия в окружающей среде также могут быть значительными. Аналогичная схема двойного нормирования применяется и для оценки энергетических воздействий.

Рассмотрим некоторые примеры нормирования допустимых воздействий на человека. Для реализации допустимых условий деятельности нормативами по параметрам микроклимата установлены значения температуры воздуха в помещении, его влажности и подвижности (табл. 1.5). В случае аномальных климатических условий (например, жары) уместно говорить об ограничении времени пребывания работников на рабочих местах при превышении предельно допустимых температур в рабочий день (смену).

В качестве критериев освещения установлены нормативные требования к естественному и искусственному освещению помещений (табл. 1.6).

Таблица 1.5

Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений по СанПиН 2.2.4.548–96

| Период работы | Категория работ по уровню энергозатрат, Вт | Температура воздуха, °С | | Температура поверхностей, °С | Относительная влажность воздуха, % | Скорость движения воздуха, м/с | |
|---------------|--|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|------------------------------------|---|---|
| | | диапазон ниже оптимальных величин | диапазон выше оптимальных величин | | | для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более | для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более |
| Холодный | Ia (до 139) | 20,0–21,9 | 24,1–25,0 | 19,0–26,0 | 15–75 | 0,1 | 0,1 |
| | Iб (140–174) | 19,0–20,9 | 23,1–24,0 | 18,0–25,0 | 15–75 | 0,1 | 0,2 |
| | Ia (175–232) | 17,0–18,9 | 21,1–23,0 | 16,0–24,0 | 15–75 | 0,1 | 0,3 |
| | Iб (233–290) | 15,0–16,9 | 19,1–22,0 | 14,0–23,0 | 15–75 | 0,2 | 0,4 |
| | III (более 290) | 13,0–15,9 | 18,1–21,0 | 12,0–22,0 | 15–75 | 0,2 | 0,4 |
| Теплый | Ia (до 139) | 21,0–22,9 | 25,1–28,0 | 20,0–29,0 | 15–75 | 0,1 | 0,2 |
| | Iб (140–174) | 20,0–21,9 | 24,1–28,0 | 19,0–29,0 | 15–75 | 0,1 | 0,3 |
| | Ia (175–232) | 18,0–19,9 | 22,1–27,0 | 17,0–28,0 | 15–75 | 0,1 | 0,4 |
| | Iб (233–290) | 16,0–18,9 | 21,1–27,0 | 15,0–28,0 | 15–75 | 0,2 | 0,5 |
| | III (более 290) | 15,0–17,9 | 20,1–26,0 | 14,0–27,0 | 15–75 | 0,2 | 0,5 |

Таблица 1.6

Нормы освещенности для жилых помещений по СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 (извлечение)

| Помещение жилого здания | КЕО* при боковом освещении, % | Рекомендуемая освещенность рабочих поверхностей при искусственном освещении, E_{\min} , лк |
|----------------------------------|-------------------------------|--|
| Жилые комнаты, гостиные, спальни | 0,5 | 150 |
| Кухни, кухни-столовые | 0,5 | 150 |
| Детские | 0,5 | 200 |
| Кабинеты | 1,0 | 300 |
| Внутриквартирные коридоры, холлы | — | 50 |
| Ванные комнаты, санузлы | — | 50 |

* КЕО — коэффициент естественной освещенности.

Применительно к загрязнению компонентов среды обитания различными веществами условие допустимости воздействия имеет вид

$$C_i \leq \text{ПДК}_i,$$

где C_i — концентрация i -го вещества в жизненном пространстве; ПДК_i — предельно допустимая концентрация i -го вещества в этом пространстве.

Нормирование химического загрязнения атмосферы. В воздухе рабочей зоны содержание вредных веществ ($\text{ПДК}_{\text{р.з}}$) не должно превышать концентраций, установленных ГОСТ 12.1.005—88 и другими нормативами. На территории промышленных объектов допустимое содержание вредных веществ не должно превышать $0,3 \text{ ПДК}_{\text{р.з}}$.

Для оценки качества атмосферного воздуха в населенных пунктах регламентированы два вида допустимых концентраций: максимально разовая ($\text{ПДК}_{\text{мр}}$) и среднесуточная ($\text{ПДК}_{\text{сс}}$), при этом концентрация каждого вредного вещества в приземном слое атмосферы не должна превышать максимально разовой предельно допустимой концентрации, т.е. $C \leq \text{ПДК}_{\text{мр}}$, если ее экспозиция не более 20 мин. Если время воздействия вредного вещества превышает 20 мин, то необходимо соблюдать $C \leq \text{ПДК}_{\text{сс}}$.

Значения ПДК некоторых веществ приведены в табл. 1.7.

Таблица 1.7

ПДК некоторых химических веществ

| Вещество | $\text{ПДК}_{\text{р.з}}$, мг/м ² | $\text{ПДК}_{\text{мр}}$, мг/м ³ | $\text{ПДК}_{\text{сс}}$, мг/м ³ | Класс опасности |
|-------------------------|--|---|---|--------------------|
| Диоксид азота | 2 | 0,005 | 0,04 | 2 |
| Диоксид серы | 1 | 0,5 | 0,05 | 3 |
| Бензол* | 15/5 | 1,5 | 0,1 | 2 |
| Бенз(а)пирен | $1,5 \times 10^{-4}$ | — | $0,01 \times 10^{-4}$ | 1 |
| Оксид углерода** | 20 | 5 | 3 | 4 |
| Свинец и его соединения | 0,01 | — | 3×10^{-4} | 1 |

* Приведены две величины: в числителе дана максимальная, а в знаменателе — среднесменная ПДК.

** При длительности работы не более 1 ч в атмосфере, содержащей оксид углерода, его концентрация может достигать 50 мг/м³; при длительности работы не более 30 мин — до 100 мг/м³; 15 мин — 200 мг/м³. Повторные работы при условии повышенного содержания оксида углерода в рабочей зоне могут производиться с перерывом не менее 2 ч.

Нормирование химического загрязнения почв осуществляется по предельно допустимым концентрациям. ПДК_п — это концентрация химического вещества (мг) в пахотном слое почвы (кг), которая не должна вызывать прямого или косвенного отрицательного влияния на соприкасающиеся с почвой среды и здоровье человека, а также на самоочищающую способность почвы.

Различают четыре разновидности ПДК_п (табл. 1.8) в зависимости от пути миграции химических веществ в сопредельные среды: ТВ — транслокационный показатель, характеризующий переход химического вещества из почвы через корневую систему в зеленую массу и плоды растений; МА — миграционный воздушный показатель, характеризующий переход химического вещества из почвы в атмосферу; МВ — миграционный водный показатель, характеризующий переход химического вещества из почвы в подземные грунтовые воды и водные источники; ОС — общесанитарный показатель, характеризующий влияние химического вещества на самоочищающую способность почвы и микробиоценоз.

Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест проводится по методическим указаниям МУ 2.1.7.1287-03. Для оценки содержания вредных веществ в почве проводят отбор проб на участке площадью 25 м² в 3–5 точках по диагонали с глубины 0,25 м.

Говоря о *нормировании качества воды* необходимо, прежде всего, определиться с ее назначением (видом): питьевая (хозяйственно-бытовая, технологическая), сточная, оборотная.

Питьевая вода (в соответствии с СанПиН 2.1.4.559–96) должна быть безопасна в эпидемическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу и иметь бла-

Таблица 1.8

Разновидности ПДК_п в зависимости от пути миграции химических веществ в сопредельные среды

| Вещество | ПДК _п , мг/кг | Вещество | ПДК _п , мг/кг |
|----------|--------------------------|-----------------|--------------------------|
| Марганец | 1500 по ОС | Бенз(а)пирен | 0,02 по ОС |
| Мышьяк | 2 по ОС | Перхлордивинил | 0,5 по ТВ |
| Ртуть | 2,1 по ОС | Изопропилбензол | 0,5 по МА |
| Свинец | 20 по ОС | Фосфора оксид | 200 по ТВ |
| Хром | 0,05 по МВ | Формальдегид | 7 по ОС |

гоприятные органолептические свойства. Безопасность питьевой воды в эпидемическом отношении определяется ее соответствием нормативам по микробиологическим и паразитологическим показателям, таким как термотолерантные колиформные бактерии, колифаги, цисты лямблий и др.

Безвредность питьевой воды по химическому составу определяется ее соответствием нормативам по:

1) обобщенным показателям и содержанию вредных химических веществ, наиболее часто встречающихся в природных водах на территории РФ, а также веществ антропогенного происхождения, получивших глобальное распространение, примеры которых приведены в табл. 1.9;

2) содержанию вредных химических веществ, поступающих и образующихся в воде в процессе ее обработки в системе водоснабжения, примеры которых приведены в табл. 1.10.

Таблица 1.9

Обобщенные показатели и содержание вредных химических веществ, наиболее часто встречающихся в природных водах на территории Российской Федерации (извлечение из СанПиН 2.1.4.559–96)

| Показатели | Единицы измерения | Нормативы (ПДК), не более | Показатель вредности* | Класс опасности |
|--|-------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------|
| <i>Обобщенные показатели</i> | | | | |
| Водородный показатель | Единицы рН | В пределах 6–9 | | |
| Жесткость общая | ммоль/л | 7,0 | | |
| Нефтепродукты, суммарно | мг/л | 0,1 | | |
| Поверхностно-активные вещества (ПАВ), анионоактивные | мг/л | 0,5 | | |
| Фенольный индекс | мг/л | 0,25 | | |
| <i>Неорганические вещества</i> | | | | |
| Алюминий (Al ³⁺) | мг/л | 0,5 | с.-т. | 2 |
| Медь (Cu, суммарно) | мг/л | 1,0 | с.-т. | 3 |
| Нитраты (по NO ₃) | мг/л | 45 | орг. | 3 |
| Свинец (Pb, суммарно) | мг/л | 0,03 | орг. | 2 |
| Сульфаты (SO ₄ ²⁻) | мг/л | 500 | орг. | 4 |

* с.-т. — санитарно-токсикологический, орг. — органолептический.

Таблица 1.10

**Содержание вредных химических веществ в питьевой воде
(извлечение из СанПиН 2.1.4.559–96)**

| Показатели | Единицы измерения | Нормативы (ПДК), не более | Показатель вредности | Класс опасности |
|---|-------------------|---------------------------|----------------------|-----------------|
| Хлор: остаточный свободный остаточный связанный | мг/л | в пределах 0,3–0,5 | орг. | 3 |
| | | в пределах 0,8–1,2 | орг. | 3 |
| Формальдегид (при озонировании воды) | мг/л | 0,05 | с.-т. | 2 |

Радиационная безопасность питьевой воды определяется ее соответствием нормативам по показателям общей α - и β -активности (Бк/л) (табл. 1.11).

Сточные воды (производственные, бытовые, поверхностные) являются основными источниками загрязнения водоемов. При сбросе сточных вод в гидросферу необходимо рассчитать их допустимый состав, используя Правила охраны поверхностных вод. Правила устанавливают состав и свойства воды (запах, привкус, водородный показатель, температура и др.) водоемов в зависимости от его назначения хозяйственно-питьевого, коммунально-бытового и рыбохозяйственного. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования устанавливаются ГН 2.1.5.1315–03.

При определении качества *оборотной воды* также необходимо руководствоваться ее дальнейшим назначением (технологическая, хозяйственная и др.).

Нормируемые параметры шума определены ГОСТ 12.1.003–83 с дополнениями 1989 г. и СН 2.2.4/2.1.8.562–96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилой застройки».

Таблица 1.11

**Нормативы показателей общей α - и β -активности, Бк/л
(извлечение из СанПиН 2.1.4.559–96)**

| Показатели | Единицы измерения | Нормативы | Показатель вредности |
|---------------------------------|-------------------|-----------|----------------------|
| Общая α -радиоактивность | Бк/л | 0,1 | Радиац. |
| Общая β -радиоактивность | Бк/л | 1,0 | Радиац. |

Документы классифицируют шумы по спектру на широкополосные и тональные, а по временным характеристикам — на постоянные и непостоянные. Для нормирования постоянных шумов применяют допустимые уровни звукового давления (дБ) в девяти октавных полосах частот (табл. 1.12) в зависимости от вида производственной деятельности. Для ориентировочной оценки в качестве характеристики постоянного широкополосного шума на рабочих местах допускается принимать уровень звука (дБА), определяемый по шкале А шумомера.

Нормируемой характеристикой непостоянного шума является эквивалентный по энергии уровень звука. Допусти-

Таблица 1.12

Допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятий по ГОСТ 12.1.003–83 с дополнениями 1989 г. (извлечение)

| Рабочие места | Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц | | | | | | | | | Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА |
|---|--|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|--|
| | 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | |
| Помещения конструкторских бюро, расчетчиков, программистов, вычислительных машин, лабораторий для теоретических работ | 86 | 71 | 61 | 54 | 49 | 45 | 42 | 40 | 38 | 50 |
| Помещения управления, рабочие комнаты | 93 | 79 | 70 | 68 | 58 | 55 | 52 | 50 | 49 | 60 |
| Кабины наблюдений и дистанционного управления: без речевой связи по телефону | 103 | 94 | 87 | 82 | 78 | 75 | 73 | 71 | 70 | 80 |
| | 96 | 83 | 74 | 68 | 63 | 60 | 57 | 55 | 54 | 65 |
| Помещения и участки точной сборки, машинописные бюро | 96 | 83 | 74 | 68 | 63 | 60 | 57 | 55 | 54 | 65 |

Окончание табл. 1.12

| Рабочие места | Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц | | | | | | | | | Уровни звука и эквива- лентные уровни звука, дБА |
|--|--|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|--|
| | 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | |
| Помещения лабораторий, проведения экспериментальных работ, для размещения шумных агрегатов, вычислительных машин | 107 | 94 | 87 | 82 | 78 | 75 | 73 | 71 | 70 | 80 |
| Постоянные рабочие места, рабочие зоны в производственных помещениях | 110 | 99 | 92 | 86 | 83 | 80 | 78 | 76 | 74 | 85 |

мые значения эквивалентных уровней непостоянных шумов также приведены в табл. 1.12.

Для тонального и импульсного шума допустимый уровень должен быть на 5 дБА меньше значений, указанных в табл. 1.12.

Эквивалентный по энергии уровень звука определяется по формуле

$$L_{\text{экв}} = 10 \lg \left(\frac{1}{100} \sum_{i=1}^n \tau_i 10^{0,1L_i} \right),$$

где τ_i — относительное время воздействия шума класса L_i , % времени измерения; L_i — уровень звука класса i , дБ; n — число классов.

Нормативные требования по защите от вибраций установлены ГОСТ 12.1.012-2004 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования» и СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация в помещениях жилых и общественных зданий». При гигиенической оценке вибраций основными нормируемыми параметрами являются средние квадратичные значения виброскорости v или их логарифмические уровни L_v . Допустимые значения L_v представлены в табл. 1.13.

Предельно допустимые величины нормируемых параметров вибрации рабочих мест даны для длительности вибрационного воздействия 480 мин (8 ч).

Таблица 1.13

**Гигиенические нормы вибраций по СН 2.2.4/2.1.8.566–96
(извлечение)**

| Вид вибрации | Допустимый уровень виброскорости, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц | | | | | | | | | | |
|--|---|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|
| | 1 | 2 | 4 | 8 | 16 | 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 |
| Общая транспортная: | | | | | | | | | | | |
| вертикальная | 132 | 123 | 114 | 108 | 107 | 104 | 107 | — | — | — | — |
| горизонтальная | 122 | 117 | 116 | 116 | 116 | 116 | 116 | — | — | — | — |
| Транспортно-технологическая | — | 117 | 108 | 102 | 101 | 101 | 101 | | | | |
| Технологическая: | | | | | | | | | | | |
| на постоянных рабочих местах производственных помещений предприятий; | — | 108 | 99 | 93 | 92 | 92 | 92 | — | — | — | — |
| в производственных помещениях, где нет машин, генерирующих вибрацию; | — | 100 | 91 | 85 | 84 | 84 | 84 | — | — | — | — |
| в служебных помещениях, здравпунктах, конструкторских бюро, лабораториях | — | 91 | 82 | 76 | 75 | 75 | 75 | — | — | — | — |
| Локальная вибрация | — | — | — | 115 | 109 | 109 | 109 | 109 | 109 | 109 | 109 |

В случае непостоянных вибраций пользуются эквивалентным по энергии скорректированным уровнем, являющимся одночисловой характеристикой непостоянной вибрации. Он рассчитывается путем усреднения фактических уровней с учетом времени действия каждого по формуле

$$L_{\text{ЭКВ}} = 10 \lg \frac{1}{T} (t_1 10^{0,1L_1} + t_2 10^{0,1L_2} + \dots + t_n 10^{0,1L_n}),$$

где L_1, L_2, \dots, L_n — уровни виброскорости (или виброускорения), действующие в течение времени t_1, t_2, \dots, t_n соответственно; $T = t_1 + t_2 + \dots + t_n$ — общее время действия вибрации в мин или ч.

При длительном воздействии на человека допустимые уровни в виде ПДК и ПДУ требуют коррекции. При короткой экспозиции допустимыми являются более высокие уровни вредностей, а при длительной экспозиции они должны снижаться (рис. 1.4).

Так, например, сроки развития периферических расстройств зависят не только от уровня, сколько от дозы вибрации в течение рабочей смены. Преимущественное значение имеет время непрерывного контакта с вибрацией и суммарное время воздействия вибрации за смену. У формовщиков, бурильщиков, заточников, рихтовщиков при среднечастотном спектре вибраций заболевание развивается через 8–10 лет работы. Обслуживание инструмента ударного действия (кленка, обрубка), генерирующего вибрацию среднечастотного диапазона (30–125 Гц), приводит к развитию сосудистых, нервно-мышечных, костно-суставных и других нарушений через 12–15 лет. Определенным регулятором дозового воздействия вредностей является соблюдение регламента работы: чередование работы с перерывами на отдых.

Учет времени воздействия опасностей на величину их допустимых воздействий применяется и при нормировании ЭМИ.

Так, в диапазоне частот 300 мГц – 300 гГц величину предельно допустимого энергетического воздействия электромагнитного излучения на человека определяют по формуле

$$\text{ППЭ}_{\text{доп}} = k \text{ЭЭ}_{\text{доп}}/\tau,$$

где $\text{ППЭ}_{\text{доп}}$ – предельно допустимое значение плотности потока энергии, Вт·ч/м²; k – коэффициент ослабления биологической эффективности ($k = 1$ для всех случаев, $k = 10$

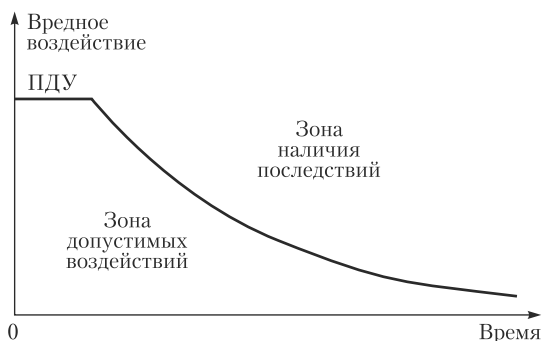


Рис. 1.4. Зависимость ПДУ воздействия от времени

для облучения от вращающихся антенн, $k = 12,5$ для локального облучения кистей рук); $\text{Э}\text{Э}_{\text{доп}}$ — предельно допустимая энергетическая экспозиция, равная $2 \text{ Вт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$; τ — время пребывания в зоне облучения за рабочую смену, ч.

Во всех случаях максимальное значение ППЭ_{доп} не должно превышать 10, а при локальном облучении — $50 \text{ Вт}/\text{м}^2$.

Применительно к условиям загрязнения производственной и окружающей среды электромагнитными излучениями радиочастотного диапазона действуют СанПиН 2.2.4.1191—03, СанПиН 2.1.8./2.2.4.1383—03 и ГОСТ 12.1.006—84.

Критерии допустимого воздействия установлены и для случаев возникновения других опасностей: для инфразвука и ультразвука, для лазерного, инфракрасного, ультрафиолетового и радиационного излучений, для случаев загрязнения продуктов питания и т.д. Конкретные значения ПДК и ПДУ установлены санитарными нормами.

Критерии допустимой травмоопасности потоков.

Вероятность воздействия травмоопасных потоков на людей оценивают величинами риска принудительной потери жизни. Это происходит в тех случаях, когда потоки масс и/или энергий от источника негативного воздействия в жизненном пространстве нарастают стремительно и достигают чрезмерно опасных значений (например, при авариях). Вероятность такого негативного воздействия обычно связана с возникновением чрезвычайных происшествий (событий) природного и/или техногенного характера. Для ее оценки используется понятие риска.

Риск — вероятность реализации негативного воздействия за определенный период времени (например, за год). Риск оценивают на основе статистических данных или теоретических исследований. При использовании статистических данных величину риска определяют по формуле

$$R = N_{\text{чс}}/N_0,$$

где R — риск; $N_{\text{чс}}$ — число чрезвычайных событий в год; N_0 — общее число событий в год.

Для оценки вероятности реализации чрезвычайно опасных негативных воздействий на людей принимают во внимание следующие виды риска:

- 1) индивидуальный риск ($R_{\text{и}}$), когда объектом защиты является человек;
- 2) социальный риск ($R_{\text{с}}$), когда объектом защиты является группа людей.

Индивидуальный риск обусловлен вероятностью реализации опасностей с воздействием на человека в конкретных ситуациях. Его определяют по формуле

$$R_{\text{и}} = T/C,$$

где T — численность погибших (пострадавших) за год от определенного фактора или от их совокупного воздействия, например при работе шахтером, испытателем и т.п.; C — численность людей, подверженных воздействию этих факторов за год.

Причины возникновения индивидуального риска многочисленны и разнообразны. Некоторые значения индивидуального риска приведены в табл. 1.14, где величина риска отнесена к периоду времени в один год.

Таблица 1.14

Характерные значения индивидуального риска гибели людей от естественных и техногенных факторов

| Причина возникновения риска | $R_{\text{и}}$, 1 чел./год | Общественная оценка риска |
|---|--------------------------------|--|
| Аварии на радиоактивных объектах с выбросом веществ в атмосферу (ЧАЭС, «Маяк») | $10^0 - 10^{-1}$ | Зона неприемлемого риска, $R_{\text{и}} \geq 10^{-3}$ |
| Военная авиация | $1,2 \cdot 10^{-2}$ | |
| Сердечно-сосудистые заболевания | $3,4 \cdot 10^{-3}$ | |
| Злокачественные опухоли | $1,6 \cdot 10^{-3}$ | |
| Автомобильные аварии | 10^{-3} | |
| Автогонки | $7,5 \cdot 10^{-4}$ | Переходная зона, $10^{-6} \leq R_{\text{и}} \leq 10^{-3}$ |
| Курение | $2,8 \cdot 10^{-4}$ | |
| Самоубийства | $2,2 \cdot 10^{-4}$ | |
| Несчастные случаи на производстве | $3 \cdot 10^{-4}$ | |
| Пожары и взрывы | $4,0 \cdot 10^{-5}$ | |
| Аварии на железнодорожном, водном и воздушном транспорте; пожары и взрывы | 10^{-5} | |
| Проживание вблизи ТЭС (при нормальном режиме работы) | 10^{-6} | |
| Все стихийные бедствия, укусы насекомых, проживание вблизи АЭС (при нормальном режиме работы) | 10^{-7} | Зона приемлемого риска, $R_{\text{и}} < 10^{-6}$ |

Распределение индивидуального риска R_{II} в пространстве около источника обычно неравномерно. В зоне, прилегающей непосредственно к источнику опасности, он равен величине техногенного риска R_T источника, а затем убывает по мере удаления от источника опасности. Характерное изменение индивидуального риска гибели человека в зоне воздействия при выбросе АХОВ показано на рис. 1.5.

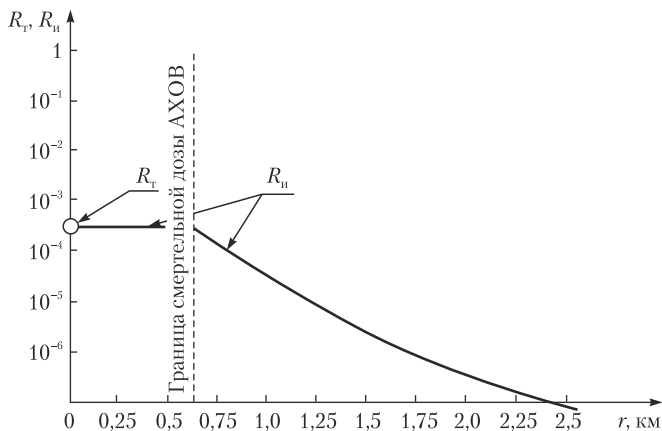


Рис. 1.5. Распределение индивидуального риска в зоне воздействия АХОВ

Социальный риск характеризует негативное воздействие чрезвычайных опасностей на группы людей. Обычно его оценивают по формуле

$$R_c = \frac{\Delta P}{P},$$

где ΔP — численность погибших от ЧП одного вида в год; P — средняя численность лиц, проживающих или работающих на данной территории, подверженной влиянию ЧП.

Отметим, что в соответствии с положением о классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера тяжесть последствий оценивается как локальная, если пострадало не более 10 человек и зона ее воздействия не выходит за пределы территории объекта производственного или социального назначения.

К источникам и факторам социального риска прежде всего относятся:

- особо опасные объекты, технические средства, склонные к возникновению аварий;

- урбанизированные территории с неустойчивой ситуацией;

- эпидемии;
- стихийные бедствия.

Социальный риск R_c в зоне расположения опасного объекта зависит от величины техногенного риска объекта R_T и показателей количественного распределения людей, находящихся в зоне риска. Местами скопления людей обычно являются производственные и учебные помещения, учреждения, зоны отдыха и т.п.

Характерное изменение величины социального риска в зависимости от численности людей, подверженных его воздействию, показано на рис. 1.6.

Для оценки воздействия ЧП на природу используют понятие *экологического риска* ($R_э$). Его оценивают как отношение численности разрушенных природных объектов к общей численности объектов на рассматриваемой территории в течение года. Экологический риск определяется по формуле

$$R_э = \frac{\Delta O}{O},$$

где ΔO — численность разрушенных природных объектов из их общего числа O в пределах рассматриваемого региона.

Иногда экологический риск оценивают отношением площади разрушенных территорий (ΔS) к общей площади (S) региона, т.е.

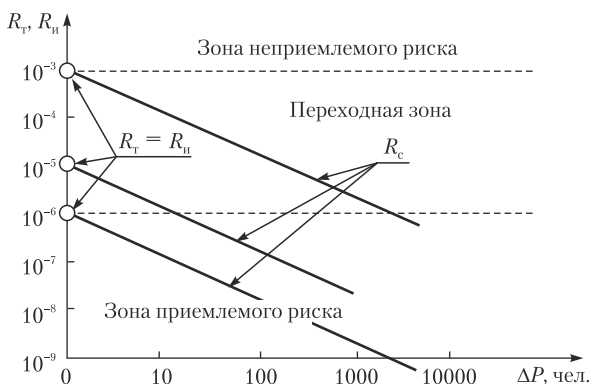


Рис. 1.6. Зависимость социального риска гибели людей около ОПО от численности лиц (ΔP), подверженных воздействию техногенного риска

$$R_3 = \frac{\Delta S}{S}.$$

Источниками и факторами экологического риска в основном могут быть:

- техногенное влияние на окружающую природную среду;
- стихийные явления — землетрясение, наводнение, ураган, засуха и т.п.

Концепция приемлемого риска. Введение в рассмотрение понятия о предельно допустимых (приемлемых) рисках отражает современный подход к оценке меры травмоопасности. Общество отвергло концепцию «абсолютной безопасности» и пришло к концепции приемлемого для человека «допустимого риска». При реализации этой концепции важнейшей задачей является установление верхней границы допустимого риска. На практике ее рационально находить на основе статистических данных.

Ключевым значением при установлении допустимого риска явилась величина, предложенная британским исследователем Ф. Р. Фармером в 1967 г. Смысл его предложения заключался в установлении величины допустимого риска, равным риску выхода радиоактивной утечки в атмосферу из ядерного реактора в год.

Современные представления об уровнях приемлемого индивидуального риска говорят о следующем:

1) нижнюю зону, где значение вероятности смерти находится в пределах менее 10^{-6} , представляют маловероятные события. Эту зону принято называть зоной приемлемого риска. По принятой в настоящее время концепции допустимое для населения значение индивидуального риска от любой формы деятельности не должно превышать величину 10^{-6} смертей на одного человека в год. Эта величина реализуется обычно при стихийных природных явлениях, избавиться от которых мы не можем и вынуждены принимать их как условия своего существования на Земле. Одновременно статистика показывает также, что индивидуальный риск летального исхода при эксплуатации многих технических систем также существует на уровне 10^{-7} ;

2) в верхней зоне при вероятности более 10^{-3} сосредоточены наиболее вероятные естественные причины, по которым погибает подавляющее большинство людей. Поэтому добавление в нашу жизнь техногенных и антропогенных факторов опасностей с вероятностью более 10^{-3} существен-

но увеличивает вероятность смерти людей от внешних причин. Эта зона рассматривается обществом как зона неприемлемого риска;

3) в зону индивидуального риска смерти человека от 10^{-3} до 10^{-6} входят многочисленные, весьма распространенные виды деятельности и события. Ее называют переходной зоной от недопустимого риска ($> 10^{-3}$) к зоне приемлемого риска ($< 10^{-6}$).

В последние годы в мировой практике концепция приемлемого риска находит все более широкое применение. Теоретические попытки количественной оценки приемлемого риска предприняты во Франции, Дании, Нидерландах, России и других странах. В Великобритании принят допустимым риск серьезных аварий, равный 10^{-4} , в Нидерландах приемлемый индивидуальный риск смерти принят равным 10^{-6} ч/год.

1.6. Идентификация опасностей техногенных источников

Современные источники техногенных опасностей должны обладать:

- минимальным спектром и уровнем вредного воздействия на работающих, селитебные зоны техносферы и природу;
- минимальным техногенным риском, обеспечивая тем самым минимизацию индивидуального, социального и экологического рисков в зонах своего влияния.

Оценка опасностей техногенных источников выполняется на этапах их проектирования (модернизации) и при эксплуатации. Процедуру оценки числа и уровня опасностей на этапе проектирования принято называть идентификацией опасностей.

Идентификация опасных воздействий предусматривает выявление номенклатуры опасных потоков и расчет параметров их воздействия на работающих, население и природу.

При воздействии потоков вещества вычисляют:

- массы выбросов, сбросов и отбросов веществ, поступающих в помещения, промышленную зону и в окружающую среду;
- концентрации веществ в загрязненных ими зонах;
- размеры и конфигурацию загрязненных зон.

При воздействии потоков энергий определяют мощность и интенсивности потоков в зонах их влияния. Кроме указанных параметров учитываются и временные показате-

ли процесса негативного влияния опасных зон, создаваемых источником опасности.

Идентификация опасностей в зонах пребывания людей — многофакторная задача. Некоторые упрощенные подходы к ее реализации рассмотрены ниже.

Идентификация выбросов в атмосферный воздух.

Выбросы технологических процессов и технических систем при их работе в штатных режимах состоят из:

- веществ, выбрасываемых в атмосферу;
- веществ, поступающих в рабочее помещение;
- утечек рабочих сред из технических систем при нарушении их герметичности как в помещении, так и на промышленных площадки.

Масса выбросов M , возникающих при проведении технологических процессов, обычно рассчитывается по формуле

$$M = m_{\text{уд}} \Pi k (1 - \eta),$$

где $m_{\text{уд}}$ — удельное выделение загрязняющего вещества на единицу характерного показателя Π производственного процесса (для расчета выбросов из плавильных агрегатов Π — производительность плавильного агрегата, т/ч; для расчета выбросов при электродуговой сварке Π — расход электродов, кг/ч; для расчета выбросов при резке металлов Π — произведение длины реза на толщину разрезаемого металла, м²/ч; при окраске Π — расход лакокрасочных материалов, кг/ч); k — поправочный коэффициент для учета особенностей технологического процесса; η — эффективность средств очистки выбросов в долях единицы. При их отсутствии $\eta = 0$.

Удельные выделения загрязняющих веществ (кг/т) при плавке чугуна в открытых чугунолитейных вагранках и электродуговых печах производительностью до 7 т/ч приведены в табл. 1.15.

Таблица 1.15

Удельные выделения загрязняющих веществ (кг/т) при плавке чугуна в открытых чугунолитейных вагранках и электродуговых печах

| Плавильный агрегат | Пыль | Оксид углерода | Углев-водороды | Оксиды азота | Диоксид серы |
|---------------------|------|----------------|----------------|--------------|--------------|
| Открытая вагранка | 19 | 200 | 2,4 | 0,014 | 1,54 |
| Электродуговая печь | 8,1 | 1,5 | — | 0,29 | — |

Для процесса ручной дуговой сварки сталей электродами с покрытием $m_{уд}$ на кг электродов составляют: 40 г пыли, 2 г фтороводорода, 1,5 г оксидов углерода и азота.

Обычно системы отвода загрязнений в техносферу от мест их образования удаляют из цеха до 97% вредных веществ, т.е. 3% веществ все же поступают в помещение цеха.

При эксплуатации систем с повышенным давлением возможны утечки газов, паров и жидкостей через уплотнения разъемных соединений, трубопроводов, затворы трубопроводной арматуры (клапаны, вентили и др.). Утечки газов $Q_{г}$ ($\text{см}^3/\text{мин}$) через затворы определяются по формуле

$$Q_{г} = knD_y^{0,5}(10p_l + 2),$$

где k — коэффициент, зависящий от класса герметичности, $k = 1-10$; n — коэффициент, зависящий от вида арматуры (для вентилей $n = 75 \cdot 10^{-4}$; для затворов $n = 2,6 \cdot 10^{-3}$); p_l — давление среды в трубопроводе, мПа; D_y — диаметр условного прохода, мм. Объемы утечек газов значительно превышают утечки жидкостей $Q_{ж}$, обычно $Q_{г}/Q_{ж} \approx 10-10^3$.

При сжигании топлива (уголь, мазут, природный газ) в котлах ТЭС образуются нетоксичные диоксид углерода и водяной пар. Кроме них в атмосферу выбрасываются и вредные вещества, такие как оксид углерода, оксиды серы и азота, летучая зола. Для ТЭС мощностью 1000 мВт характерны выбросы углекислого газа — 560; паров воды — 105; диоксида серы — 14; оксидов азота — 4 и золы 0,85 т/ч при условии, что эффективность очистки дымовых газов от летучей золы составляет 0,99. Вблизи ТЭС, выбрасывающих такое количество загрязнителей, образуются зоны с повышенными по сравнению с допустимыми концентрациями вредных веществ протяженностью до пяти км и более.

Для определения загрязнения атмосферного воздуха выбросами от точечного источника (например, от трубы ТЭС) используют методику ОНД-86.

Величина максимальной приземной концентрации загрязняющего вещества (C_m , $\text{мг}/\text{м}^3$) при выбросе нагретой газозвоздушной смеси из одиночного точечного источника с круглым устьем определяется по формуле

$$C_m = \frac{AMFm\eta}{H^2 \sqrt[3]{V\Delta T}},$$

где A — коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы (определяет условия вертикального

и горизонтального рассеивания вредных веществ в атмосферном воздухе); M — масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени, г/с; F — безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания частиц загрязняющих веществ в атмосферном воздухе; m, n — безразмерные коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса; η — безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности, в случае равнинной местности равен 1; H — высота источника выброса над уровнем земли, м; ΔT — разность между температурой выбрасываемой газовой смеси (T_r) и температурой окружающего атмосферного воздуха (T_b), °C; V — расход выбрасываемой газовой смеси, м³/с, определяемый по формуле

$$V = \frac{\pi D^2}{4} \omega_0,$$

где D — диаметр устья источника выброса, м; ω_0 — средняя скорость выхода газовой смеси из устья источника выброса, м/с.

Значение коэффициента A , соответствующее неблагоприятным метеорологическим условиям, при которых концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе максимальна, принимается равным:

250 — для районов Средней Азии южнее 40° с. ш., Бурятии и Читинской области;

200 — для европейской территории России и для районов южнее 50° с. ш., для остальных районов Нижнего Поволжья, Кавказа, Республики Молдовы, для среднеазиатских государств СНГ, Казахстана, Дальнего Востока и остальной территории Сибири;

180 — для европейской территории России и Урала от 50 до 52° с. ш., за исключением попадающих в эту зону перечисленных выше районов и Украины;

160 — для европейской территории России и Урала севернее 52° с. ш. (за исключением центра европейской территории России), а также для Белоруссии, Украины;

140 — для Московской, Тульской, Рязанской, Владимирской, Калужской, Ивановской областей.

Значения мощности выброса M (г/с) при проектировании предприятий определяются расчетом в технологической части проекта.

При определении значения ΔT ($^{\circ}\text{C}$) принимается температура окружающего атмосферного воздуха $T_{\text{в}}$, равная средней максимальной температуре наружного воздуха наиболее жаркого месяца года, а температура выбрасываемой в атмосферу газовой смеси $T_{\text{г}}$ — по параметрам технологического процесса.

Концентрация примеси в приземном слое атмосферы по оси факела выброса на разных расстояниях от источника распределяется следующим образом (рис. 1.7).

Вблизи источника выброса концентрация примеси мала (А — зона неорганизованного загрязнения), а затем она увеличивается, достигая максимума на некотором расстоянии от трубы, и снижается. Это происходит в трех зонах: зоне переброса факела (Б), зоне задымления (В) — зоне максимального содержания загрязняющих веществ и зоне постепенного снижения уровня загрязнения (Г). Зону задымления можно выделить как участок, на котором $C > 0,5C_{\text{м}}$.

Совпадение зоны задымления с местами расположения объектов, требующих повышенной чистоты воздуха, недопустимо.

Наибольшего значения концентрация обычно достигает на расстоянии от 10 до 40 высот труб в случае нагретых выбросов и на расстоянии 5–10 высот труб в случае холодных выбросов. Так, при высоте труб от 100 до 250 м расстояние от точки выброса (от трубы) до точки максимума концентрации в зоне задымления при нагретых выбросах составляет 1–2,5 км, а при холодных — 0,5 км.

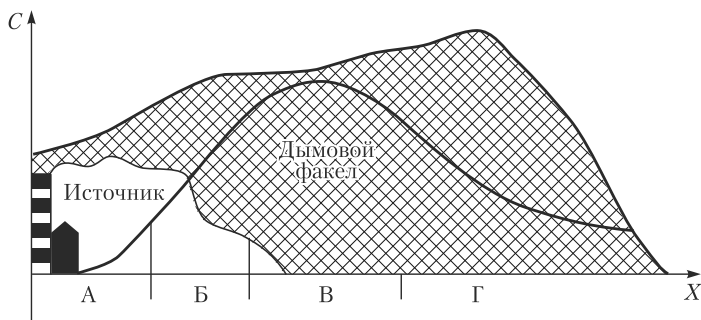


Рис. 1.7. Распределение концентрации вредных веществ в атмосфере у земной поверхности от организованного высокого источника выбросов:

А — зона неорганизованного загрязнения; Б — зона переброса факела; В — зона задымления; Г — зона постепенного снижения уровня загрязнения

Автомобильный транспорт при сжигании бензина или дизельного топлива выбрасывает отработавшие газы, состоящие из нетоксичных паров воды, диоксида углерода, азота, кислорода и водорода, а также из токсичных веществ: оксида углерода, оксидов азота, углеводов, альдегидов, сажи, бенз(а)пирена и др. Состав отработавших газов ДВС зависит от режима работы двигателя.

Отработавшие газы ДВС в городах являются основными загрязнителями атмосферного воздуха. Согласно данным исследований концентрации оксида углерода CO , mg/m^3 , в воздухе автомагистралей (на краю проезжей части) можно рассчитать по формуле

$$C_{CO} = 1,53N^{-0,368},$$

где N — интенсивность движения автомобилей, авт./ч.

Для транспортных магистралей характерны концентрации токсичных веществ, mg/m^3 , в атмосферном воздухе, представленные в табл. 1.16.

Концентрации оксида углерода и других токсичных компонентов отработавших газов автомобильных двигателей достигают наибольших значений на перекрестках. В этом случае

$$C_{CO(пер)} = C_{CO}(1 + N_2/N_1),$$

где $C_{CO(пер)}$ — концентрация CO на перекрестке; C_{CO} — то же на главной магистрали с интенсивностью движения; N_1, N_2 — интенсивность движения на второстепенной магистрали.

В реальных производственных городских, региональных и тому подобных условиях атмосферный воздух практически всегда оказывается одновременно загрязненным несколькими веществами.

Совместное негативное влияние загрязняющих веществ на воздух городов и промышленных зон оценивают индексом загрязнения атмосферы (ИЗА). Для каждого i -го вещества

$$ИЗА = k_i(C_i/ПДК_{cci}),$$

Таблица 1.16

Концентрации токсичных веществ на автомагистралях, mg/m^3

| Категория улицы | Оксид углерода | Угле-водороды | Оксиды азота |
|-------------------------------------|----------------|----------------------|--------------|
| Магистральная | 16,5–28,2 | 1,8–3,2 | 6,8–8,0 |
| Общегородская непрерывного движения | 54,3–66,0 | 6,0–7,7 12,6–15,5 | |

где k — коэффициент, равный 1,7 — для веществ I класса; 1,3 — для веществ II класса; 0,1 — для веществ III класса и 0,9 — для веществ IV класса; C_i — текущая концентрация i -го вещества в атмосфере; ПДК $_i$ — предельно допустимая среднесуточная концентрация i -го вещества.

Интегральную оценку загрязненности атмосферы в городах обычно ведут по пяти наиболее опасным веществам, для чего рассчитывают значение ИЗА по формуле

$$\text{ИЗА}_5 = \sum_1^5 k_i \frac{C_i}{\text{ПДК}_{cci}}$$

Допустимые значения $\text{ИЗА}_5 \leq 7$. Данные наблюдений за 2009 г. показывают, что уровень загрязнения атмосферы остается высоким. В 67% городов (134 города), где проводятся наблюдения, степень загрязнения воздуха очень высокая и высокая и в 18% городов — низкая (рис. 1.8).

Идентификация энергетических воздействий. При идентификации энергетических воздействий следует исходить из условия, что наибольшая интенсивность потока энергии всегда отмечается непосредственно около источника. Интенсивность потока энергии в среде обитания уменьшается обратно пропорционально площади, на которую распределяется энергия, т.е. величине r^2 , где r — расстояние от источника излучения до рассматриваемой (расчетной) точки в среде обитания. Если источник, излучающий энергию, находится на земной поверхности, то излучение идет в полусферическое пространство ($S = 2\pi r^2$), если же источником, излучающий энергию, находится над земной поверхностью или под ней, то излучение идет в сферическое пространство ($S = 4\pi r^2$).

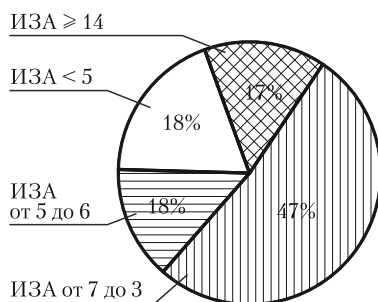


Рис. 1.8. Данные по уровню загрязнения атмосферного воздуха в городах Российской Федерации (2009 г.)

Расчет амплитуд вертикальных (горизонтальных) колебаний грунта при вертикальных (горизонтальных) вибрациях фундамента машин с динамическими нагрузками производят по формуле

$$A_r = A_0 \{ 1/\bar{r} [1 + (\bar{r} - 1)^2] + (\bar{r}^2 - 1)/(\bar{r}^2 + 1) \sqrt{3\bar{r}} \},$$

где A_r — амплитуда колебаний грунта в точках, расположенных на расстоянии r от оси фундамента, являющегося источником волн в грунте; A_0 — амплитуда свободных или вынужденных колебаний фундамента при $r = r_0$, $r_0 = \sqrt{F/\pi}$ — приведенный радиус подошвы фундамента площадью F ; $\bar{r} = r/r_0$. Частоту волн, распространяющихся в грунте, принимают равной частоте колебаний фундамента.

Протяженность зоны воздействия вибраций определяется величиной их затухания в грунте, которая, как правило, составляет 1 дБ/м (в водонасыщенных грунтах она несколько выше). Чаще всего на расстоянии 50–60 м от магистралей рельсового транспорта вибрации затухают. Зоны действия вибраций возле строительных площадок, кузнечно-прессовых цехов, оснащенных молотами с облегченными фундаментами, значительно больше, они могут иметь радиус до 150–200 м. Значительные вибрации в жилых зданиях могут создавать расположенные в них технические устройства (насосы, лифты и т.п.), а также трассы метрополитена неглубокого залегания.

Интенсивность звука ($\text{Вт}/\text{м}^2$) в расчетной точке окружающей среды при излучении шума источником со звуковой мощностью P (Вт) рассчитывают по формуле

$$I = P\Phi/Sk,$$

где Φ — фактор направленности излучения шума; S — площадь, на которую распределяется звуковая энергия, м^2 ; k — коэффициент, учитывающий уменьшение интенсивности звука на пути его распространения за счет затухания в воздухе и на различных препятствиях; $k = 1$ при отсутствии препятствий и при расстояниях до 50 м.

Значительные уровни звука и зоны воздействия шума возникают при эксплуатации средств транспорта (табл. 1.17).

Шумовая характеристика железнодорожного транспорта оценивается величиной уровня звука $I_{\text{ЭКВ}}$ (дБА), определяемой по формуле

$$I_{\text{ЭКВ}} = 63 + 25 \lg V/V_0,$$

где V — скорость состава, $\text{м}/\text{с}$; $V_0 = 1 \text{ м}/\text{с}$.

Таблица 1.17

Уровни звука, создаваемые средствами транспорта

| Вид магистрали | Железная дорога | Открытая линия метро | Скоростная магистраль | Авто-транспорт городских улиц |
|---------------------------------------|-----------------|----------------------|-----------------------|-------------------------------|
| Интенсивность движения, шт./ч | 40 | 40 | 2000–6000 | 50–500 |
| Уровень звука, дБА, на расстоянии, м: | | | | |
| 7,5 | 89 | 69 | 87 | 60–74 |
| 10 | — | — | — | 60–74 |
| 50 | — | 53 | 55–56 | — |
| 70 | 65 | — | — | — |
| Требуемое снижение уровня звука, дБА | 20 | 8 | 11–14 | 7–21 |

Электромагнитное поле (ЭМП) несет энергию, определяемую плотностью потока энергии I , Вт/м². При излучении сферических электромагнитных волн плотность потока энергии в зависимости от расстояния от источника определяется по формуле

$$I = P_{\text{ист}}/4\pi r^2,$$

где P — мощность источника, Вт; r — расстояние от источника электромагнитного поля до расчетной точки, м.

Формула справедлива при условии, что $r \geq \lambda/2\pi$, где λ — длина волны электромагнитного излучения, м. Длина волны связана с частотой f , Гц, соотношением $\lambda f = c$, где c — скорость распространения электромагнитных волн, м/с.

Опасные зоны источников ЭМП и излучений составляют:

1) для линий электропередачи (ЛЭП) с частотой 0 и 50 Гц в зависимости от напряжения:

| | | | | | |
|---|----|-----|-----|-----|------|
| Напряжение, кВ | 20 | 110 | 330 | 750 | 1150 |
| Размер защитной зоны от крайнего провода ЛЭП, м | 10 | 20 | 75 | 250 | 300 |

2) для электрифицированных железных дорог при напряжении 10–20 кВ защитная зона составляет соответственно 10 и 20 м;

3) для источников радиочастот СВЧ ($f = 3 \cdot 10^8 \div 3 \cdot 10^{11}$ Гц) защитная зона составляет 300 м.

Идентификация травмоопасных воздействий. Идентификация травмоопасных воздействий предусматривает, прежде всего, оценку техногенного риска опасных производственных объектов (ОПО) при авариях.

Для идентификации опасных объектов в России используют следующие нормативные документы:

1) Методические указания по проведению анализа риска опасных промышленных объектов РД 03.418—01;

2) Методику прогнозирования масштабов загрязнения сильноедействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте РД 52.04.253—90;

3) Положение о порядке оформления деклараций промышленной безопасности и перечень сведений, содержащихся в ней РД 03.315—99.

Основной подход к оценке техногенного риска ОПО, как правило, опирается на статистику аварий или на вероятный анализ: построение и расчет «деревьев событий» и «деревьев отказов». С помощью первых можно предсказать, во что может вылиться тот или иной отказ техники, а с помощью вторых — проследить все причины, которые способны его вызвать.

По анализу вероятности рассчитывают риск реализации каждого отказа, а в итоге — общую вероятность (риск) аварии на ОПО. Построить дерево отказов можно в соответствии с рекомендациями РД 03.418—01.

Количественно анализ опасностей технических систем на основе оценки вероятности возникновения нештатных ситуаций упрощенно можно оценить с помощью формулы

$$R = 1 - e^{-\lambda\tau},$$

где λ — интенсивность отказов, $1/\text{ч}$; τ — время эксплуатации.

Для некоторых технических систем интенсивность отказов приведена ниже:

| Тип оборудования | $\lambda, 1/\text{ч}$ |
|---------------------------|-----------------------|
| Механическое оборудование | $10^{-2} - 10^{-4}$ |
| Паровые котлы | $10^{-2} - 10^{-5}$ |
| Гидропневмоэлементы | $10^{-2} - 10^{-4}$ |
| Трансформаторы | $10^{-3} - 10^{-6}$ |
| Сварные соединения | $10^{-5} - 10^{-8}$ |
| Болтовые соединения | $< 10^{-9}$ |

При построении полей суммарного техногенного риска R_{Σ} от воздействия нескольких технических средств в зонах защиты следует использовать соотношение

$$R_{\Sigma T}(x, y) = \sum_{i=1}^n R_{T_i}(x, y),$$

где R_{T_i} — величина техногенного риска i -го источника в точке селитебной зоны с координатами x и y ; n — число источников техногенной опасности, одновременно оказывающих опасное влияние в этой точке пространства.

Максимальное значение индивидуального риска ($R_{и}$) для человека в конкретной зоне его пребывания определяется суммированием величины естественного риска ($R_{ест}$) в этой зоне с величиной индивидуального риска, возникающего от действия всех техногенных источников в этой зоне пребывания $R_{\Sigma T}$, по формуле

$$R_{и} = R_{\Sigma T} + R_{ест}.$$

Условие отсутствия травмоопасности описывается формулой

$$R_{и} \leq R_{и доп},$$

где $R_{и доп}$ — допустимый (приемлемый) индивидуальный риск.

Приведенное выше соотношение для определения $R_{и}$ справедливо при одновременно происходящих естественно-техногенных событиях.

При оценке негативного влияния ЧП необходимо понимать, что аварии и стихийные явления, характеризующиеся на их первой стадии значениями риска, в дальнейшем могут создавать в жизненном пространстве чрезвычайные ситуации. Состояние опасностей на таких территориях и акваториях описывают величиной вредных факторов — концентрациями вредных веществ и значениями уровней интенсивности потоков энергии, обычно представленных в безразмерных единицах, кратных ПДК или ПДУ. Примером развития подобных событий является авария на ЧАЭС.

Полученные значения потенциального техногенного риска R_T позволяют определить социальный риск R_c по формуле

$$R_c = \int_S R_T(x, y) \varphi(x, y) dS,$$

где $\varphi(x, y)$ — плотность распределения людей на элементе территории dS ; S — площадь территории, на которую распространяется условие $R_{\text{и}} > R_{\text{и доп}}$.

Следует отметить, что принятые в РД 03.418—01 рекомендации по учету исходных данных не являются достаточно полными, поэтому и результаты анализа требуют определенного уточнения. На конечный результат определения риска влияют плотность жилой застройки (школ, больниц, кинотеатров, транспортных развязок и т.п.), а также способы использования опасного вещества в технологическом процессе, поэтому расчетные уровни индивидуального риска ОХО могут существенно изменяться. Как правило, многие объекты, отнесенные ранее к неопасным, меняют свой статус.

Так, например, расчеты показывают, что, в Москве общее количество объектов повышенной опасности (создающих уровень индивидуального риска выше 10^{-4}) составляет 19 (в их число входят хладокомбинаты, водопроводные станции, базы сжигания газа, мясокомбинаты, химические предприятия), а количество предприятий умеренного риска (10^{-4} — 10^{-6}) — 53 (многие промышленные предприятия, пищевые комбинаты, холодильники и т.п.). Малоопасными (риск менее 10^{-6}) являются 69 объектов (ТЭЦ, машиностроительные и приборостроительные предприятия, типографии и т.п.).

Эти обстоятельства весьма важны при оценке влияния ОПО на население. Если их учесть, то можно определить расчетные расстояния, на которых возможно нанесение ущерба здоровью населения при хранении предельно допустимых количеств веществ на ОПО (табл. 1.18).

Некоторые данные о реальной удаленности ОПО от населенных районов приведены ниже:

| Вид ОПО | Расстояния от селитебной зоны, м |
|--------------------------|----------------------------------|
| Бензозаправочные станции | Менее 50 |
| Хранилища баллонов | Менее 100 |
| Хранилища пестицидов | Менее 50 |

Определенные шаги по учету влияния запасов веществ на уровень опасности объекта уже сделаны. В соответствии с последними нормативными документами величина предельного количества вещества может быть уменьшена (вплоть до 0,1 от предельного), если расстояние от объекта

Таблица 1.18

**Расчетные расстояния при хранении
предельно допустимых количеств веществ на ОПО**

| Вещество | Предельное количество, т | Расчетные расстояния, м |
|-------------------|--------------------------|-------------------------|
| Хлор | 25 | 500 |
| Аммиак | 500 | 500 |
| Акрилонитрил | 200 | 100 |
| Оксид этилена | 50 | 50 |
| Цианистый водород | 20 | 50 |
| Фтористый водород | 50 | 200 |
| Сернистый водород | 50 | 500 |
| Диоксид серы | 250 | 500 |
| Триоксид серы | 75 | — |
| Алкилы свинца | 50 | — |
| Фосген | 0,75 | 200 |
| Метилизотиоцианат | 0,15 | 25 |
| Бензин | 200 | 200 |
| Нитрат аммония | 2500 | 200 |

до селитебной зоны или зон большого скопления людей составляет менее 500 м.

При оценке воздействия источников чрезвычайной опасности на состояние опасных зон используют поля изолиний индивидуального риска (рис. 1.9).

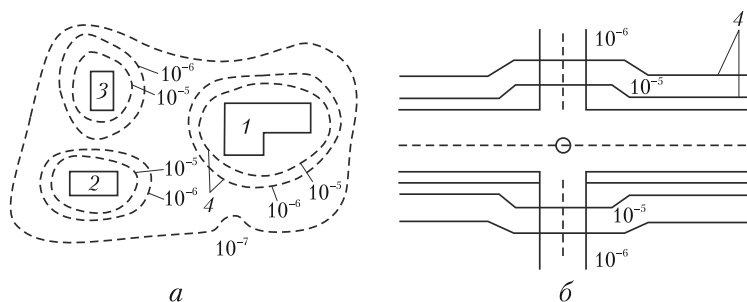


Рис. 1.9. Зоны индивидуального риска для опасных предприятий (а) и транспортной магистрали, по которой осуществляется перевозка опасных грузов (б):

1, 2, 3 — опасные объекты; 4 — изолинии риска

При оценке опасности проживания населения в конкретной зоне необходимо учитывать факты взаимного влияния ОПО. Даже если риск одновременного негативного воздействия отдельных объектов является маловероятным, необходимо учитывать их возможное совместное негативное влияние, особенно для условий расположения объектов в плотной жилой застройке. При этом следует учитывать, что радиусы зон поражения при авариях (по РД 52.04.253–90) весьма значительны (табл. 1.19).

Таблица 1.19

Радиусы зон поражения

| ОПО | Вещество | Расчетная граница зоны поражения, м |
|-----------------------|---------------|-------------------------------------|
| Водопроводная станция | Хлор | 2000 |
| Хладокомбинат | Аммиак | 1000 |
| Нефтезавод | Нефтепродукты | 750 |
| | ГЖ, ЛВЖ | 400 |

1.7. Поле опасностей

Современный мир опасностей (ноксосфера) обширен и весьма значителен. Как правило, в производственных, городских или бытовых условиях на человека воздействует одновременно несколько негативных факторов. Комплекс факторов, одновременно действующих на конкретный объект защиты, зависит от текущего состояния совокупности источников опасности около объекта. Совокупность источников образует около защищаемого объекта так называемое *поле опасностей*.

Поле опасностей, действующих на объект защиты, можно представить в виде совокупности факторов первого, второго, третьего и иных кругов, расположенных вокруг защищаемого объекта. Считается, что основное влияние на объект защиты (человека) оказывают факторы первого круга. Факторы второго круга влияют в основном на другие объекты защиты (здания и сооружения, промышленные территории и т.п.). Опасности третьего круга оказывают всеобщее влияние на население регионов и крупных городов, континентов и все население Земли. Опасности второго и третьего круга опосредовано могут воздействовать на каждого человека, усиливая влияние первого круга опасностей.

Характерное строение причинно-следственного поля опасностей, действующих на человека в современной техно-сфере, показано на рис 1.10.

В состав первого круга опасностей, непосредственно действующих на человека, входят:

- опасности, связанные с климатическими и погодными изменениями в атмосфере и гидросфере;
- опасности, возникающие из-за отсутствия нормативных условий деятельности, — по освещенности, по содержанию вредных примесей, по электромагнитному и радиационному излучениям и т.п.;
- опасности, возникающие в селитебных зонах и на объектах экономики при реализации технологических процессов и эксплуатации технических средств как за счет несовершенства техники, так и за счет ее нерегламентированного использования операторами технических систем и населением в быту;
- чрезвычайные опасности, возникающие при стихийных явлениях и техногенных авариях, в селитебных зонах и на объектах экономики;
- опасности, возникающие из-за недостаточной подготовки работающих и населения по безопасности жизнедеятельности.

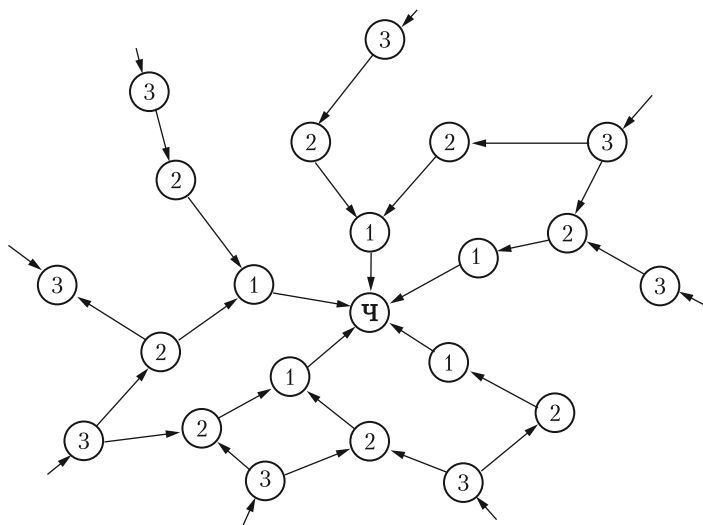


Рис. 1.10. Схематическое изображение причинно-следственного поля опасностей, в котором находится организм человека (Ч)

Основные причины возникновения опасностей второго круга обусловлены наличием и нерациональным обращением отходов производства и быта; чрезвычайными ситуациями, возникающими при стихийных явлениях и техногенных авариях, в селитебных зонах и на объектах экономики; недостаточным вниманием руководителей производства к вопросам безопасности проведения работ и т.п. Это создает условия для неправильной организации рабочих мест, нарушения условий труда, загрязнения воды, продуктов питания и т.п.

Опасности третьего круга не всегда выражены достаточно четко. Однако некоторый их перечень может быть сформулирован. К ним, прежде всего, следует отнести отсутствие необходимых знаний и навыков у разработчиков при проектировании технологических процессов, технических систем, зданий и сооружений; отсутствие эффективной государственной системы руководства вопросами безопасности в масштабах отрасли экономики или всей страны; недостаточное развитие системы подготовки научных и руководящих кадров в области БЖД и ЗОС.

Разделение ноксосферы на отдельные круги опасностей является достаточно условным, но весьма важным при анализе причин негативного влияния опасностей на людей. Нужно руководствоваться следующим: пренебрежение требованиями безопасности в первом круге опасностей сопровождается, как правило, травмами, отравлениями или заболеваниями человека или небольших групп людей; пренебрежение требованиями безопасности во втором круге опасностей, как правило, отдалает по времени негативные последствия, но увеличивает масштабы их воздействия на людей (массовые отравления при загрязнении биоресурсов отходами, гибель людей в шахтах, при обрушении строительных конструкций и т.п.).

Действие источников опасностей третьего круга обычно широкомасштабно. Так, например, применение этилированного бензина в ДВС, санкционированное государством, губительно для населения крупных городов; принятие решения о переработке в России радиоактивных отходов, ввозимых из-за рубежа, таит опасность радиоактивного воздействия на население многих регионов нашей страны и т.д.

В настоящее время комплексная оценка реальных ситуаций с использованием модельных представлений о причинно-следственном поле опасностей, действующих на промы-

шленном предприятии, в техносферном регионе и т.п., проводится редко из-за отсутствия теоретических и практических разработок в этой области. Это задача ближайшего будущего, входящая в комплекс научных исследований в области обеспечения техносферной безопасности (БЖД и ЗОС).

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные принципы ноксологии.
2. Назовите основные понятия ноксологии.
3. Сформулируйте закон толерантности.
4. Опишите характерные виды потоков взаимодействия человека с окружающей средой.
5. Какова таксономия опасностей?
6. Каковы критерии квантификации опасностей?
7. Что такое ПДВ, ПДК, ПДУ?
8. Что такое «приемлемый риск»?
9. В чем суть понятия «поле опасностей»?

Глава 2

СОВРЕМЕННАЯ НОКСОСФЕРА

Любая опасность становится гораздо менее страшной, если известны ее причины.

Конрад Лоренц

В любом хозяйственном цикле образующиеся отходы и возникающие побочные эффекты (в том числе опасности. — *Прим. авт.*) неустраняемы, они могут быть либо уменьшены за счет вторичной переработки, либо переведены из одной физико-химической формы в другую, либо перемещены в пространстве.

Закон о неустраняемости отходов и (или) побочных воздействий производств

Изучив материалы этой главы, студент должен:

- *знать*: важнейшие процессы взаимодействия человека со средой обитания (энергообмен, теплообмен, массообмен), основные особенности естественных (повседневных, стихийных), антропогенных и техногенных опасностей (постоянных, чрезвычайных);
- *уметь*: классифицировать опасности по происхождению, определять интегральную картину опасностей, проводить первичную качественную оценку опасностей среды обитания;
- *владеть* навыками приоритетного описания поля опасностей отдельных видов деятельности.

Для оценки влияния современного мира опасностей (ноксосферы) на человека и природу целесообразно прежде всего изучить основы процессов их взаимодействия, а также негативное влияние техносферы на среду обитания и человека.

2.1. Взаимодействие человека с окружающей средой

Организм человека постоянно находится во взаимодействии с окружающей его средой. Жизнь урбанизированного человека неразрывно связана со следующими процессами: труд, пребывание в городской среде, использование средств транспорта, сфера быта, активный и пассивный отдых.

Энергообмен человека. Совершение всех видов деятельности организма осуществляется за счет потребляемой им химической энергии, содержащейся в биологическом «топливе» — пище.

Совокупность всех химических реакций в организме, необходимых для обеспечения его веществом и энергией, называется *обменом веществ*. В науке используют понятия основного обмена и обмена при различных видах деятельности.

Основной обмен характеризуется величиной всех энергетических трат в организме при полном мышечном покое, в стандартных условиях (при комфортной температуре окружающей среды, спустя 12–16 часов после приема пищи, в положении лежа). Эта энергия тратится только на поддержание жизни в теле человека, ее расход составляет 4,2 кДж в час на 1 кг массы тела. Для человека массой 70 кг общие энергетические траты при основном обмене составляют 294 кДж/ч, что соответствует мощности 81,7 Вт. Любое отклонение от этих условий вызывает изменение интенсивности основного обмена. Так, после приема пищи в зависимости от ее вида основной обмен возрастает на 10–30%, а с повышением температуры тела на 1°C интенсивность основного обмена возрастает в среднем на 5%. Основной обмен зависит также от эмоционального состояния человека, его пола и возраста.

При напряжении мышц туловища затраты энергии превышают уровень основного обмена на 5–10%, в положении стоя — на 10–25%, при вынужденной неудобной позе — на 40–50%.

Энергозатраты при мышечной работе зависят от ее напряженности и продолжительности. Так, затраты энергии на ходьбу зависят от скорости передвижения человека и составляют примерно 175, 245 и 315 Вт соответственно при значениях скорости 3, 4 и 5 км/ч. Затраты энергии при мышечной работе различной интенсивности приведены ниже:

| | |
|---------------------------|-----------|
| Сон | 67,5–71,1 |
| Легкая сидячая работа | 116,4–139 |
| Легкая физическая работа | 140–174 |
| Работа средней тяжести | 175–290 |
| Тяжелая физическая работа | Более 290 |

При интенсивной интеллектуальной работе потребности мозга в энергии составляют 15–20% основного обмена. Превышение суммарных энергетических затрат при умственной работе определяется степенью нервно-эмоциональной напряженности. Так, при чтении вслух сидя расход энергии повышается на 48%, при выступлении с публичной лекцией – на 94%, у операторов вычислительных машин – на 60–100%.

Суточные энергозатраты (мДж) зависят от рода деятельности человека:

| | |
|--|-----------|
| Работники умственного труда (врачи, педагоги, диспетчеры и др.) | 10,5–11,7 |
| Работники механизированного труда и сферы обслуживания (медсестры, продавцы, рабочие, обслуживающие автоматы) | 11,3–12,5 |
| Работники, выполняющие работу средней тяжести (станочники, шоферы, хирурги, полиграфисты, литейщики, сельскохозяйственные рабочие и др.) | 12,5–15,5 |
| Работники, выполняющие тяжелую работу (лесорубы, грузчики, шахтеры, металлурги) | 16,3–18 |

Еще в 1840 г. Ю. Либих сформулировал так называемый закон минимума, который гласит: «Выносливость организма определяется слабым звеном в цепи его потребностей; его жизненные возможности лимитируются факторами, количество и качество которых близко к необходимому организму минимуму. Дальнейшее снижение или ухудшение этих факторов ведет организм к гибели».

Теплообразование и температура тела человека. Нормальная жизнедеятельность человека может осуществляться только при определенных метеорологических условиях: давлении P , температуре t , относительной влажности ϕ и скорости движения окружающего воздуха W . Эти параметры влияют на интенсивность теплообмена тела человека с окружающей средой, в процессе которого отводится вырабатываемая организмом теплота $Q_{\text{выр}}$, а температура тела поддерживается на определенном уровне, обеспечивающим

нормальное протекание обменных реакций в организме человека. Для человека температурный оптимум близок к температуре тела, составляющей около $+37^{\circ}\text{C}$, под которой понижают температуру его внутренних органов. Ее величина достаточно стабильна и лишь незначительно изменяется с течением суток и с возрастом. Максимальная величина температуры тела ($37,0\text{--}37,1^{\circ}\text{C}$) наблюдается в 16–18 часов, минимальная — ($36,0\text{--}36,2^{\circ}\text{C}$) наблюдается около 3–4 часов. У пожилых людей температура тела снижается до $35,0\text{--}36,0^{\circ}\text{C}$.

Действие охлаждающего микроклимата на человека зависит от многих условий, среди которых необходимо отметить температуру, влажность и скорость движения воздуха, а также теплозащитные свойства одежды.

Наибольшую опасность представляет общее переохлаждение тела человека. Нарушение сердечной деятельности возникает при температуре тела около 30°C (аритмия, трепетание предсердий), а в дальнейшем сопровождается остановкой дыхания.

Жизнедеятельность организма человека возможна лишь при температуре тела не ниже $+25^{\circ}\text{C}$ и не выше $+43^{\circ}\text{C}$.

Значительная часть энергии, высвобождающейся при окислительно-восстановительном распаде пищи, трансформируется в теплоту, но основное количество теплоты (от 65 до 70%) вырабатывается в мышцах тела человека. При интенсивной мышечной работе количество выделяемой в мышцах теплоты повышается до 90% от общей теплопродукции тела человека. Теплопродукция организма зависит не только от интенсивности мышечной работы, но также и от температуры окружающей среды (табл. 2.1).

В поверхностном слое тела толщиной примерно 2,5 см происходит снижение температуры тканей, вызванное поте-

Таблица 2.1

Количество теплоты, выделяющейся в теле человека при различных физических нагрузках и температуре воздуха в помещении, Вт

| Интенсивность работы | Температура воздуха в помещении | | | | | |
|------------------------|---------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | 10°C | 15°C | 20°C | 25°C | 30°C | 35°C |
| Состояние покоя | 163 | 145 | 116 | 93 | 93 | 93 |
| Легкая работа | 180 | 157 | 151 | 145 | 145 | 145 |
| Работа средней тяжести | 215 | 210 | 204 | 198 | 198 | 198 |
| Тяжелая работа | 291 | 291 | 291 | 291 | 291 | 291 |

рей теплоты в окружающую среду. Поэтому температура кожи несколько ниже температуры внутренних органов. Так, температура кожи лба колеблется в диапазоне 32,5–34°C, груди 31–33,5°C, кистей рук — 28,5°C, пальцев стопы — 24,4°C. Наибольшее значение температуры кожи наблюдается в подмышечной впадине — 36,5–36,9°C. Эту температуру чаще всего и используют для оценки теплового состояния организма человека.

Выделение теплоты в теле человека вызывает нагрев его тканей. Так, количество теплоты, выделяющейся в организме человека, находящегося в состоянии покоя, достаточно для нагрева его тела в течение одного часа на 1,2°C, а при выполнении им работы средней тяжести — почти на 3°C. Однако этому препятствует отвод вырабатываемой теплоты в окружающую среду.

Теплообмен тела человека с окружающей средой осуществляется через кожные покровы, а также в процессе дыхания за счет нагрева вдыхаемого в легкие воздуха и испарения воды с их поверхности. При этом организм использует все существующие в природе механизмы теплообмена: теплоизлучающий, теплопроводный, конвективный и транспирационный (посредством испарения влаги). Поэтому количество отводимой в окружающую среду теплоты $Q_{\text{отв}}$ можно представить в виде суммы:

$$Q_{\text{отв}} = Q_{\text{к}} + Q_{\text{т}} + Q_{\text{ти}} + Q_{\text{п}} + Q_{\text{д}},$$

где $Q_{\text{к}}$, $Q_{\text{т}}$, $Q_{\text{ти}}$, $Q_{\text{п}}$, $Q_{\text{д}}$ — количество теплоты, отводимой за счет конвекции, теплопроводности, теплового излучения, испарения пота и дыхания соответственно, Вт.

Конвективный теплообмен определяется законом Ньютона:

$$Q_{\text{к}} = \alpha_{\text{к}} F_{\text{э}} (t_{\text{к}} - t_{\text{ос}}),$$

где $\alpha_{\text{к}}$ — коэффициент теплоотдачи конвекцией, при нормальной температуре $\alpha_{\text{к}} = 4,06 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$; $t_{\text{к}}$ — температура кожи тела человека (зимой среднее значение температуры кожи около 27,7°C, летом около 31,5°C); $t_{\text{ос}}$ — температура окружающей воздушной среды, °C; $F_{\text{э}}$ — площадь эффективной поверхности тела человека (для практических расчетов эту площадь принимают равной 1,8 м²).

Значение коэффициента теплоотдачи конвекцией можно приближенно определять как

$$\alpha_{\text{к}} = \lambda / \delta,$$

где λ — коэффициент теплопроводности пограничного слоя воздуха, Вт/(м·°С) (при нормальной температуре воздуха $\lambda = 0,025$ Вт/(м·°С)); δ — толщина пограничного слоя воздуха, м.

Толщина пограничного слоя воздуха зависит от скорости движения воздуха. Так, при отсутствии движения воздуха $\delta = 4-8$ мм, а при скорости движения воздуха 2 м/с толщина пограничного слоя уменьшается до 1 мм.

Таким образом, интенсивность и направление конвективного теплообмена тела человека с окружающей средой определяются в основном температурой и подвижностью окружающего воздуха, т.е.:

$$Q_{\text{к}} = f(t_{\text{oc}}; W).$$

Передачу теплоты теплопроводностью можно описать уравнением Фурье:

$$Q_{\text{т}} = \frac{\lambda_0}{\Delta_0} F_3(t_{\text{нов}} - t_{\text{oc}}),$$

где λ_0 — коэффициент теплопроводности тканей одежды человека, Вт/м·°С; Δ_0 — толщина одежды человека.

Теплоизлучающий теплообмен описывается обобщенным законом Стефана — Больцмана:

$$Q_{\text{л}} = C_{\text{пр}} F_{\text{к}} \psi \{ (t_{\text{к}}/100)^4 - (t_{\text{оп}}/100)^4 \},$$

где $C_{\text{пр}}$ — приведенный коэффициент излучения, для практических расчетов $C_{\text{пр}} \approx 4,9$ Вт/(м²·К⁴); $F_{\text{к}}$ — площадь поверхности, излучающей лучистый поток, м²; ψ — коэффициент облучаемости, зависящий от расположения и размеров поверхностей и показывающий долю лучистого потока, излучаемого поверхностью пламени (на практике применяется равным единице); $t_{\text{к}}$ — средняя температура кожи, К; $t_{\text{оп}}$ — средняя температура окружающих поверхностей, К.

Количество теплоты, отдаваемое телом человека в окружающую среду при испарении пота, определяется уравнением

$$Q_{\text{г}} = M_{\text{п}} r,$$

где $M_{\text{п}}$ — масса испарившегося пота, г/с; r — скрытая теплота испарения пота, Дж/г (для воды $r = 2450$ Дж/г).

Количество пота, выделяемого телом человека, приведено в табл. 2.2.

Испарение пота с поверхности кожи происходит только в том случае, если относительная влажность окружающего воздуха $\phi < 100\%$. С уменьшением величины относитель-

Таблица 2.2

Количество пота, выделяемого телом человека при различных физических нагрузках и температуре воздуха в помещении, г/ч

| Интенсивность работы | Температура воздуха в помещении | | | | | |
|------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|------|
| | 10°C | 15°C | 20°C | 25°C | 30°C | 35°C |
| Состояние покоя | 30 | 40 | 40 | 50 | 75 | 115 |
| Легкая работа | 40 | 55 | 75 | 115 | 150 | 200 |
| Работа средней тяжести | 70 | 110 | 140 | 185 | 230 | 280 |
| Тяжелая работа | 135 | 185 | 240 | 295 | 355 | 415 |

ной влажности воздуха и с ростом скорости движения воздуха интенсивность испарения пота возрастает.

Таким образом, количество теплоты, отдаваемой телом окружающему воздуху в процессе испарения пота, зависит от температуры t_{oc} , его относительной влажности ϕ и скорости движения W .

В процессе дыхания окружающий воздух, попадая в легкие человека, нагревается и одновременно насыщается водяными парами. В технических расчетах можно принять, что выдыхаемый воздух имеет температуру 37°C. Количество теплоты, расходуемой на нагревание вдыхаемого воздуха, определяется по формуле

$$Q_d = V_{лв} \rho_{вд} C_p (t_{вд} - t_{вд}),$$

где $V_{лв}$ — объем воздуха, вдыхаемого человеком в единицу времени, «легочная вентиляция», м³/с; $\rho_{вд}$ — плотность вдыхаемого воздуха, кг/м³; C_p — удельная теплоемкость вдыхаемого воздуха, кДж/(кг·°C); $t_{вд}$ — температура выдыхаемого воздуха, °C; $t_{вд}$ — температура вдыхаемого воздуха, °C.

Объем легочной вентиляции определяется как произведение объема воздуха, вдыхаемого за один вдох, на частоту дыхания. Частота дыхания человека непостоянна и зависит от состояния организма и физической нагрузки. В состоянии покоя она составляет 12–15 вдохов-выдохов в минуту, а при тяжелой физической нагрузке 20–25. Полный объем легких человека составляет 4–4,5 л, однако в процессе жизнедеятельности он используется не полностью, так как это требует больших затрат энергии на работу грудных мышц. В состоянии покоя объем вдыхаемого воздуха составляет около 0,5 л, а при выполнении тяжелой работы он увеличивается до 1,5–1,8 л.

Вклад каждого из описанных механизмов теплообмена в процесс теплоотдачи от тела человека в окружающую среду зависит от метеорологических условий и интенсивности выполняемой работы. Так, в состоянии покоя при температуре 20°C на долю излучения приходится 50–65% теплоотдачи, на испарение пота – 20–25%, конвекцию – 15%, дыхание – 5%. При изменении температуры, относительной влажности и скорости движения окружающего воздуха это соотношение меняется (рис. 2.1).

Нормальное тепловое состояние организма человека, называемое тепловым комфортом, наблюдается при условии, когда вся вырабатываемая организмом теплота $Q_{\text{выр}}$ передается телом окружающей среде $Q_{\text{отв}}$, т.е. выполняется равенство

$$Q_{\text{выр}} = Q_{\text{отв}}$$

Нарушение этого равенства вызывает изменение теплового ощущения человека. При $Q_{\text{выр}} > Q_{\text{отв}}$ теплота накапливается в теле, его температура повышается и человеку становится жарко, при $Q_{\text{выр}} < Q_{\text{отв}}$ возникает дефицит теплоты в теле человека, его температура падает, что ощущается как холод.

Влияние параметров микроклимата на самочувствие человека. Параметры микроклимата оказывают непосредственное влияние на тепловое самочувствие человека и его работоспособность. Например, понижение температуры и повышение скорости движения воздуха способствуют усиле-

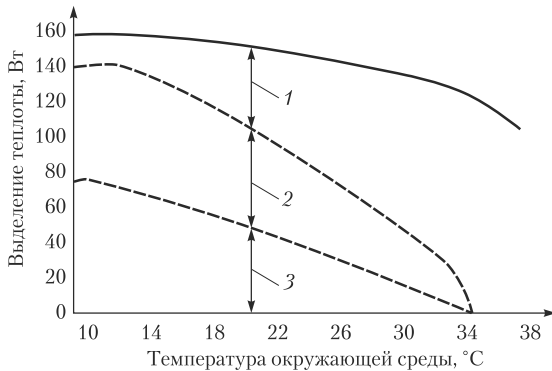


Рис. 2.1. Показатели выделения теплоты телом человека, находящегося в спокойном состоянии, в зависимости от температуры окружающей среды:

1 – теплота, выделяемая при испарении; 2 – теплота, выделяемая путем конвекции; 3 – теплота, выделяемая излучением

нию конвективного теплообмена и процесса теплоотдачи при испарении пота, что может привести к переохлаждению организма.

При повышении температуры воздуха возникают обратные явления. Установлено, что при температуре свыше 25°C работоспособность человека начинает снижаться (рис. 2.2).

Для человека определены максимальные значения допустимой температуры в зависимости от длительности их воздействия и используемых средств защиты. Переносимость организмом человека высоких температур зависит от влажности и скорости движения воздуха.

Высокая влажность воздуха уменьшает скорость испарения пота, что ухудшает теплоотдачу с поверхности кожи и ведет к перегреву тела человека. Особенно неблагоприятное воздействие на тепловое самочувствие человека оказывает высокая влажность воздуха при $t_{\text{ос}} > 30^{\circ}\text{C}$, когда практически вся теплота, вырабатываемая в теле человека, отдается в окружающую среду за счет испарения пота.

Интенсивное потовыделение при высоких температурах приводит к обезвоживанию организма. Обезвоживание на 6% влечет за собой нарушение умственной деятельности, снижение остроты зрения, обезвоживание на 15–20% приводит к смертельному исходу.

Вместе с потом организм теряет значительное количество минеральных солей, микроэлементов и водорастворимых витаминов (С, В₁, В₂). При неблагоприятных условиях потери жидкости организмом человека могут достигать 8–10 л за смену. При этом потери соли NaCl (ее концентрация в поте составляет 0,3–0,6%) достигают 40 г, что составляет

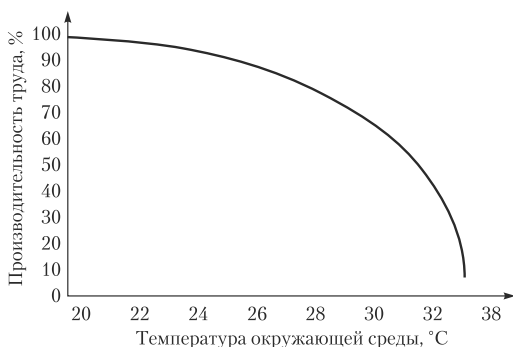


Рис. 2.2. Зависимость производительности труда от изменения температуры окружающей среды

почти 30% ее общего количества в организме человека. Потери соли крайне опасны для организма.

Длительное воздействие высокой температуры особенно в сочетании с повышенной влажностью может привести к значительному накоплению теплоты в организме и развитию его перегревания выше допустимого уровня — гипертермии — состоянию, при котором температура тела поднимается до 38–39°C. При гипертермии и, как следствие, тепловом ударе наблюдается головная боль, головокружение, общая слабость, искажение цветового восприятия, сухость во рту, тошнота, рвота, обильное потовыделение, пульс и дыхание учащены. При этом наблюдается бледность, синюшность, зрачки расширены, временами возникают судороги, потеря сознания.

Предельная температура вдыхаемого воздуха, при которой человек в состоянии дышать в течение нескольких минут без специальных средств защиты, составляет около 116°C.

Барическое влияние. Нормальное атмосферное давление на уровне моря в среднем составляет 760 мм рт. ст. ($1,103 \cdot 10^5$ Па). С высотой давление воздуха уменьшается и становится опасным для человека на высоте 4–5 км над уровнем моря из-за кислородной недостаточности. При снижении относительно уровня моря (например, в шахте) атмосферное давление возрастает на каждые 100 м примерно на 9 мм рт. ст. При погружении в водную среду давление водяного столба растет на одну атмосферу на каждые 10 метров глубины. Поэтому безопасным считается погружение без специальных средств на 2–3 м.

Влияние электромагнитного поля Земли. Электромагнитные поля естественного происхождения являются постоянно действующим физическим фактором окружающей среды, необходимым для возникновения и существования жизни на планете. Естественными источниками геомагнитного поля являются: атмосферное электричество, излучение Солнца, электрические и магнитные поля Земли. На поверхности Земли, обладающей избыточным электрическим зарядом, существует напряженность электрического поля, обычно равная 100–200 В/м и возрастающая в несколько раз при грозовой активности.

Напряженность магнитного поля Земли при спокойной магнитной обстановке составляет 70–150 А/м. Во время магнитных бурь магнитная напряженность возрастает на порядок.

В условиях дефицита естественных электромагнитных полей возникает дисбаланс основных нервных процессов в виде преобладания торможения, дистонии мозговых сосудов, развития изменений со стороны сердечно-сосудистой, иммунной и других систем.

Коэффициент ослабления интенсивности геомагнитного поля на рабочих местах персонала в помещении не должен превышать 2.

Излучение Солнца, представляющее собой электромагнитные волны различной длины, крайне значимо для живой природы и человека. Оно является основным внешним источником энергии, определяет продолжительность светового дня, его видимый диапазон излучения, обеспечивает непосредственную связь организма с окружающим миром, давая до 90% информации о нем. Но современному человеку не хватает дневного естественного света. Значительная часть работы и отдыха человека протекает при искусственном освещении.

Влияние естественной радиации. Естественные источники излучения можно подразделить следующим образом: внешние источники внеземного происхождения (космическое излучение); источники земного происхождения (естественные радионуклиды).

Из космического пространства земную атмосферу непрерывно атакует поток ядерных частиц очень высоких энергий, состоящий из примерно 90% протонов и около 10% альфа-частиц. Это так называемое первичное космическое излучение. Воздействуя на ядра нуклидов, входящих в состав земной атмосферы, первичное космическое излучение инициирует целый каскад ядерных превращений, в результате которого образуются различного типа элементарные частицы и гамма-излучение. Это так называемое вторичное космическое излучение. У поверхности земли (до высоты порядка 25 км) доза внешнего облучения обусловлена, в основном, гамма-излучением.

С удалением от поверхности земли интенсивность космического излучения возрастает (рис. 2.3). Поэтому дозовая нагрузка на людей, проживающих в горной местности, в несколько раз больше, она равна примерно 0,7 и 5,0 мЗв в год соответственно на высотах 2 и 4–5 км. На высоте полетов современных самолетов уровень космического излучения в несколько десятков раз больше, чем на уровне моря.

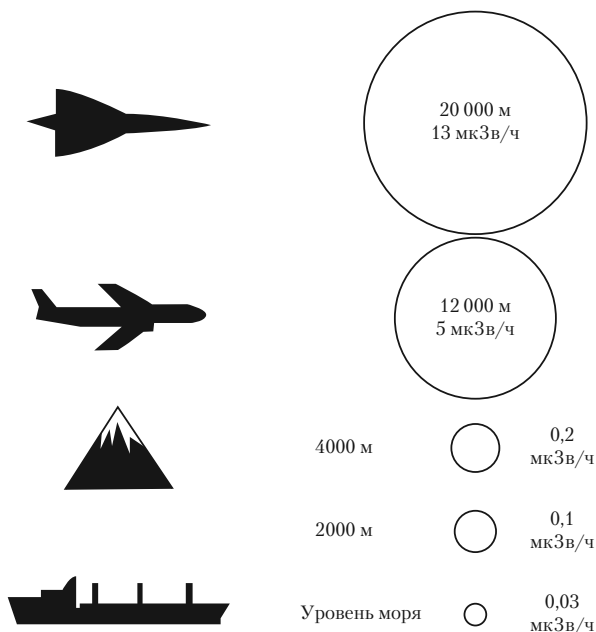


Рис. 2.3. Уровни космического излучения на различных высотах

К основным естественным радионуклидам, излучение которых формирует природный радиационный фон, относятся: U^{238} , U^{235} и Th^{232} , а также один из продуктов распада U^{238} — радон (Ra^{226}).

Внешнее облучение обусловлено радионуклидами, содержащимися в почве и горных породах, внутреннее — радионуклидами, содержащимися в воздухе, воде и продуктах питания. Средняя доза облучения населения России составляет 3,4 мЗв/чел. в год.

Массообмен человека. В процессе жизнедеятельности человек потребляет: кислород из атмосферы при дыхании, воду питьевую и воду, содержащуюся в продуктах питания, пищевые вещества, содержащиеся в продуктах питания, — белки, жиры и углеводы. К качеству потребляемых веществ предъявляются определенные требования. В биохимических реакциях организма пищевые вещества окисляются кислородом, выделяя энергию, необходимую для жизнедеятельности человека. Полученная энергия используется на работу внутренних органов, на механическую мышечную

работу человека и переходит в теплоту, которую организм выделяет в окружающую среду.

Все продукты реакций, а также потребленная человеком из внешней среды вода, полностью выделяются организмом в окружающую среду: углекислый газ удаляется в атмосферу при дыхании; шлаковые вещества выводятся вместе с потребленной водой в виде отходов жизнедеятельности, часть воды выделяется путем испарения в атмосферу через кожу и через легкие при дыхании.

В сутки человеку требуется в среднем 1,75 кг пищи (из них твердых веществ около 0,6 кг), 7,3 л воды (2,5 л питьевой и 4,8 л технической) и 0,9 кг кислорода. Вместе с питьем и пищей получается около 3,5 л жидкости в день (для климата средней полосы России при минимальной физической нагрузке). При нагрузке средней тяжести необходимо до 5 л, при тяжелой работе на воздухе — до 6,5 л жидкости в день.

Значительные опасности возникают при потреблении человеком загрязненных потоков воздуха, воды и пищи. Достаточно отметить, что от отравлений пищей в мире ежегодно умирают около 2 млн чел.

Информационный обмен человека. Взаимосвязь человека с любой системой (в том числе технической) может быть описана через информационную модель, которая объединяет сенсорное и сенсомоторное поля. К сенсорному (чувствительному) полю информационной модели относят комплекс сигналов, которые воспринимаются человеком непосредственно от системы (шум, вибрация, ЭМП и т.д.) и из ряда сигнальных показаний приборов, индикаторов и т.п. К сенсомоторному полю относят комплекс сигналов от органов управления — рычагов, ручек, кнопок и т.д.

Информационная совместимость означает соответствие возможностей человека по приему и переработке потока закодированной информации и эффективного положения управляющих воздействий в системе.

Реакция человека на любое внешнее воздействие (раздражение) и превращение ее в защитное действие хорошо прослеживаются на схеме рефлекторной дуги (рис. 2.4). Согласно этой схеме энергия раздражителя поступает на рецепторы человека и далее по нервным волокнам в виде нервных импульсов передается в центральную нервную систему (ЦНС). В коре головного мозга — высшем органе ЦНС — информация анализируется и по нервным волокнам пере-

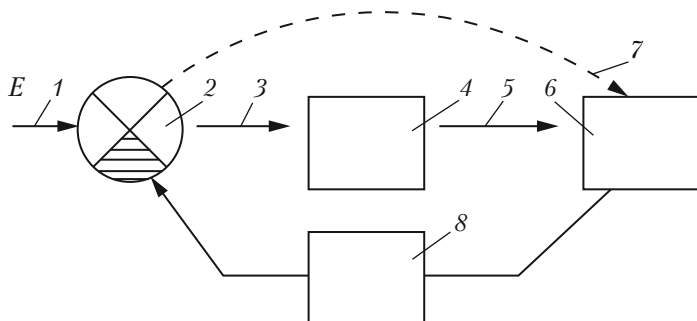


Рис. 2.4. Схема рефлекторной дуги:

1 – энергия E раздражителя (сигнал, информация); 2 – рецептор; 3 – нервные волокна; 4 – ЦНС; 5 – нервные волокна; 6 – исполнительный орган; 7 – путь безусловного рефлекса; 8 – обратная связь

дается к исполнительным органам человека для компенсации внешнего воздействия. Результат компенсационного действия передается по обратной связи на рецептор.

Датчиками системы восприятия внешних воздействий являются структурные нервные образования, называемые *рецепторами*. Они представляют собой окончания чувствительных нервных волокон, способные возбуждаться при действии раздражителя. Часть из них воспринимают изменения в окружающей среде, а часть – во внутренней среде организма. Согласно классификации по характеру ощущений различают зрительные, слуховые, обонятельные, осязательные рецепторы, рецепторы боли, рецепторы положения тела в пространстве.

При длительном воздействии раздражителя происходит адаптация рецептора и его чувствительность снижается, однако, когда действие раздражителя прекращается, чувствительность растет снова. Для адаптации рецепторов нет одного общего закона. Различают быстро адаптирующиеся (например, барорецепторы) и медленно адаптирующиеся рецепторы (фоторецепторы).

Полученная рецепторами информация, закодированная в нервных импульсах, передается по нервным путям в центральные отделы нервной системы и используется для координирующей работы органов. Иногда поступающая информация непосредственно переключается на органы. Такой принцип переработки информации заложен в основу многих безусловных рефлексов (врожденных, наследственно пе-

редающихся). Например, сокращение мышц конечностей, раздражаемых электрическим током, теплотой или химическими веществами, вызывает реакцию удаления конечности от раздражителя. При длительном воздействии раздражителя на основе приобретенного опыта формируются условные рефлексы.

Человек обладает рядом специализированных периферийных образований — органов чувств, обеспечивающих восприятие действующих на организм внешних раздражителей (из окружающей среды). К таким образованиям относятся органы слуха, зрения, обоняния, вкуса, осязания. Не следует смешивать понятия «орган чувств» и «рецептор», например глаз — орган зрения, а сетчатка — фоторецептор, один из компонентов органа зрения. Помимо сетчатки в состав органа зрения входят преломляющие среды глаза, различные его оболочки, мышечный аппарат.

Понятие «орган чувств» в значительной мере условно, так как сам по себе он не может обеспечить ощущение. Для возникновения субъективного ощущения необходимо, чтобы возбуждение возникло на рецепторах и поступило в центральную нервную систему.

С помощью органов чувств человек получает обширную информацию от окружающем мире. Количество информации принято измерять в битах. В табл. 2.3 приведены максимальные скорости передачи информации, принимаемой че-

Таблица 2.3

Характеристика органов чувств по скорости передачи информации

| Воспринимаемый сигнал | Характеристика | Максимальная скорость, бит/с |
|-----------------------|----------------------|------------------------------|
| Зрительный | Длина линии | 3,25 |
| | Цвет | 3,1 |
| | Яркость | 3,3 |
| Слуховой | Громкость | 2,3 |
| | Высота тона | 2,5 |
| Вкусовой | Соленость | 1,3 |
| Обонятельный | Интенсивность | 1,53 |
| Тактильный | Интенсивность | 2,0 |
| | Продолжительность | 2,3 |
| | Расположение на теле | 2,8 |

ловеком с помощью различных органов чувств и их рецепторов для передачи к коре больших полушарий.

Нервная система человека подразделяется на ЦНС, включающую головной и спинной мозг, и периферическую (ПНС), которую составляют нервные волокна и узлы, лежащие вне ЦНС. Нервная система функционирует по принципу рефлекса. Рефлексом называют любую ответную реакцию организма на раздражение из окружающей или внутренней среды, осуществляющуюся с участием ЦНС.

Защитные функции организма, преимущественно двигательные, реализуются через мозг и его память. И только когда там не найдено адекватной программы реакции на сигнал, подключается сознание, прежде всего проявляя стереотипность мышления.

Человек обладает долговременной и кратковременной (оперативной) памятью. Объем долговременной памяти составляет 10^{21} бит, а кратковременная память имеет малую емкость — 50 бит. Поскольку воспоминание, т.е. обращение в долговременную и кратковременную память, подвергается воздействию большого числа внешних факторов, то результат его носит во многом случайный характер. Хранение представлений в памяти тоже может видоизменяться вследствие стирания отдельных элементов информации или возникновения новых, отсутствующих в оригинале.

Процесс сознательного поиска решения очень медленный и малопригодный в экстремальных быстроразвивающихся ситуациях. Вероятность того, что человек быстро найдет нужное решение в процессе мышления, невелика. Основной путь подготовки человека к действиям в конкретных защитных ситуациях состоит в постоянном обучении и тренировке с целью перевода действий на уровень стереотипов.

Стереотип — это устойчиво сформировавшаяся в прошлом осознанном опыте рефлекторная дуга, выводимая в пограничную зону «сознание — подсознание».

Чем чаще идут одинаковые импульсы, тем прочнее становится система их передачи от рецептора к исполнительному органу. При этом вероятность определения двигательной реакции на определенное раздражение нарастает. Однако эта вероятность никогда не сможет достичь единицы в силу существования опасности искажения сигнала в проводящей системе. Следовательно, *процесс принятия решения является многовариантным, в том числе и содержащим возможность ошибки.* Это обусловлено объективно существующими трудностями вспоминания и выстраивания многовариант-

ных процессов передачи сигналов по рефлекторной дуге. Если в прошлом человека необходимого опыта вообще не было, то решения принимаются методом проб и ошибок. Свобода выбора решений таит в себе потенциальную опасность от вмешательства человека в любой процесс.

Отсюда следует **аксиома о потенциальной опасности деятельности человека**: реакция человека на внешние раздражения может быть ошибочной и сопровождаться антропогенно-техногенными опасностями.

2.2. Повседневные естественные опасности

К повседневным абиотическим факторам относятся: *климатические* (атмосферные) факторы (температура и влажность воздуха, скорость ветра, атмосферное давление, газовый состав воздуха, осадки, прозрачность атмосферы, излучение Солнца и др.); факторы *водной среды* (температура воды, ее состав, кислотность и др.); *почвенные* факторы (состав, кислотность, температура и др.) и *топографические* факторы (высота над уровнем моря, крутизна склона и др.).

Температура воздуха и излучение Солнца — наиболее важные абиотические факторы. От температуры зависят обмен веществ и жизнь организмов, их географическое распространение. Самая низкая температура $-89,2^{\circ}\text{C}$ зафиксирована 21 июля 1983 г в Антарктиде. Самым холодным обитаемым местом в мире считается село Оймякон (Якутия, Россия). В 1933 г. здесь фиксировалось -68°C . Самая высокая температура в тени $+58^{\circ}\text{C}$ зафиксирована 13 сентября 1922 г. в Ливии.

Реальные температурные условия пребывания человека в атмосферном воздухе могут изменяться в широких пределах: от -30°C и ниже (работа на открытых площадках в зимних условиях) до $+40^{\circ}\text{C}$ и выше при пребывании в условиях жаркого климата.

Установлено, что при достижении температурного уровня в $27-28^{\circ}\text{C}$ эффективность работы человека снижается, а число ошибок возрастает. Нижняя граница допустимого температурного уровня для работы составляет $+18^{\circ}\text{C}$. Известно, что при температуре $+13^{\circ}\text{C}$ несчастные случаи на производстве происходят на 34% чаще, чем при 18°C .

Отклонения температуры атмосферного воздуха от допустимой и недостаточная освещенность поверхностей солнечным излучением сопровождаются возникновением естественных опасностей, действующих на человека. Отклонения

иных абиотических факторов также могут стать причиной возникновения естественных опасностей, но их проявления возникают, как правило, реже и менее значимы для жизнедеятельности человека.

2.3. Антропогенные и антропогенно–техногенные опасности

Антропогенные опасности — это опасности, связанные с неправильными или несанкционированными действиями людей (групп лиц).

Негативные воздействия отдельного человека на природу и себе подобных ограничены его низкими энергетическими возможностями. Однако влияние человека на окружающий мир многократно возрастает, когда человек взаимодействует с техническими системами или современными технологиями. В этом случае опасности следует называть *антропогенно-техногенными*. Яркими примерами таких опасностей являются катастрофы на ЧАЭС, Саяно-Шушенской ГЭС.

Серьезную угрозу возникновения антропогенно-техногенных опасностей представляет также внезапное или преднамеренное (из-за применения алкоголя, наркотиков или других токсикантов) нарушение трудоспособности и здоровья работающих и, прежде всего, операторов технических систем. В последние годы эти угрозы значительно возросли. В России, по данным официальной статистики на 2010 г., число наркоманов оценивается в 550 тыс. чел., состоящих на диспансерном учете. Но это только те люди, которые официально зарегистрированы и находятся под наблюдением в наркологических диспансерах. А по экспертным оценкам — более 2,5 млн россиян.

Серьезную опасность для человека представляет потребление алкоголя. По данным ВОЗ, в 2003 г. среднегодовое потребление алкоголя россиянами составило 10,3 л 100% безводного спирта на человека в год. Между тем, если этот показатель превышает 8 л, начинается угасание этноса.

Отметим, что апогеем антропогенно-техногенных опасностей являются опасности, возникающие в результате *сознательных* действий человека (терроризм, военные конфликты, сознательное нарушение правил поведения и т.п.). Происхождение таких опасностей во многом носит целевой характер и всегда связано с планируемой деятельностью от-

дельных личностей или группировок, а уровень опасностей, как правило, является крайне высоким. Эта группа опасностей в учебном пособии не анализируется из-за отличий в их происхождении и из-за смены акцентов на противоположные в системе «источник опасности — объект защиты». В обычной жизни влияние источника опасности всегда нужно уменьшать, а в рассматриваемом случае — всегда усиливать (оружие, бомбы и т.п.); объекты защиты в обычной жизни всегда оберегают, а в рассматриваемом случае — уничтожают.

2.4. Повседневные техногенные опасности

Техногенные опасности — самый распространенный вид опасностей в современном мире. При анализе их целесообразно классифицировать:

1) *по времени действия* на постоянно (периодически) и спонтанно (чрезвычайно) действующие;

2) *по размерам сферы влияния* на местные или локальные (человек, группа людей), региональные и глобальные.

Локально действующие опасности. Постоянные локально действующие опасности, как правило, возникают от избыточных материальных или энергетических потоков (выбросы веществ, шумы, вибрации, ЭМП и т.п. на рабочих местах, в зоне эксплуатации средств транспорта и связи, других объектов экономики). Их влияние характеризуется длительным, а иногда и сочетанным действием указанных выше факторов. Рассмотрим их подробнее.

Вредные вещества. К вредным относятся вещества и соединения (далее — вещества), которые могут вызывать заболевания как в процессе контакта с организмом человека, так и в отдаленные сроки жизни настоящих и последующих поколений. Опасность вещества — это возможность возникновения неблагоприятных для здоровья эффектов в реальных условиях производства или иного применения химических соединений.

Химические вредные вещества (органические, неорганические, элементоорганические) в зависимости от их практического использования подразделяются на:

- промышленные яды, используемые в производстве, например органические растворители (дихлорэтан), топливо (пропан, бутан), красители (анилин);
- ядохимикаты, используемые в сельском хозяйстве, например пестициды;

- бытовые химикаты, используемые в виде средств санитарии, личной гигиены;
- биологические растительные и животные яды, которые содержатся в растениях и грибах, у животных и насекомых (змей, пчел, скорпионов);
- отравляющие вещества (ОВ), например зарин, иприт, фосген.

Ядовитые свойства могут проявить практически все вещества, но в больших дозах. К ядам принято относить лишь те, которые свое вредное действие проявляют в обычных условиях и в относительно небольших количествах.

Вредные вещества разделяют на четыре основные категории по действию на организм человека — токсины, тератогены, канцерогены, мутагены. Токсины отрицательно действуют на физиологические системы организма, не затрагивая генетический аппарат. Тератогены нарушают работу генетического аппарата, вызывая пороки развития (например, наркотики, алкоголь, медикаменты и др.). Канцерогены затрагивают генетическую программу, вызывая образование злокачественных опухолей. Мутагены вызывают наследственные повреждения — мутации. Таким образом, действие токсинов может проявиться немедленно, тератогенов и канцерогенов — с некоторой задержкой, а последствия воздействия мутагенов могут сказаться спустя много поколений.

Токсическое действие вредных веществ характеризуется показателями токсикометрии, в соответствии с которыми вещества подразделяют на чрезвычайно токсичные, высокотоксичные, умеренно токсичные и малотоксичные. Эффект токсического действия различных веществ зависит от количества попавшего в организм вещества, его физических свойств, длительности поступления, химизма взаимодействия с биологическими средами (например, кровью). Кроме того, эффект зависит от пола, возраста, индивидуальной чувствительности, путей поступления и выведения, распределения в организме, а также от метеорологических условий и других сопутствующих факторов окружающей среды. Общая токсикологическая классификация вредных веществ приведена в табл. 2.4.

Токсический эффект при действии различных доз и концентраций ядов может проявиться функциональными и структурными изменениями или гибелью организма.

Летальные дозы (*DL*) при введении в желудок или в организм другими путями и смертельные концентрации (*CL*)

Таблица 2.4

Токсикологическая классификация вредных веществ

| Общее токсикологическое действие | Токсичные вещества |
|---|---|
| Нервно-паралитическое действие (бронхоспазм, удушье, судороги и параличи) | Фосфорорганические инсектициды (хлорофос, карбофос, никотин и др.) |
| Кожно-резорбтивное действие (местные воспалительные и некротические изменения с общетоксическими резорбтивными явлениями) | Дихлорэтан, гексахлоран, уксусная эссенция, мышьяк и его соединения, ртуть и сулема |
| Общетоксическое действие (гипоксические судороги, кома, отек мозга, параличи) | Синильная кислота и ее производные, угарный газ, алкоголь и его суррогаты |
| Удушающее действие (токсический отек легких) | Оксиды азота и др. |
| Слезоточивое и раздражающее действие (раздражение наружных слизистых оболочек) | Пары крепких кислот и щелочей, хлорпикрин |
| Психотическое действие (нарушение психической активности, сознания) | Наркотики |

могут вызывать единичные случаи гибели (минимальные смертельные) или гибель всех организмов. В качестве показателей токсичности пользуются среднесмертельными дозами и концентрациями: DL_{50} , CL_{50} — это показатели абсолютной токсичности. Среднесмертельная концентрация вещества в воздухе CL_{50} — это концентрация вещества, вызывающая гибель 50% подопытных животных при 2–4-часовом ингаляционном воздействии (mg/m^3); среднесмертельная доза при введении в желудок (mg/kg) обозначается как DL_{50}^j , среднесмертельная доза при нанесении на кожу (mg/kg) — DL_{50}^k .

Отравления (интоксикации) протекают в острой, подострой и хронической формах. *Острой* называется интоксикация, развивающаяся в результате однократного или повторного действия веществ в течение ограниченного периода времени (как правило, до нескольких суток). *Подострой* называется интоксикация, развивающаяся в результате непрерывного или прерываемого во времени (интермиттирующего) действия токсиканта продолжительностью до 90 суток. *Хронической* называется интоксикация, развиваю-

щаяся в результате продолжительного (иногда годы) действия токсиканта.

Острые отравления чаще бывают групповыми и происходят в результате аварий, поломок оборудования и грубых нарушений требований безопасности труда; они характеризуются кратковременностью действия токсичных веществ, не более чем в течение одной смены; поступлением в организм вредного вещества в относительно больших количествах — при высоких концентрациях в воздухе; ошибочном приеме внутрь; сильном загрязнении кожных покровов. Например, чрезвычайно быстрое отравление может наступить при воздействии паров сероводорода высоких концентраций и закончиться гибелью от паралича дыхательного центра. Оксиды азота вследствие общетоксического действия могут вызвать развитие комы, судороги, резкое падение артериального давления.

Хронические отравления возникают постепенно, при длительном поступлении яда в организм в относительно небольших количествах. Также отравления развиваются вследствие накопления массы вредного вещества в организме. Хронические отравления органов дыхания могут быть следствием перенесенной однократной или нескольких повторных острых интоксикаций. К ядам, вызывающим хронические отравления, относятся хлорированные углеводороды, бензол, бензины и др.

Опасность воздействия вредного вещества наступает при превышении его предельно допустимой концентрации (дозы) ($C > \text{ПДК}$).

ПДК — это максимальная концентрация вредного вещества, которая за определенное время воздействия не влияет на здоровье человека и его потомство, а также на компоненты экосистемы и природное сообщество в целом.

Порог вредного действия (однократного острого Lim_{ac} или хронического Lim_{ch}) — это минимальная (пороговая) концентрация (доза) вещества, при действии которой в организме возникают изменения биологических показателей на организменном уровне, выходящие за пределы приспособительных реакций, или скрытая (временно компенсированная) патология.

На рис. 2.5 показана зависимость вида вредного воздействия вещества от параметров токсикометрии.

О реальной опасности острого отравления можно судить по отношению CL_{50}/Lim_{ac} : чем меньше это отношение, тем

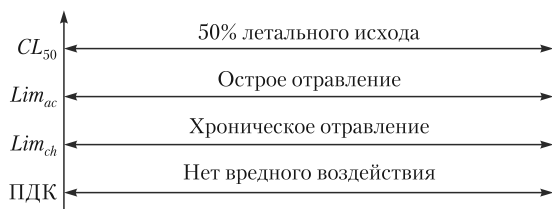


Рис. 2.5. Зависимость вида вредного воздействия вещества от его концентрации (дозы)

выше опасность острого отравления. Показателем реальной опасности развития хронической интоксикации является отношение пороговой концентрации (дозы) при однократном воздействии Lim_{ac} к пороговой концентрации (дозе) при хроническом воздействии Lim_{ch} . Чем больше отношение Lim_{ac}/Lim_{ch} , тем выше опасность.

Классификация производственных вредных веществ по степени опасности приведена в табл. 2.5.

Большинство случаев заболеваний и отравлений связано с поступлением токсических газов, паров и аэрозолей в организм человека главным образом через органы дыхания. Этот путь наиболее опасен, поскольку вредные вещества поступают через разветвленную систему легочных альвеол непосредственно в кровь и разносятся по всему организму. Развитие общетоксического действия аэрозолей в значи-

Таблица 2.5

Классификация производственных вредных веществ по степени опасности

| Показатель | Класс опасности | | | |
|---|-----------------|----------|-------------|--------------|
| | первый | второй | третий | четвертый |
| ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м ³ | Менее 0,1 | 0,1–1,0 | 1,1–10 | Более 10 |
| Средняя смертельная доза при введении в желудок $DL_{50}^ж$, мг/кг | Менее 15 | 15–150 | 151–5000 | Более 5000 |
| Смертельная доза при нанесении на кожу $DL_{50}^к$, мг/кг | Менее 100 | 100–500 | 501–2500 | Более 2500 |
| Средняя смертельная концентрация CL_{50} в воздухе, мг/м ³ | Менее 500 | 500–5000 | 5001–50 000 | Более 50 000 |

тельной степени связано с размером частиц пыли, так как пыль с частицами размером до 5 мкм (так называемая респираторная фракция) проникает в глубокие дыхательные пути, в альвеолы, частично или полностью растворяется в лимфе и, поступая в кровь, вызывает интоксикацию. Мелкодисперсную пыль трудно улавливать; она медленно оседает, витая в воздухе рабочей зоны.

Попадание ядов в желудочно-кишечный тракт возможно при несоблюдении правил личной гигиены: приеме пищи и курении без предварительного мытья рук. Ядовитые вещества могут всасываться уже из полости рта, поступая сразу в кровь. К таким веществам относятся все жирорастворимые соединения, фенолы, цианиды. Кислая среда желудка или слабощелочная среда кишечника могут способствовать усилению токсичности некоторых соединений (например, сульфат свинца переходит в более растворимый хлорид свинца, который легко всасывается). Попадание яда (ртути, меди, цезия, урана) в желудок может быть причиной поражения его слизистой.

Вредные вещества могут попадать в организм человека через поврежденные кожные покровы, причем не только из жидкой среды при контакте с руками, но и в случае высоких концентраций токсических паров и газов в воздухе.

Для гигиенической оценки изолированного действия вредного вещества на человека обычно используется соотношение $C \leq \text{ПДК}$.

На производстве и в окружающей среде редко встречается изолированное действие вредных веществ; обычно работающий на производстве подвергается *комбинированному влиянию факторов* одной природы, чаще всего это ряд химических веществ. **Комбинированное действие** — это одновременное или последовательное действие на организм нескольких ядов при одном и том же пути поступления.

Различают несколько типов комбинированного действия ядов: аддитивного, потенцированного, антагонистического, независимого действия.

Аддитивное действие — это суммарный эффект смеси, равный сумме эффектов действующих компонентов. Аддитивность характерна для веществ однонаправленного действия, когда компоненты смеси оказывают влияние на одни и те же системы организма, причем при количественно одинаковой замене компонентов друг другом токсичность смеси не меняется. Для гигиенической оценки воздушной сре-

ды при условии аддитивного действия ядов используют уравнение в виде

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1,$$

где C_1, C_2, \dots, C_n — концентрации каждого вещества в воздухе, мг/м³; $\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \dots, \text{ПДК}_n$ — предельно допустимые концентрации этих веществ, мг/м³.

Примером аддитивности является наркотическое действие смеси углеводородов (бензола и изопропилбензола).

При **потенцированном действии** (синергизме) компоненты смеси действуют так, что одно вещество усиливает действие другого. Эффект комбинированного действия при синергизме выше аддитивного, и это учитывается при анализе гигиенической ситуации в конкретных производственных условиях. Потенцирование отмечается при совместном действии диоксида серы и хлора; алкоголь повышает опасность отравления анилином, ртутью и некоторыми другими промышленными ядами. Явление потенцирования обычно проявляется в случае острого отравления.

Антагонистическое действие наблюдается, когда эффект комбинированного действия вещества менее ожидаемого. Компоненты смеси действуют так, что одно вещество ослабляет действие другого, эффект — менее аддитивного. Примером может служить обезвреживающее взаимодействие между эзерином и атропином.

При потенцировании и антагонизме оценку суммарного эффекта можно проводить с учетом коэффициента комбинированного действия $K_{\text{кд}}$ по формуле

$$\frac{C_1 K_{\text{кд}1}}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2 K_{\text{кд}2}}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n K_{\text{кд}n}}{\text{ПДК}_n} \leq 1,$$

где $K_{\text{кд}} > 1$ при потенцировании; $K_{\text{кд}} < 1$ — при антагонизме; 1, 2, ..., n — номер вещества.

Наряду с комбинированным влиянием ядов возможно их **комплексное действие**, когда яды поступают в организм одновременно по разным путям (через органы дыхания и желудочно-кишечный тракт, органы дыхания и кожу и т.д.).

На производстве возможно также **сочетанное действие** вредных факторов разной природы (физических, химических), например вредных веществ и избыточной теплоты или повышенной влажности.

Зоны воздействия вредных веществ различны. В производственных и бытовых условиях они, как правило, ограничены размерами помещения (цех, участок) или контурами рабочего места. В условиях поступления вредных веществ на производственные площадки, территории селитебных, городских и природных зон их влияние определяется параметрами процесса рассеивания веществ в атмосферном воздухе с учетом реальной территориальной обстановки, изменения мощности выбросов веществ по времени и т.п. Расчет рассеивания вредных веществ в атмосферном воздухе рассмотрен в ОНД—86.

Вибрации — малые механические колебания, возникающие в упругих тела. В зависимости от способа передачи колебаний человеку вибрацию подразделяют на общую, передающуюся через опорные поверхности на тело сидящего или стоящего человека, и локальную, передающуюся через руки человека. Вибрация, воздействующая на ноги сидящего человека, на предплечья, контактирующие с вибрирующими поверхностями рабочих столов, также относится к локальной.

Общую вибрацию рассматривают в частотном диапазоне со среднегеометрическими частотами 1—63 Гц, а локальную в диапазоне 8—1000 Гц. По направлению действия общую вибрацию подразделяют на вертикальную (направленную перпендикулярно опорной поверхности) и горизонтальную (действующую в плоскости, параллельной опорной поверхности).

Вибрация оказывает на организм человека разноплановое действие в зависимости от спектра, направления, места приложения и продолжительности воздействия, а также от индивидуальных особенностей человека. Например, вибрация с частотами ниже 1 Гц вызывает укачивание (морскую болезнь), а слабая гармоническая вибрация с частотой 1—2 Гц вызывает сонливое состояние. Частоты вибрации и соответствующие вредные действия на человека представлены в табл. 2.6.

На рис. 2.6 приведена модель тела человека, состоящая из масс, пружин и демпферов. В такой модели отдельные части тела характеризуются собственными частотами колебаний. При совпадении частоты возбуждения системы с ее собственной частотой возникает явление резонанса, при котором амплитуда колебаний резко возрастает. Так, резонанс органов брюшной полости наблюдается при частотах 4—8 Гц, голова оказывается в резонансе на частоте 25 Гц, а глазные яблоки — на частоте 50 Гц.

Таблица 2.6

**Симптомы и частотные диапазоны вредного воздействия
вибрации на человека**

| Симптомы действия вибрации | Частота, Гц | | | | | |
|--|-------------|---|--------|--------|--------|--------|
| | 10^{-1} | 1 | 10^1 | 10^2 | 10^3 | 10^4 |
| Укачивание | ■ | | | | | |
| Резонансные колебания тела | | ■ | ■ | | | |
| Затрудненное дыхание | | | ■ | | | |
| Влияние на зрение | | ■ | ■ | | | |
| Влияние на сердечно-сосудистую систему | | | ■ | ■ | | |
| Ухудшение координации рук и опоры на ступни | | ■ | | | | |
| Ухудшение качества работы человека — оператора | | ■ | ■ | | | |
| Нагревание тканей, разрушение клеток | | | | | ■ | ■ |

Входящие в резонанс органы нередко вызывают болезненные ощущения, связанные, в частности, с растягиванием соединительных образований, поддерживающих вибрирующий орган.

Воздействие вибрации на человека имеет негативные последствия, что послужило основанием для выделения **вибрационной болезни** в качестве самостоятельного заболевания. Симптомы вибрационной болезни многогранны и проявляются в нарушении работы сердечно-сосудистой и нервной систем, поражении мышечных тканей и суставов, нарушении функций опорно-двигательного аппарата.

Колебания сидящего человека на частотах 8—10 Гц являются причиной широкого распространения заболеваний позвоночника. Так у автоводителей-профессионалов, трактористов, пилотов самолетов грыжи межпозвоночных дисков встречаются в несколько раз чаще, чем у лиц сидячих профессий, не подвергающихся вибрации.

При работе с ручными машинами на тело человека через руки передается локальная вибрация. Локальная вибрация может вызывать в организме человека эффекты общего характера типа головной боли, тошноты и т.д., но кроме этого она воздействует на процесс кровообращения и на нервные окончания в пальцах рук. Это вызывает побеление пальцев,

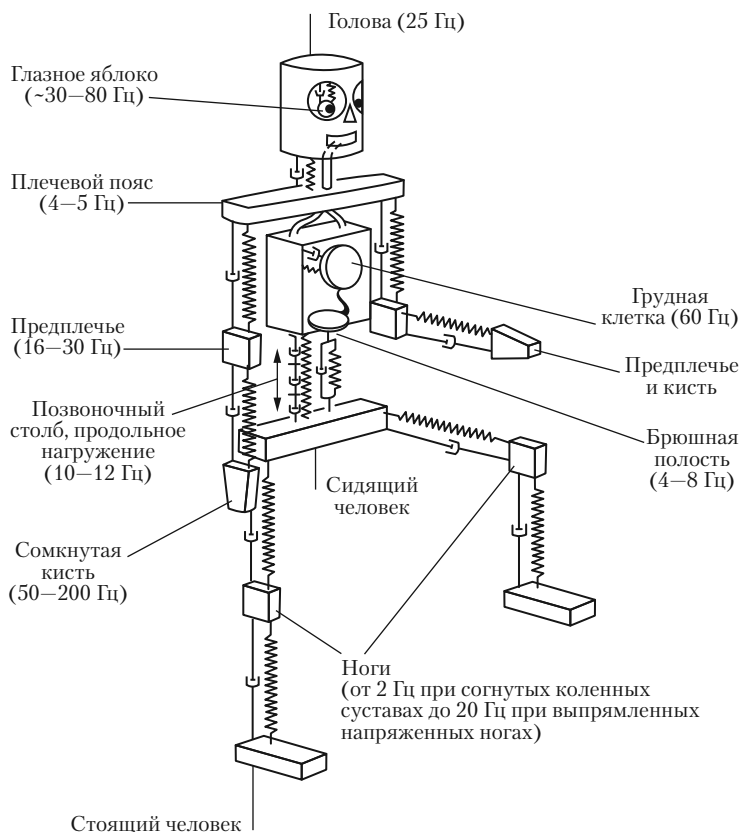


Рис. 2.6. Модель тела человека и резонансы отдельных его частей

потерю их чувствительности, онемение, ощущение покалывания. Эти явления усиливаются на холоде, но на первых порах относительно быстро проходят. При длительном воздействии вибрации патология может стать необратимой и приводить к необходимости смены профессии. В особо запущенных случаях может иметь место даже гангрена.

Сроки появления симптомов вибрационной болезни зависят от уровня и времени воздействия вибрации в течение рабочего дня. Так у формовщиков, бурильщиков, рихтовщиков заболевание начинается через 8–12 лет работы.

Воздействие ручных машин на человека зависит от многих факторов: типа машины (ударные машины более опасны, чем машины вращательного типа), твердости обрабатываем-

мого материала, направления вибрации, силы охвата инструмента. Вредное воздействие вибрации усугубляется при мышечной нагрузке, неблагоприятных условиях микроклимата (пониженная температура и повышенная влажность).

Долю заболевших вибрационной болезнью (%) в зависимости от профессии и стажа работы характеризуют данные Ю. М. Васильева:

| Стаж работы, лет | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 |
|------------------|-----|-----|----|----|----|
| Слесарь | 0 | 0 | 4 | 21 | 54 |
| Формовщик | 0,5 | 2,3 | 14 | 40 | 72 |
| Обрубщик | 0 | 11 | 49 | 86 | 89 |

На практике обычно имеют дело со смешанной вибрацией, содержащей как периодические, так и случайные компоненты.

Простейшим видом колебательных процессов являются гармонические колебания. При этом колеблющаяся величина w , представляющая собой параметр колебаний, изменяется во времени t по гармоническому закону

$$W(t) = A_w \cos(\omega t + \varphi),$$

где A_w , φ — амплитуда и фаза колебаний; ω — круговая частота ($\omega = 2\pi f$; $f = 1/T$ — циклическая частота; T — период колебаний). Циклическую частоту f измеряют в герцах (Гц), а угловую частоту ω — в рад/с.

В качестве параметров, оценивающих вибрацию, может служить виброперемещение u (м) или ее производные: виброскорость v (м/с) и виброускорение a (м/с²). Если виброскорость изменяется по гармоническому закону с амплитудой A , то этому закону будут подчиняться и два других параметра. При этом амплитуды виброускорения A_a и виброперемещения A_u связаны с амплитудой A_v соотношениями

$$A_a = \omega A_v; \quad A_u = A_v / \omega.$$

При анализе вибрации обычно рассматривают не амплитудные, а средние квадратические значения, определяемые осреднением по времени колеблющейся величины $w(t)$ на отрезке T :

$$w = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_0^T w^2(t) dt}.$$

Так как значения параметров вибрации могут изменяться в широких пределах, то на практике часто используются

логарифмические уровни вибрации. Логарифмическая единица называется бел (Б), а ее десятая часть децибел (дБ). При этом логарифмический уровень вибрации (в дБ), определяется по формуле

$$L_w = 10 \lg(\overline{w^2}/w_0^2) = 20 \lg(w/w_0),$$

где w — среднее квадратичное значение рассматриваемого параметра вибрации; w_0 — пороговое значение соответствующего параметра.

Для виброскорости пороговое значение равно $5 \cdot 10^{-8}$ м/с.

При анализе вибрации с широким спектром целесообразно разбить ось частот на отрезки (полосы частот) и вычислять уровни вибраций для каждой такой полосы. С этой целью используются специальные фильтры, полоса пропускания которых определяется граничными частотами f_n и f_v . Как правило, это октавные фильтры, для которых отношение $f_v/f_n = 2$, или третьоктавные фильтры с полосой в три раза более узкой.

Для октавных полос получены следующие значения средних геометрических частот: $f_{ст} = 1, 2, 4, 8, 16, 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000$ Гц. Верхние и нижние частоты октавных полос определяются следующими соотношениями: $f_n = f_{ст}/\sqrt{2}$ и $f_v = \sqrt{2} f_{ст}$.

Акустический шум — беспорядочные звуковые колебания в атмосфере. Понятие акустического шума связано со звуковыми волнами (звуками), под которыми понимают распространяющиеся в окружающей среде и воспринимаемые ухом человека упругие колебания в частотном диапазоне от 20 Гц до 20 кГц.

Шум оказывает влияние на весь организм человека. Шум с уровнем звукового давления до 30—35 дБ привычен для человека и не беспокоит его. Повышение этого уровня до 40—70 дБ в условиях среды обитания создает значительную нагрузку на нервную систему, вызывая ухудшение самочувствия, а при длительном действии может быть причиной неврозов. Воздействие шума уровнем свыше 75 дБ может привести к потере слуха — профессиональной тугоухости. При действии шума высоких уровней (более 140 дБ) возможен разрыв барабанных перепонок, контузия, а при еще более высоких (более 160 дБ) и смерть.

Шумовое воздействие, сопровождающееся повреждением слухового анализатора, проявляется медленно прогрессирующим снижением слуха. У некоторых лиц серьезное

шумовое повреждение слуха может наступить уже в первые месяцы воздействия, у других — потеря слуха развивается постепенно. Снижение слуха на 10 дБ практически неощутимо, на 20 дБ — начинает серьезно мешать человеку, так как нарушается способность слышать важные звуковые сигналы, наступает ослабление разборчивости речи.

Результаты воздействия повышенного производственного шума приведены в табл. 2.7.

Результаты оценки потери слуха (ΔL) у ткачих приведены на рис. 2.7.

Промышленный шум является не единственной причиной потери слуха. Помимо этого необратимые потери слуха наступают и с увеличением возраста (рис. 2.8). Обычно это явление начинается в возрасте приблизительно 30 лет у мужчин и 35 лет у женщин с потери чувствительности слуха к высоким частотам. С годами оно распространяется на более низкие частоты, достигая речевого диапазона 500—3000 Гц.

Звуковые волны возникают при нарушении стационарного состояния среды вследствие наличия в ней какогото-

Таблица 2.7

Влияние шума на работающих

| Эквивалентный уровень звука, дБА | 80 | 90 | 90 | 90 | 100 | 100 | 100 | 110 | 110 | 110 |
|----------------------------------|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Стаж работы, лет | 25 | 5 | 15 | 25 | 5 | 15 | 25 | 5 | 15 | 25 |
| Доля заболевших тугоухостью, % | 0 | 4 | 14 | 17 | 12 | 37 | 43 | 26 | 71 | 78 |

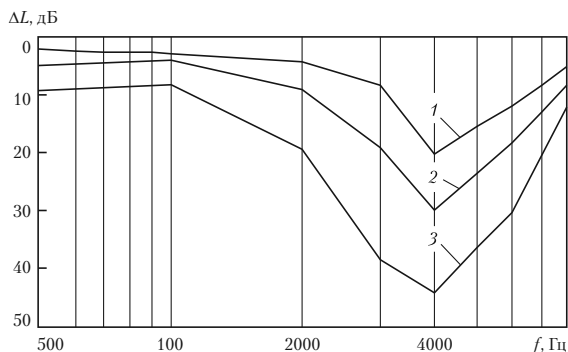


Рис. 2.7. Потеря слуха у ткачих при стаже работы:

1 — 4 года; 2 — 8 лет; 3 — 16 лет

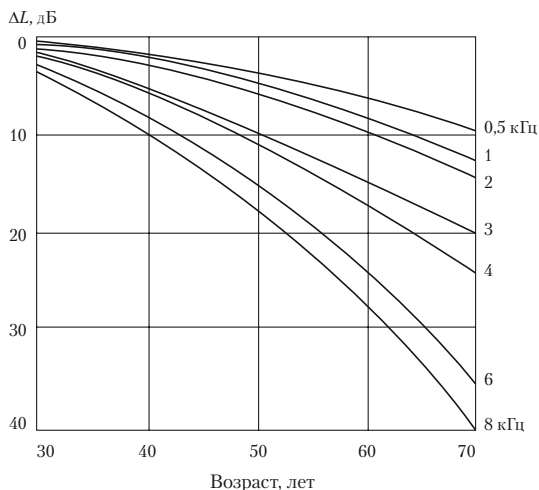


Рис. 2.8. Потеря слуха на разных частотах в зависимости от возраста

бо возмущающего воздействия. Скорость, с которой распространяется звуковая волна, называется скоростью звука. Скорость звука c , м/с, зависит только от характеристик среды распространения и может изменяться в очень широких пределах $c = \sqrt{K/\rho}$. В воздухе при температуре 20°C скорость звука составляет 340 м/с, где ρ — плотность среды кг/м^3 , K — модуль объемной упругости среды, Па.

Любое колебательное движение характеризуется частотой f и периодом колебаний T . Период колебаний $T = 1/f$ соответствует временному интервалу, через который в каждой точке пространства временное развитие колебаний будет повторяться. Этому временному интервалу будет соответствовать пространственный интервал повторения волновой картины, так называемая длина волны λ , м, определяемая соотношением $\lambda = c/f$. В частотном диапазоне звуковых колебаний длины волн изменяются от нескольких десятков метров до нескольких сантиметров.

Область пространства, в которой распространяются звуковые волны, называется звуковым полем. В каждой точке звукового поля давление и скорость движения частиц воздуха изменяются во времени. Разность между мгновенным значением полного давления и средним давлением, которое наблюдается в невозмущенной среде, называется звуковым давлением p , измеряемым в Па. Так как звуковое давление

есть функция времени, то для его оценки используется осредненная величина, а именно средний квадрат звукового давления, получаемый осреднением мгновенных значений p^2 на некотором интервале времени T_0 . Такое осреднение осуществляется и в нашем слуховом аппарате (время осреднения составляет порядка нескольких миллисекунд).

При распространении звуковой волны происходит перенос энергии, который характеризуется интенсивностью звука I , Вт/м². Интенсивность связана со звуковым давлением следующим соотношением:

$$I = p^2 / (\rho c).$$

Величины звукового давления и интенсивности звука, с которыми приходится иметь дело в практике борьбы с шумом, могут меняться в широких пределах: по давлению до 10^8 раз, по интенсивности до 10^{16} раз. Оперировать такими цифрами неудобно. Выяснено, что ощущения человека, возникающие при различного рода раздражениях, в частности при шуме, пропорциональны логарифму количества энергии раздражителя. Поэтому были введены логарифмические величины — уровни звукового давления и интенсивности.

Уровень интенсивности звука (дБ) определяют по формуле

$$L_I = 10 \lg I / I_0,$$

где I_0 — пороговая интенсивность звука, соответствующая порогу слышимости на частоте 1000 Гц ($I_0 = 10^{-12}$ Вт/м²).

Уровень звукового давления (дБ) определяют по формуле

$$L_p = 10 \lg p^2 / p_0^2 = 20 \lg p / p_0,$$

где p_0 — пороговое звуковое давление, $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па на частоте 1000 Гц.

Пороговые значения звукового давления и интенсивность звука связаны соотношением

$$I_0 = p_0^2 / \rho_0 c_0,$$

где ρ_0 , c_0 — плотность воздуха и скорость звука при нормальных атмосферных условиях.

Величину уровня интенсивности применяют при получении формул акустических расчетов, а уровня звукового давления — для измерения шума и оценки его воздействия на человека, поскольку орган слуха чувствителен не к интенсивности, а к среднеквадратическому давлению. Связь

между уровнем интенсивности и уровнем звукового давления определяется выражением

$$L_p = L_I - 10 \lg \rho_0 c_0 / \rho c.$$

При нормальных атмосферных условиях $L_p = L_I$.

В том случае, когда в расчетную точку попадает шум от нескольких источников, суммарный уровень шума определяется по формуле

$$L = 10 \lg \sum 10^{0,1L_i},$$

где L_i — уровни звукового давления или уровни интенсивности, создаваемые каждым источником.

Если имеется n одинаковых источников шума с уровнем звукового давления L , создаваемым каждым источником, то суммарный уровень шума (дБ) составляет

$$L_\Sigma = L + 10 \lg n.$$

Из этой формулы видно, что два одинаковых источника совместно создадут уровень на 3 дБ больший, чем каждый источник в отдельности.

Шумы принято классифицировать по их спектральным и временным характеристикам. В зависимости от характера спектра шумы бывают тональными, в спектре которых имеются слышимые дискретные тона, и широкополосными — с непрерывным спектром шириной более одной октавы.

По временным характеристикам шумы подразделяют на постоянные, уровень звука которых за 8-часовой рабочий день изменяется во времени не более чем на 5 дБА, и непостоянные, для которых это изменение более 5 дБА. В свою очередь, непостоянные шумы делят на колеблющиеся во времени, прерывистые и импульсивные.

В табл. 2.8 приведены показатели звукового давления и уровни, создаваемые характерными источниками шума.

При воздействии ударной волны на человека и животных считается безопасным избыточное давление во фронте ударной волны 10 кПа и менее. Легкие поражения (звон в ушах, головокружение, головная боль) наступают при избыточном давлении 20—40 кПа. Поражения средней тяжести (контузии головного мозга, повреждения органов слуха, кровотечения из носа и ушей) возникают при избыточном давлении 40—60 кПа.

Любой источник шума характеризуется, прежде всего, звуковой мощностью. Звуковая мощность источника P — это общее количество звуковой энергии, излучаемой источ-

Таблица 2.8

Показатели звукового поля некоторых источников шума

| Звуковое давление, Па | Уровень звука, дБА | Источники шума и расстояние до него |
|-----------------------|--------------------|-------------------------------------|
| 2000 | 160 | Старт баллистической ракеты, 100 м |
| 200 | 140 | Взлет реактивного самолета, 15 м |
| 20 | 120 | В штамповочном цехе |
| 2 | 100 | Отбойный молоток, 1 м |
| 0,2 | 80 | Автомобиль, 7 м |
| 0,02 | 60 | Обычная речь, 1 м |
| 0,002 | 40 | В читальном зале |
| 0,0002 | 20 | Шепот, 1 м |

ником шума в окружающее пространство за единицу времени. Если окружить источник шума замкнутой поверхностью площадью S , то звуковая мощность P источника (Вт) составит

$$P = \oint I_n dS,$$

где I_n — нормальная к поверхности составляющая интенсивности.

Если считать источник шума точечным, то величину средней интенсивности звука на поверхности этой сферы ($\text{Вт}/\text{м}^2$) можно определять по формуле

$$I_{\text{ср}} = P/4\pi r^2.$$

Это выражение предполагает излучение шума по всем направлениям одинаковым, что справедливо для точечного источника, размеры которого малы по сравнению с излучаемыми им волнами. Однако источники шума часто излучают звуковую энергию неравномерно по всем направлениям, т.е. обладают определенной направленностью излучения. Эта неравномерность излучения характеризуется коэффициентом Φ — фактором направленности, показывающим отношение интенсивности звука, создаваемой направленным источником в данной точке I , к интенсивности $I_{\text{ср}}$, которую развил бы в этой же точке источник, имеющий ту же звуковую мощность и излучающий звук в сферу одинаково. Фактор направленности рассчитывают по формуле

$$\Phi = I/I_{\text{ср}} = p^2/p_{\text{ср}}^2.$$

Шумовыми характеристиками, которые указываются в прилагаемой к машине технической документации, являются:

1) уровни звуковой мощности шума L_p в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц;

2) характеристики направленности излучения шума машиной.

Уровни звуковой мощности L_p (дБ) устанавливаются по аналогии с уровнем интенсивности звука:

$$L_p = 10 \lg P/P_0,$$

где P — звуковая мощность, Вт; P_0 — пороговая звуковая мощность, $P_0 = 10^{-12}$ Вт.

Проведение акустических расчетов необходимо для оценки ожидаемых уровней шума на рабочих местах или, например, в районе жилой застройки. Это позволяет еще на стадии проектирования разработать такие мероприятия, чтобы этот шум не превышал допустимые уровни. Задачи акустического расчета — это:

- определение шума в расчетной точке по заданным характеристикам источника шума;
- расчет необходимого снижения шума.

В зависимости от того, где находится расчетная точка — в открытом пространстве или в помещении, — применяют различные расчетные формулы.

При действии источника шума со звуковой мощностью P (рис. 2.9) интенсивность шума I в расчетной точке открытого пространства определяется выражением

$$I = P\Phi/(kS),$$

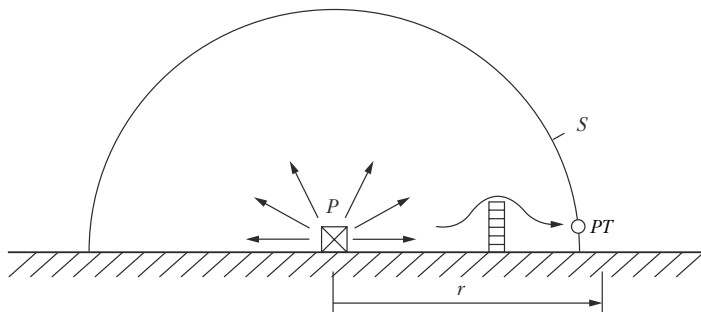


Рис. 2.9. Расчет шума для открытого пространства

где Φ — фактор направленности; S — площадь поверхности, проходящая через расчетную точку, на которую распределяется излучаемая звуковая энергия.

В частности, для полусферы это соответствует площади поверхности $S = 2\pi r^2$ (здесь r — расстояние между источником звука и точкой наблюдения); k — коэффициент, показывающий, во сколько раз ослабевает шум на пути распространения при наличии препятствий и затухания в воздухе, $k \geq 1$. Если в атмосферном воздухе расстояние от источника до расчетной точки не более 50 м, то можно считать, что $k = 1$.

В логарифмической форме выражение для определения интенсивности шума $L_{\text{он}}$ в расчетной точке открытого пространства можно записать в виде

$$L_{\text{он}} = L_p + 10 \lg \Phi - 10 \lg S/S_0,$$

где $S_0 = 1 \text{ м}^2$.

В домах к шуму, проникающему снаружи, добавляется еще и структурный шум, распространяющийся по стенам и конструкциям. Он появляется при работе лифта, насосов, при проведении ремонтов и т.п.

При работе источника шума в помещении звуковые волны многократно отражаются от стен, потолка и различных предметов. Отражения могут увеличить шум в помещениях на 10–15 дБ по сравнению с шумом того же источника на открытом воздухе.

Интенсивность звука I в расчетной точке помещения (рис. 2.10) складывается из интенсивности прямого звука $I_{\text{пр}}$,

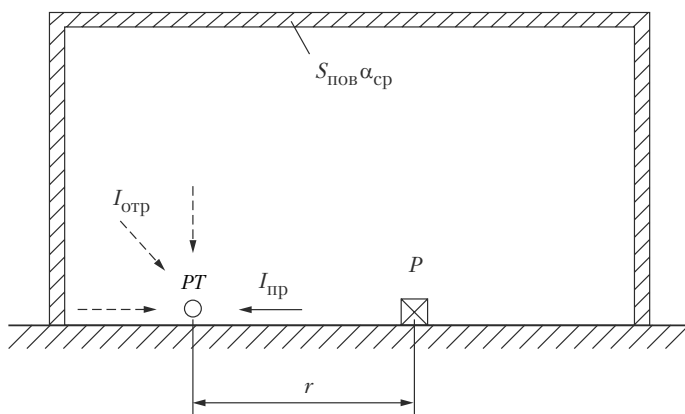


Рис. 2.10. Расчет уровня шума в помещении

идущего непосредственно от источника, и интенсивности отраженного звука $I_{отр}$:

$$I = I_{пр} + I_{отр} = (P\Phi/S) + (4P/B),$$

где B — постоянная перемещения, $B = A(1 - \alpha_{ср})$; A — эквивалентная площадь поглощения, $A = \alpha_{ср}S_n$; $\alpha_{ср}$ — средний коэффициент звукопоглощения внутренних поверхностей помещения площадью S_n . Коэффициент звукопоглощения $\alpha = I_{погл}/I_{пад}$, где $I_{погл}$ и $I_{пад}$ — соответственно интенсивность поглощенного и падающего звука. Величина $\alpha \leq 1$.

Вблизи источника шума его уровень определяется в основном прямым звуком, а при удалении от источника — отраженным. В производственных помещениях величина $\alpha_{ср}$ редко превышает 0,3–0,4. В этих случаях постоянная помещения B может быть без больших погрешностей принята равной эквивалентной площади звукопоглощения A , т.е. $B \approx A$.

Выражение для определения уровня звукового давления L_n в расчетной точке помещения в логарифмической форме имеет вид

$$L_n = L_p + 10 \lg(\Phi/S + 4/B).$$

Если источник шума и расчетную точку разделяют какие-либо препятствия, например перегородки, кабины и т.п., то в эту формулу нужно добавить со знаком минус величину снижения уровня звуковой мощности.

Соотношение между уровнями звукового давления в расчетной точке для помещения и открытого пространства имеет вид

$$L_n = L_{сн} + 10 \lg[1 + 4S/(B\Phi)] = L_{отп} + \Delta L_n,$$

где ΔL_n — добавка, обусловленная влиянием в расчетной точке отраженного звука. В зависимости от расположения расчетной точки и значения коэффициента $\alpha_{ср}$ эта добавка может достигать значений 15 дБ.

Инфразвук — звуковые колебания, не превышающие по частоте 20 Гц, т.е. нижнюю границу слухового восприятия человека.

Инфразвуковые колебания возникают в разнообразных условиях и могут быть обусловлены как природными явлениями, например обдуванием ветром зданий, металлических конструкций, так и работой различных машин и механизмов. Высокие уровни инфразвука возникают вблизи работающих виброплощадок, внутри салонов автомобилей, движущихся

со скоростями порядка 100 км/ч. Существует множество природных источников инфразвука: извержение вулканов, смерчи, штормы. Известно, что перед землетрясением люди и особенно животные испытывают чувство беспокойства. Штормы также оказывают на людей негативное воздействие.

Инфразвук даже небольшой мощности действует болезненно на уши, заставляет колебаться внутренние органы, поэтому человеку кажется, что внутри него все вибрирует. Именно инфразвуки, по всей видимости, являются одной из главных причин тяжелой и непреходящей усталости жителей городов и работников шумных предприятий. Воздействие инфразвука может приводить к ощущению головокружения, вялости, потери равновесия, тошноты. Было установлено, что летчики и космонавты, подвергнутые действию инфразвука, решали простые арифметические задачи медленнее, чем обычно.

Можно выделить две наиболее опасные для человека зоны воздействия инфразвука, определяемые его уровнем и временем воздействия.

Первая зона — смертельное воздействие инфразвука при уровнях, превышающих 185 дБ с экспозицией свыше 10 мин.

Вторая зона — действие инфразвука с уровнями от 185 до 145 дБ — вызывает эффекты, явно опасные до человека.

Действие инфразвука с уровнями ниже 120 дБ, как правило, не приводит к каким-либо значительным последствиям.

Ультразвук находит широкое применение в медицине, машиностроении и металлургии. По способу распространения ультразвук подразделяют на *воздушный* и *контактный*. По частотному спектру ультразвук классифицируют на: низкочастотный — колебания $1,25 \cdot 10^4$ — $1,0 \cdot 10^5$ Гц и высокочастотный — свыше $1,0 \cdot 10^5$ Гц. В медицине применяют ультразвуковые исследования с частотой до $3 \cdot 10^6$ Гц.

Низкочастотные ультразвуковые колебания хорошо распространяются в воздухе. Биологический эффект воздействия их на организм зависит от интенсивности, длительности воздействия и размеров поверхности тела, подвергаемого действию ультразвука. Длительное систематическое влияние ультразвука, распространяющегося в воздухе, вызывает функциональные нарушения нервной, сердечно-сосудистой и эндокринной систем, слухового и вестибулярного анализаторов. У работающих на ультразвуковых установках отмечают выраженную сосудистую гипотонию, снижение электрической активности сердца и мозга. Изменения ЦНС

в начальной фазе проявляются нарушением рефлекторных функций мозга (чувство страха в темноте в ограниченном пространстве, резкие приступы с учащением пульса, чрезмерной потливостью, спазмы в желудке, кишечнике, желчном пузыре). Наиболее характерны жалобы на резкое утомление, головные боли и чувство давления в голове; затруднения при концентрации внимания, торможение мыслительного процесса, бессонницу.

Контактное воздействие высокочастотного ультразвука на руки приводит к нарушению капиллярного кровообращения в кистях рук, снижению болевой чувствительности. Установлено, что ультразвуковые колебания могут вызвать изменения костной структуры с разрежением плотности костной ткани. При контактной передаче ультразвука на руки зарегистрированы профессиональные заболевания.

Неионизирующие электромагнитные поля и излучения. Электромагнитное взаимодействие характерно для заряженных частиц. Переносчиком энергии между такими частицами являются фотоны электромагнитного поля или излучения. Длина электромагнитной волны (m) в воздухе связана с ее частотой f (Гц) соотношением $\lambda f = c$, где c — скорость света.

Электромагнитные поля и излучения разделяют на *неионизирующие*, в том числе лазерное излучение, и *ионизирующие*. Неионизирующие электромагнитные поля (ЭМП) и излучения (ЭМИ) имеют спектр колебаний с частотой до 10^{21} Гц.

Неионизирующие электромагнитные поля естественного происхождения являются постоянно действующим фактором. К ним относятся: атмосферное электричество, радиоизлучения Солнца и галактик, электрические и магнитные поля Земли.

В условиях техносферы действуют также неионизирующие техногенные источники электрических и магнитных полей и излучений. Их классификация приведена в табл. 2.9.

Применение техногенных ЭМП и ЭМИ различных частот систематизировано в табл. 2.10.

Основными источниками электромагнитных полей радиочастот являются радиотехнические объекты (РТО), телевизионные и радиолокационные станции (РЛС), термические цехи и участки (в зонах, примыкающих к предприятиям). ЭМП промышленной частоты чаще всего связаны с высоковольтными линиями (ВЛ) электропередачи, источниками магнитных полей, применяемыми на промышленных предприятиях.

Таблица 2.9

Классификация неионизирующих техногенных излучений

| | | Показатель | |
|-----------------------|---|----------------------|---------------------------|
| | | диапазон частот | длина волны |
| Статическое поле | Электрическое | — | — |
| | Магнитное | — | — |
| Электромагнитное поле | Электромагнитное поле промышленной частоты | 50 Гц | — |
| | Электромагнитное излучение радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ) | От 10 кГц до 30 кГц | 30 км < λ < 10 км |
| | | От 30 кГц до 3 МГц | 100 м < λ < 10 км |
| | | От 3 МГц до 30 МГц | 10 м < λ < 100 м |
| | | От 30 МГц до 50 МГц | 6 м < λ < 10 м |
| | | От 50 МГц до 300 МГц | 1 м < λ < 6 м |
| От 300 МГц до 300 ГГц | 1 мм < λ < 1 м | | |

Зоны с повышенными уровнями ЭМП, источниками которых могут быть РТО и РЛС, имеют размеры до 100—150 м. При этом внутри зданий, расположенных в этих зонах, плотность потока энергии, как правило, превышает допустимые значения.

Значительную опасность представляют магнитные поля, возникающие в зонах, прилегающих к электрифицированным железным дорогам. Магнитные поля высокой интенсивности обнаруживаются даже в зданиях, расположенных в непосредственной близости от этих зон.

В быту источниками ЭМП и излучений являются телевизоры, дисплеи, печи СВЧ и другие устройства. Электростатические поля в условиях пониженной влажности (менее 70%) создают паласы, накидки, занавески и т.д. Микроволновые печи в промышленном исполнении не представляют опасности, однако неисправность их защитных экранов может существенно повысить утечки электромагнитного излучения. Экраны телевизоров и дисплеев как источники электромагнитного излучения в быту не опасны даже при длительном воздействии на человека, если расстояния от экрана превышают 30 см.

Наиболее неблагоприятная электромагнитная обстановка формируется при размещении антенных систем на огра-

ниченных территориях (например, аэропорты, где плотности потока энергии достигают 1500–2000 мкВт/см²).

Мобильная связь и широкая система базовых станций существенно изменили электромагнитное поле (ЭМП) в окружающей среде и усилили его воздействие на человека. В настоящее время негативное воздействие сотовых телефонов на человека активно изучается.

В 2011 г. Международное агентство по изучению рака и ВОЗ впервые признали, что мобильные телефоны могут провоцировать развитие злокачественных опухолей у человека.

Таблица 2.10

Применение электромагнитных полей и излучений

| Частота ЭМП и ЭМИ | Технологический процесс, установка, отрасль |
|-------------------|---|
| > 0 до 300 Гц | Электроприборы, в том числе бытового назначения, высоковольтные линии электропередачи, трансформаторные подстанции, радиосвязь, научные исследования, специальная связь |
| 0,3–3 кГц | Радиосвязь электропередачи, индукционный нагрев металла, физиотерапия |
| 3–30 кГц | Сверхдлинноволновая радиосвязь, индукционный нагрев металла (закалка, плавка пайка), физиотерапия, УЗ-установки |
| 30–300 кГц | Радионавигация, связь с морскими и воздушными судами, длинноволновая радиосвязь, индукционный нагрев металлов, электрокоррозионная обработка, ВДТ, УЗ-установки |
| 0,3–3 МГц | Радиосвязь и радиовещание, радионавигация, индукционный и диэлектрический нагрев материалов, медицина |
| 3–30 МГц | Радиосвязь и радиовещание, диэлектрический нагрев, медицина, нагрев плазмы |
| 30–300 МГц | Радиосвязь, телевидение, медицина (физиотерапия, онкология), диэлектрический нагрев материалов, нагрев плазмы |
| 0,3–3 ГГц | Радиолокация, радионавигация, радиотелефонная связь, телевидение, микроволновые печи, физиотерапия, нагрев и диагностика плазмы |
| 3–30 ГГц | Радиолокация и спутниковая связь, метеолокация, мобильная и радиорелейная связь, нагрев и диагностика плазмы, радиоспектроскопия |
| 30–300 ГГц | Радары, спутниковая связь, радиометеорология, медицина (физиотерапия, онкология) |

Раньше ВОЗ воздерживалась от официальных заключений по поводу мобильных телефонов, но после опубликования данных исследований, в которых участвовали 13 стран, признала их потенциальную опасность. Признаки поражения, по мнению некоторых исследователей, могут проявиться не сразу, а через 15–20 лет. Количество людей с опухолями головного мозга может существенно вырасти.

В нормативах РФ временные допустимые интенсивности воздействия ЭМП от сотовой радиосвязи следующие: облучение населения от базовых станций — 10 мкВт/см²; облучение пользователей мобильных телефонов — 100 мкВт/см².

Электростатическое поле (ЭСП) полностью характеризуется напряженностью электрического поля E (В/м). Постоянное магнитное поле (ПМП) характеризуется напряженностью магнитного поля H (А/м), при этом в воздухе $1 \text{ А/м} \sim 1,25 \text{ мкТл}$, где Тл — тесла (единица напряженности магнитного поля).

ЭМП характеризуется непрерывным распределением в пространстве, способностью распространяться со скоростью света, воздействовать на заряженные частицы и токи. ЭМП является совокупностью двух взаимосвязанных переменных полей — электрического и магнитного, которые характеризуются соответствующими векторами напряженности E (В/м) и H (А/м).

В зависимости от взаимного расположения источника электромагнитного излучения и места пребывания человека необходимо различать ближнюю зону (зону индукции), промежуточную зону и дальнюю зону (волновую зону) или зону излучения. При излучении от источников (рис. 2.11) ближняя зона простирается на расстояние $\lambda/2\pi$, т. е. приблизительно на $1/6$ длины волны. Дальняя зона начинается с расстояний, равных $\lambda \cdot 2\pi$, т. е. с расстояний, равных приблизительно шести длинам волны. Между этими двумя зонами располагается промежуточная зона.

В зоне индукции, в которой еще не сформировалась бегущая электромагнитная волна, электрическое и магнитное поля следует считать независимыми друг от друга, поэтому эту зону можно характеризовать электрической и магнитной составляющими электромагнитного поля. Соотношение между ними в этой зоне может быть самым различным. Для промежуточной зоны характерно наличие как поля индукции, так и распространяющейся электромагнитной волны. Для волновой зоны (зоны излучения) характерно нали-



Рис. 2.11. Зоны, возникающие вокруг элементарного источника ЭМИ

чие сформированного ЭМП, распространяющегося в виде бегущей электромагнитной волны. В этой зоне электрическая и магнитная составляющие изменяются синфазно и между их средними значениями за период существует постоянное соотношение

$$E = \rho_{\text{в}} H,$$

где $\rho_{\text{в}}$ — волновое сопротивление, Ом; $\rho_{\text{в}} = \sqrt{\mu/\epsilon}$, ϵ — электрическая постоянная; μ — магнитная проницаемость среды.

Колебания векторов E и H происходят во взаимно перпендикулярных плоскостях. В волновой зоне воздействие ЭМП определяется плотностью потока энергии, переносимой электромагнитной волной. При распространении электромагнитной волны в проводящей среде векторы E и H связаны соотношением

$$E = H \sqrt{\frac{\omega \mu}{\nu}} e^{-kz},$$

где ω — круговая частота электромагнитных колебаний, Гц; ν — удельная электропроводность вещества экрана; z — глубина проникновения электромагнитного поля.

При распространении ЭМП в вакууме или в воздухе, где $\rho_{\text{в}} = 377$ Ом, $E = 377H$. Электромагнитное поле несет энергию, определяемую плотностью потока энергии ($1 = EH$ (Вт/м²)), которая показывает, какое количество энергии про-

текает за 1 с сквозь площадку в 1 м^2 , расположенную перпендикулярно движению волны.

При излучении сферических волн плотность потока энергии в волновой зоне может быть выражена через мощность $P_{\text{ист}}$, подводимую к излучателю:

$$I = \frac{P_{\text{ист}}}{4\pi R^2},$$

где R — расстояние до источника излучения, м.

Воздействие электромагнитных полей на человека зависит от напряженностей электрического и магнитного полей, потока энергии, частоты колебаний, наличия сопутствующих факторов, режима облучения, размера облучаемой поверхности тела и индивидуальных особенностей организма. Установлено также, что относительная биологическая активность импульсных излучений выше непрерывных. Опасность воздействия усугубляется тем, что оно не обнаруживается органами чувств человека.

Воздействие электростатического поля (ЭСП) на человека связано с протеканием через него слабого тока (несколько микроампер). При этом электротравм никогда не наблюдается. Однако вследствие рефлекторной реакции на электрический ток (резкое отстранение от заряженного тела) возможна механическая травма при ударе о рядом расположенные элементы конструкций, падение с высоты и т.д. Исследование биологических эффектов показало, что наиболее чувствительны к электростатическому полю ЦНС, сердечно-сосудистая система, анализаторы. Люди, работающие в зоне воздействия ЭСП, жалуются на раздражительность, головную боль, нарушения сна и др.

Воздействие магнитных полей (МП) может быть постоянным (от искусственных магнитных материалов) и импульсным. Степень воздействия МП на работающих зависит от его максимальной напряженности в пространстве магнитного устройства или в зоне влияния искусственного магнита. Доза, полученная человеком, зависит от расположения по отношению к МП и режима труда. При действии переменного магнитного поля наблюдаются характерные зрительные ощущения, которые исчезают в момент прекращения воздействия. При постоянной работе в условиях хронического воздействия МП, превышающих предельно допустимые уровни, наблюдаются нарушения функций ЦНС, сердечно-сосудистой и дыхательной систем, пищева-

рительного тракта, изменения в крови. Длительное действие приводит к расстройствам, которые субъективно выражаются жалобами на головную боль в височной и затылочной области, вялость, расстройство сна, снижение памяти, повышенную раздражительность, апатию, боли в области сердца.

При постоянном воздействии ЭМП промышленной частоты наблюдаются нарушения ритма и замедление частоты сердечных сокращений. У работающих в зоне ЭМП промышленной частоты могут наблюдаться функциональные нарушения ЦНС и сердечно-сосудистой системы, а также изменения в составе крови.

При воздействии ЭМП радиочастотного диапазона атомы и молекулы, из которых состоит тело человека, поляризуются. Полярные молекулы (например, воды) ориентируются по направлению распространения электромагнитного поля; в электролитах, которыми являются жидкие составляющие тканей, крови и т.п., после воздействия внешнего поля появляются ионные токи. Переменное электрическое поле вызывает нагрев тканей человека как за счет переменной поляризации диэлектрика (сухожилия, хрящи и т.д.), так и за счет появления токов проводимости. Тепловой эффект является следствием поглощения энергии электромагнитного поля. Чем больше напряженность поля и время воздействия, тем сильнее проявляются указанные эффекты. Избыточная теплота отводится до известного предела путем увеличения нагрузки на механизм терморегуляции. Однако, начиная с величины $I = 10 \text{ мВт/см}^2$, называемой **тепловым порогом**, организм не справляется с отводом образующейся теплоты, и температура тела повышается, что приносит вред здоровью.

Наиболее интенсивно электромагнитные поля воздействуют на органы с большим содержанием воды. При одинаковых значениях напряженности поля коэффициент поглощения в тканях с высоким содержанием воды примерно в 60 раз выше, чем в тканях с ее низким содержанием. С увеличением длины волны глубина проникновения электромагнитных волн возрастает; различие диэлектрических свойств тканей приводит к неравномерности их нагрева, возникновению макро- и микротепловых эффектов со значительным перепадом температур.

Перегрев особенно вреден для тканей со слаборазвитой сосудистой системой или с недостаточным кровообращением.

ем (глаза, мозг, почки, желудок, желчный и мочевой пузырь). Облучение глаз может привести к помутнению хрусталика (катаракте), которое обнаруживается не сразу, а через несколько дней или недель после облучения. Развитие катаракты является одним из немногих специфических поражений, вызываемых электромагнитными излучениями радиочастот в диапазоне 300 МГц — 300 ГГц при плотности потока энергии свыше 10 мВт/см². Помимо катаракты при воздействии ЭМП возможны ожоги роговицы.

Для длительного действия ЭМП различных диапазонов длин волн при умеренной интенсивности (выше ПДУ) характерным считают развитие функциональных расстройств в ЦНС с нерезко выраженными сдвигами эндокринно-обменных процессов и состава крови. В связи с этим могут появиться головные боли, повышение или понижение давления, снижение частоты пульса, изменение проводимости в сердечной мышце, нервно-психические расстройства, быстрое развитие утомления. Возможны трофические нарушения: выпадение волос, ломкость ногтей, снижение массы тела. Наблюдаются изменения возбудимости обонятельного, зрительного и вестибулярного анализаторов. На ранней стадии изменения носят обратимый характер, при продолжающемся воздействии ЭМП происходит стойкое снижение работоспособности. В пределах радиоволнового диапазона доказана наибольшая биологическая активность микроволнового (СВЧ) поля.

Острые нарушения при воздействии ЭМИ (аварийные ситуации) сопровождаются сердечно-сосудистыми расстройствами с обмороками, резким учащением пульса и снижением артериального давления.

Лазерное излучение. В промышленности, медицине, в научных исследованиях, системах мониторинга состояния окружающей среды нашли применение лазеры. Их излучение может оказывать опасное воздействие на организм человека и в первую очередь на орган зрения. Лазерное излучение (ЛИ) генерируется в инфракрасной, световой и ультрафиолетовой областях неионизирующего ЭМИ.

Лазеры, генерирующие непрерывное излучение, позволяют создавать интенсивность порядка 10¹⁰ Вт/см², что достаточно для плавления и испарения любого материала. При генерации коротких импульсов интенсивность излучения достигает величин порядка 10¹⁵ Вт/см² и больше. Для сравнения отметим, что значение интенсивности солнечного света вблизи земной поверхности составляет всего 0,1–0,2 Вт/см².

В настоящее время в промышленности используется ограниченное число типов лазеров. Это в основном лазеры, генерирующие излучение в видимом диапазоне спектра ($\lambda = 0,44-0,59$; $\lambda = 0,63$; $\lambda = 0,69$ мкм), ближнем ИК-диапазоне спектра ($\lambda = 1,06$ мкм) и дальнем ИК-диапазоне спектра ($\lambda = 10,6$ мкм).

Области применения лазеров в зависимости от требуемой плотности потока излучения показаны на рис. 2.12.

При оценке неблагоприятного влияния лазеров все опасности разделяют на первичные и вторичные. К первичным относят факторы, источником образования которых является непосредственно сама лазерная установка. Вторичные факторы возникают в результате взаимодействия лазерного излучения с мишенью.

К первичным факторам вредности относятся: лазерное излучение, повышенное электрическое напряжение, световое излучение импульсных ламп накачки или газового разряда, электромагнитное излучение, акустические шумы и вибрация от работы вспомогательного оборудования, загрязнение воздуха газами, выделяющимися из узлов установки, рентгеновское излучение электроионизационных

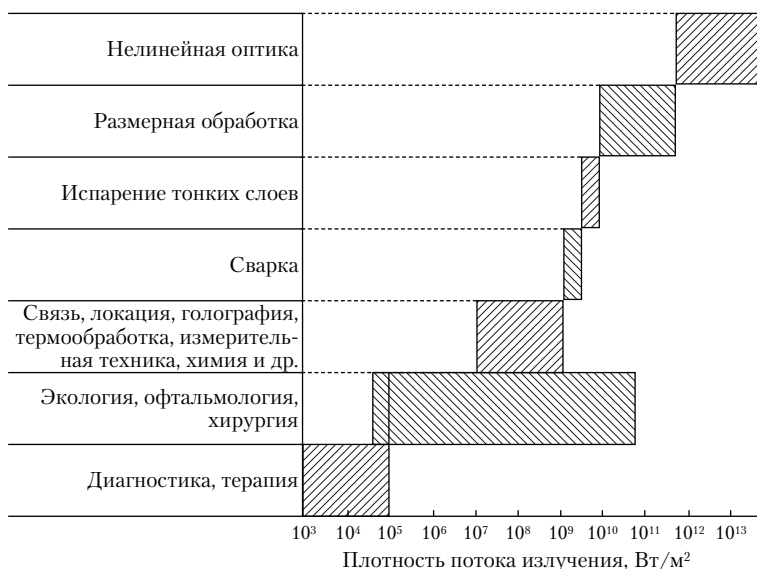


Рис. 2.12. Области применения лазеров в зависимости от требуемой плотности потока излучения

лазеров или электровакуумных приборов, работающих при напряжении свыше 15 кВ.

Вторичные факторы включают отраженное лазерное излучение, аэродисперсные системы и акустические шумы, образующиеся при взаимодействии лазерного излучения с мишенью, излучение плазменного факела.

Лазерное излучение может представлять опасность для человека, вызывая в его организме патологические изменения, функциональные расстройства органа зрения, центральной нервной и вегетативной систем, а также влиять на внутренние органы, такие как печень, спинной мозг и др. Наибольшую опасность лазерное излучение представляет для органа зрения. Основным патофизиологическим эффектом облучения тканей лазерным излучением является поверхностный ожог, степень которого связана с пространственно-энергетическими и временными характеристиками излучения.

При создании условий для безопасной эксплуатации лазеров прежде всего необходимо расчетом определить лазерно-опасную зону (ЛОЗ) — пространство, в пределах которого уровни лазерного излучения могут превышать предельно допустимые значения, а также основные принципы защиты от излучения и общие требования к организации рабочих мест, методам контроля и дозиметрической аппаратуре ЛОЗ.

Схема расчета облученности роговицы представлена на рис. 2.13.

При прямом облучении для наблюдателя, находящегося непосредственно в конусе узконаправленного лазерного луча (рис. 2.13, а), облученность роговицы глаза вычисляется по формуле

$$E_p = \frac{4\Phi_e k_1}{\pi(d_0 + 2R\gamma)^2},$$

где Φ_e — энергетический поток (мощность) лазерного излучения; k_1 — коэффициент ослабления излучения на пути от лазера до роговицы глаза; d_0 — диаметр выходного зрачка лазера; γ — угол расходимости луча, рад; R — расстояние от лазера до глаза.

При воздействии на роговицу глаза излучения лазера, отраженного от поверхности (рис. 2.13, б), расположенной на расстоянии R_1 от выходного отверстия лазера, расчет ведут с учетом отражения. Облученность роговицы глаза наблюдателя E_p , находящегося на расстоянии R от поверхности q , значительно превышающем линейные размеры источника,

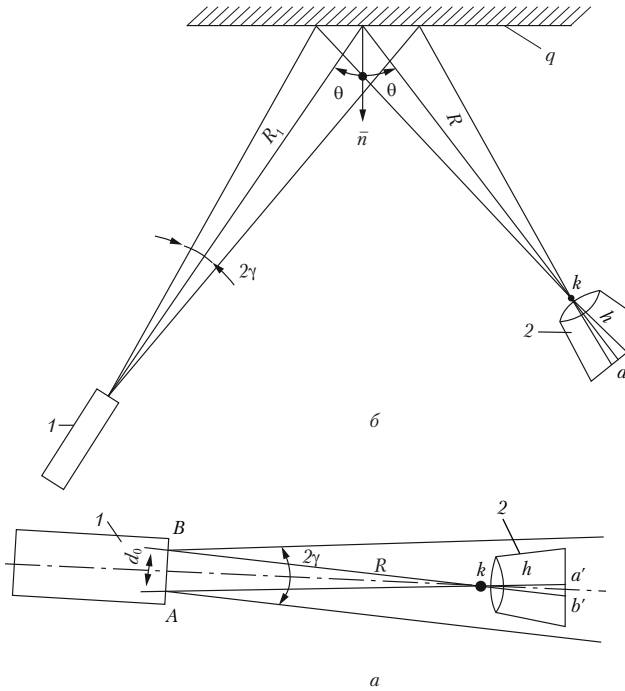


Рис. 2.13. Схема расчета облученности глаза:

a — для прямого пучка; *б* — для отраженного излучения;
 1 — лазер; 2 — глаз

равна произведению энергетической яркости источника на величину телесного угла, под которым он виден из точки наблюдения, а именно

$$E_p = L_e k_{\text{ср}} \frac{S_q \cos \theta}{R^2},$$

где $k_{\text{ср}}$ — коэффициент ослабления излучения на пути от поверхности q до наблюдателя.

Поверхность как источник излучения удобно характеризовать энергетической яркостью L_e и площадью пятна излучения S_q . При диффузном отражении энергетическая яркость источника связана с энергетическим потоком лазерного излучения соотношением

$$L_e = \frac{4\Phi_e k_1 \rho \cos \theta_1}{\pi^2 (d_0 + 2R_1 \gamma)^2},$$

где ρ — коэффициент отражения.

Из анализа приведенных выше соотношений следует, что облученность глаза лазерным источником прямо пропорциональна мощности лазера и обратно пропорциональна квадрату расстояния до облучаемой поверхности.

Облученность кожных покровов численно равна облученности роговицы глаза. При вычислении уровней облученности органа зрения и кожных покровов в производственных условиях, где расстояния не превышают десятков метров, значения коэффициентов k_1 и $k_{ср}$ можно принять равными единице. Приведенные формулы позволяют связать лучевые нагрузки на различные биологические ткани с энергетической характеристикой источника излучения.

Воздействия лазерного излучения на глаза. Сравнительно легкая повреждаемость роговицы и хрусталика глаза при воздействии электромагнитных излучений самых различных длин волн, а также способность оптической системы глаза увеличивать плотность энергии излучения видимого и ближнего инфракрасного диапазона на глазном дне на несколько порядков по отношению к роговице делает его наиболее уязвимым органом. Степень повреждения глаза главным образом зависит от таких физических параметров, как время облучения, плотность потока энергии, длина волны и вид излучения (импульсное или непрерывное), а также индивидуальных особенностей глаза.

Воздействие ультрафиолетового излучения на орган зрения в основном приводит к поражению роговицы. Поверхностные ожоги роговицы лазерным излучением с длиной волны в пределах ультрафиолетовой области спектра устраниваются в процессе самозаживления.

Для лазерного излучения с длиной волны 0,4–1,4 мкм критическим элементом органа зрения является сетчатка. Она обладает высокой чувствительностью к электромагнитным волнам видимой области спектра и характеризуется большим коэффициентом поглощения электромагнитных волн видимой, инфракрасной и ближней ультрафиолетовой областей.

Повреждение глаза может варьировать от слабых ожогов сетчатки, сопровождающихся незначительными или полностью отсутствующими изменениями зрительной функции, до серьезных травм, приводящих к ухудшению зрения и даже к полной его потере. Излучения с длинами волн более 1,4 мкм практически полностью поглощаются в стекловидном теле и водянистой влаге передней камеры глаза. При

умеренных повреждениях эти среды глаза способны самовосстанавливаться. Лазерное же излучение средней инфракрасной области спектра может причинить тяжелое тепловое повреждение роговице.

В заключение отметим, что лазерное излучение оказывает повреждающее действие на все структуры органа зрения. Основной механизм повреждений — тепловое действие. Импульсное лазерное излучение представляет большую опасность, чем непрерывное.

Воздействие лазерного излучения на кожу. Повреждения кожи, вызванные лазерным излучением, могут быть различными: от легкого покраснения до поверхностного обугливания и образования глубоких дефектов кожи. Эффект воздействия на кожные покровы определяется параметрами излучения лазера и степенью пигментации кожи.

Пороговые уровни энергии излучения, при которых возникают видимые изменения в коже, колеблются в сравнительно широких пределах (от 15 до 50 Дж/см²). Биологические эффекты, возникающие при облучении кожи в зависимости от длины волн, приведены в табл. 2.11.

Действие лазерного излучения на внутренние органы. Лазерное излучение (особенно дальней инфракрасной области спектра) способно проникать через ткани тела и взаимодействовать с биологическими структурами на значительной глубине, поражая внутренние органы.

Наибольшую опасность для внутренних органов представляет сфокусированное лазерное излучение. Степень повреждения внутренних органов в значительной мере определяется интенсивностью потока излучения и цветом ок-

Таблица 2.11

Биологические эффекты, возникающие при облучении кожи лазером

| | |
|--------------------------|--|
| Ультрафиолетовая область | Различные фотохимические реакции, эритема, разрыв химических связей у большинства молекул, входящих в состав живой ткани, различные перерождения, стимулирование появления новообразований, образование свободных радикалов, действие на внутренние органы |
| Видимая область | В основном термическое действие |
| Инфракрасная область | Выраженные деструктивные изменения термического характера (ожоги различной степени), поражение внутренних органов |

раски органа. Так, печень является одним из наиболее уязвимых внутренних органов. Тяжесть повреждения внутренних органов также зависит от длины волны падающего излучения. Наибольшую опасность представляют излучения с длинами волн, близкими к спектру поглощения химических связей органических молекул, входящих в состав биологических тканей.

Кроме лазерного излучения персонал, занимающийся эксплуатацией лазерной техники, может подвергнуться воздействию интенсивного светового и ультрафиолетового излучения, источником которого являются лампы вспышки, газоразрядные трубки и плазменный факел. Излучение незащищенных ламп накачки весьма вредно для глаз. Воздействие излучения ламп накачки возможно при их разэкранировании, главным образом, при наладке и в случае самопроизвольного разряда.

При эксплуатации лазерных установок следует учитывать и другие опасные факторы, к которым относятся: повышенное напряжение в электрической цепи, акустический шум, вибрации, вредные вещества. При эксплуатации лазеров необходимо также предусмотреть возможность взрывов и пожаров при попадании лазерного излучения на горючие материалы. В табл. 2.12 приведены основные опасные факторы, возникающие при эксплуатации лазерных установок.

Таблица 2.12

Опасности, возникающие при эксплуатации лазерных установок, и источники их возникновения

| Опасности | Источник возникновения опасности |
|--|---|
| Лазерное излучение: • прямое (зеркально отраженное); • диффузно отраженное | Резонатор лазера, зеркала, оптическая система, мишень при воздействии лазерного излучения |
| Напряжение в электрической цепи | Цепи управления и источники электропитания лазера |
| Вредные вещества | Мишень при воздействии лазерного излучения, системы охлаждения |
| УФ-излучение и инфракрасная радиация | Мишень при воздействии лазерного излучения и газоразрядные трубки |
| Шум и вибрация | Мишень при воздействии лазерного излучения, вспомогательное оборудование |

Зоны опасного влияния современных лазерных установок обычно ограничены размерами производственного помещения.

Ионизирующие излучения. Радиация имеет естественное и техногенное происхождение. Чтобы оценить уровень опасности, которую может представлять радиация, рассмотрим свойства ионизирующих излучений и механизмы взаимодействия их с веществом.

Самопроизвольное превращение неустойчивых атомных ядер в ядра другого типа, сопровождающееся испусканием частиц или гамма-квантов, называется *радиоактивностью*. Известны четыре типа радиоактивности: альфа-распад; бета-распад; спонтанное деление ядер; протонная радиоактивность.

Испускаемые в процессе ядерных превращений альфа- и бета-частицы, нейтроны и другие элементарные частицы, а также гамма-излучение представляют собой ионизирующие излучения, которые в процессе взаимодействия со средой производят ионизацию и возбуждение ее атомов и молекул. При этом примерно половина переданной ионизирующим излучением веществу энергии расходуется на ионизацию и половина на возбуждение. На каждый акт ионизации и возбуждения в воздухе в среднем расходуется 34–35 эВ энергии. Электронвольт (эВ) — единица энергии, используемая в атомной физике, равная кинетической энергии электрона, приобретаемой им при прохождении разности потенциалов, равной 1 В.

$$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} = 1,6 \cdot 10^{-12} \text{ эрг.}$$

Заряженные частицы по мере прохождения через вещество теряют свою энергию малыми порциями, растрчивая ее на ионизацию и возбуждение атомов и молекул среды. Оба эти процесса всегда сопутствуют друг другу. Чем больше масса и заряд частицы, тем более интенсивно происходит передача энергии среде, т.е. тем больше число пар ионов образуется на единице пути и, следовательно, меньше ее пробег в веществе (рис. 2.14). Длина пробега в воздухе альфа-частиц, испускаемых радионуклидами, энергия которых лежит в пределе 4–9 мэВ, составляет 3–9 см.

Что же касается бета-частиц (электронов и позитронов), заряд которых в два раза, а масса более чем в 7000 раз меньше, чем у альфа-частицы, то их пробег в воздухе примерно в 1000 раз больше. В мягкой биологической ткани пробеги альфа-частиц составляют несколько десятков микрометров,

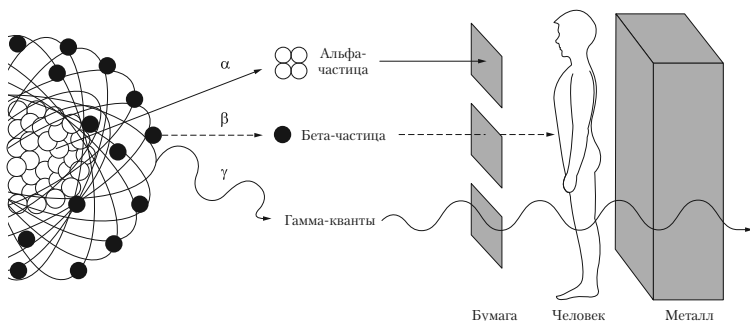


Рис. 2.14. Три вида ионизирующих излучений и их проникающая способность

а бета-частиц — 0,02 и 1,9 см соответственно для углерода-14 и калия-42.

Несколько по-иному происходит взаимодействие с веществом у гамма-излучения (поток фотонов) и нейтронов, которые не обладают зарядами и поэтому непосредственно ионизации не производят. В процессе прохождения через вещество фотон взаимодействует в основном с электронами атомов и молекул среды. При этом в каждом акте взаимодействия фотон передает электрону часть или всю свою энергию. В результате образуются так называемые вторичные электроны, которые в последующих процессах взаимодействия производят ионизацию и возбуждение. Таким образом, в случае гамма-излучения ионизация происходит не в первичных актах взаимодействия, как у альфа- и бета-частиц, а как результат передачи энергии вторичным частицам (электронам), которые растрчивают ее затем на ионизацию и возбуждение.

Для оценки радиационной обстановки, формируемой рентгеновским или гамма-излучением, используется внесистемная единица рентген. Рентген (Р) — это единица *экспозиционной дозы* рентгеновского или гамма-излучения, которая определяет ионизирующую способность в воздухе:

$$1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг.}$$

При дозе 1 Р в 1 см³ воздуха образуется $2,082 \cdot 10^9$ пар ионов или в 1 г воздуха — $1,61 \cdot 10^{12}$ пар ионов.

На практике обычно радиационная обстановка измеряется в единицах мощности экспозиционной дозы — миллирентген в час (мР/ч) или микрорентген в секунду (мкР/с).

В качестве характеристик меры воздействия ионизирующего излучения на вещество используется величина D — *поглощенная доза*. Она характеризует поглощенную энергию ионизирующего излучения в единице массы вещества:

$$D = \frac{dE}{dm},$$

где dE — средняя энергия, переданная ионизирующим излучением веществу, находящемуся в элементарном объеме; dm — масса вещества в этом объеме.

Единицей поглощенной дозы Международной системой (СИ) установлен грей (Гр); 1 Гр соответствует поглощению 1 Дж энергии ионизирующего излучения в массе вещества 1 кг, т.е. 1 Гр = 1 Дж/кг. Иногда используется внесистемная единица поглощенной дозы — рад; 1 Гр = 100 рад или 1 рад = 0,01 Гр.

Поглощенная доза является основной величиной, измеряющей не излучение, а его воздействие на вещество. Однако поглощенная доза не может служить мерой, характеризующей уровень биологического действия ионизирующего излучения на живой организм, который зависит не только от величины поглощенной энергии, но и целого ряда других параметров, обусловленных характером и условиями облучения (равномерность распределения поглощенной дозы в организме и т.д.).

Для оценки радиационной опасности, когда реализуются малые дозы излучения, введена *эквивалентная доза* $H_{T,R}$ как мера выраженности эффекта облучения, равная произведению поглощенной в органе или ткани дозы $D_{T,R}$ на соответствующий взвешивающий коэффициент для данного вида излучения W_R :

$$H_{T,R} = D_{T,R}W_R.$$

Единицей эквивалентной дозы Международной системой единиц (СИ) установлен зиверт (Зв). Один зиверт равен эквивалентной дозе, при которой произведение поглощенной дозы в биологической ткани на взвешивающий коэффициент равно 1 Дж/кг. Внесистемной единицей эквивалентной дозы является бэр (биологический эквивалент рада): 1 бэр = 0,01 Зв или 1 Зв = 100 бэр.

Взвешивающие коэффициенты учитывают относительную эффективность различных видов излучения в индуцировании биологических эффектов. В настоящее время при-

няты следующие усредненные взвешивающие коэффициенты W_R при падении излучения на все тело:

- фотоны любых энергий — 1;
- электроны и мюоны любых энергий — 1;
- нейтроны с энергией:
 - менее 10 кэВ — 5;
 - от 10 кэВ до 100 кэВ — 10;
 - от 100 кэВ до 2 мэВ — 20;
 - от 2 мэВ до 20 мэВ — 10;
 - более 20 мэВ — 5;
- протоны с энергией более 2 МэВ, кроме протонов отдачи, — 5;
- альфа-частицы, осколки деления, тяжелые ядра — 20.

Это значит, что биологическая эффективность быстрых нейтронов в 10 раз, а альфа-излучения в 20 раз больше, чем бета-частиц и гамма-излучения. Следовательно, радиационный эффект (возможный ущерб здоровью), соответствующий эквивалентной дозе, равной 1 Зв, будет реализован при поглощенной дозе равной 1 Гр для бета-частиц и гамма-излучения ($W_R = 1$); 0,1 Гр — для быстрых нейтронов ($W_R = 10$); 0,05 Гр — для альфа-частиц ($W_R = 20$).

Эквивалентная доза — основная дозиметрическая величина в области радиационной безопасности, введенная для оценки возможного ущерба здоровью человека от хронического воздействия ионизирующего излучения произвольного состава. Эквивалентная доза может быть использована и при кратковременном воздействии, когда ее значение не превышает 0,5 Зв (50 бэр).

При воздействии различных видов излучения с различными взвешивающими коэффициентами эквивалентная доза H_T определяется как сумма эквивалентных доз для R видов излучения.

$$H_T = \sum_R H_{T,R}$$

В ряде случаев облучению подвергается не все тело, а один или несколько органов. Такая ситуация чаще всего реализуется при внутреннем облучении, т.е. при поступлении радионуклидов в организм с вдыхаемым воздухом или пищевыми продуктами. Радионуклид, как и неактивный нуклид данного химического элемента, накапливается в том или ином органе. В частности, радионуклиды йода поступают преимущественно в щитовидную железу, радия и строн-

ция — в костную ткань, полония — в печень, селезенку, почки и т.д.

Поскольку органы и ткани человека обладают различной радиочувствительностью, то для оценки риска возникновения отдаленных последствий при облучении всего организма или отдельных органов используется понятие *эффективной эквивалентной дозы (E)*. Единица этой дозы — зиверт (Зв). Она, так же как и эквивалентная доза, применяется только для хронического облучения в малых дозах и является мерой оценки ущерба для здоровья по выходу отдаленных последствий.

По определению:

$$E = \sum_R H_T W_T,$$

где H_T — эквивалентная доза в органе или ткани T , а W_T — взвешивающий коэффициент для органа или ткани T , который характеризует относительный риск на единицу дозы по выходу отдаленных последствий при облучении данного органа по отношению к облучению всего тела.

Из представленных на рис. 2.15 данных следует, что при облучении, например, только щитовидной железы ($W_R = 0,05$) эффект по отдаленным последствиям будет составлять всего 5% от того эффекта, который может быть реализован при облучении всего тела.

При экспозиционной дозе в 1 Р эквивалентную дозу с достаточной степенью точности можно принять равной 0,013 Зв. Например, если измеренная мощность дозы на местности равна 10 мР/ч, а человек в течение одного часа находится в месте измерения, то уровень облучения составит примерно 0,1 мЗв.

Кроме рассмотренных выше доз ионизирующего облучения, рассматривается *эффективная эквивалентная годовая доза*, равная сумме эффективной эквивалентной дозы внешнего облучения, полученной за календарный год, и ожидаемой эффективной эквивалентной дозы внутреннего облучения, обусловленной поступлением в организм радионуклидов за этот же год. Эффективная эквивалентная годовая доза также измеряется в зивертах.

Рассмотренные выше понятия описывают только индивидуально получаемые дозы. В случае облучения больших групп людей дают оценку суммарного ожидаемого эффекта. При облучении малыми дозами, незначительно превышаю-

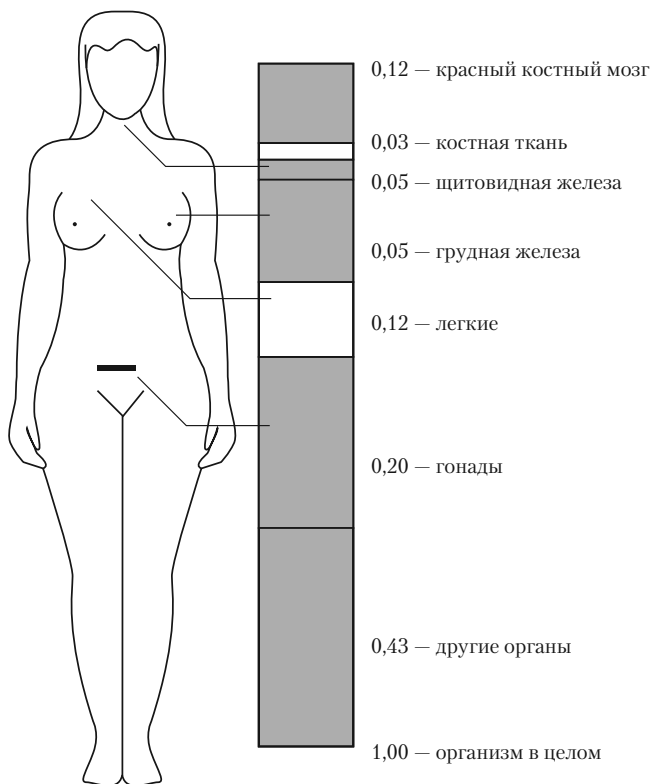


Рис. 2.15. Взвешивающие коэффициенты для разных органов и тканей человека при равномерном облучении всего тела, рекомендованные Международной комиссией по радиационной защите для вычисления эффективной эквивалентной дозы

щими естественный радиационный фон, можно ожидать лишь отдаленных последствий генетической или соматической природы. Соматические эффекты проявляются непосредственно у облученных лиц, генетические — в последующих поколениях. Мерой коллективного риска возникновения эффектов облучения является эффективная *эквивалентная коллективная доза*, которая определяется как сумма индивидуальных эффективных доз. Единица эффективной эквивалентной коллективной дозы — человеко-зиверт (чел.-Зв).

Многие радионуклиды распадаются очень медленно и останутся радиоактивными и в отдаленном будущем, т.е. их воздействию подвергнутся современные и последующие

поколения. Коллективную эффективную эквивалентную дозу, которую получают многие поколения от какого-либо радиоактивного источника за все время его дальнейшего существования, называют *ожидаемой (полной) коллективной эффективной эквивалентной дозой*.

Различные дозы, используемые для оценки последствий воздействия излучения на людей, приведены на рис. 2.16.

К **техногенным источникам ионизирующих излучений** относят организации, реализующие широкомасштабные программы использования атомной энергии в мирных и военных целях (табл. 2.13)

Техногенная составляющая радиационного фона образуется и зависит от величины рассеянных в почве, воде, воздухе и других объектах внешней среды техногенных источников радиоактивных загрязнений, образовавшихся при ядерных взрывах, работе предприятий ядерно-топливного и ядерно-оружейного циклов, возникновении радиационно-опасных аварий на предприятиях и транспорте, при использовании радиационных технологий и методов в науке, промышленности и медицине, а также при обращении с радиоактивными отходами.

Наибольшую опасность при работе предприятий ядерно-топливного цикла представляют радионуклиды, имеющие большой период полураспада и способные быстро распространяться в окружающей среде. К таким в первую очередь относятся I^{129} , Ra^{226} , который выделяется из хвостов руд.

Из отходов АЭС наибольшую опасность представляют высокоактивные отходы, к которым относятся в первую очередь отработанные топливные элементы или отвержденные продукты переработки ядерного горючего. Для них характерна высокая удельная активность и высокое тепловыделение, составляющее:

- радон из хвостохранилищ заводов — 2800 чел.-Зв/ГВт;
- углерод-14 — 110 чел.-Зв/ГВт;
- высокоактивные отходы — 30 чел.-Зв/ГВт;
- йод-129 — 28 чел.-Зв/ГВт.

Проведенные международные оценки свидетельствуют, что дозы техногенного облучения каждого индивидуума в течение жизни не превышают 1% годовой дозы за счет естественного радиационного фона. Это справедливо и в условиях предполагаемого производства электроэнергии на АЭС порядка 10 000 ГВт в год при безаварийной эксплуатации.

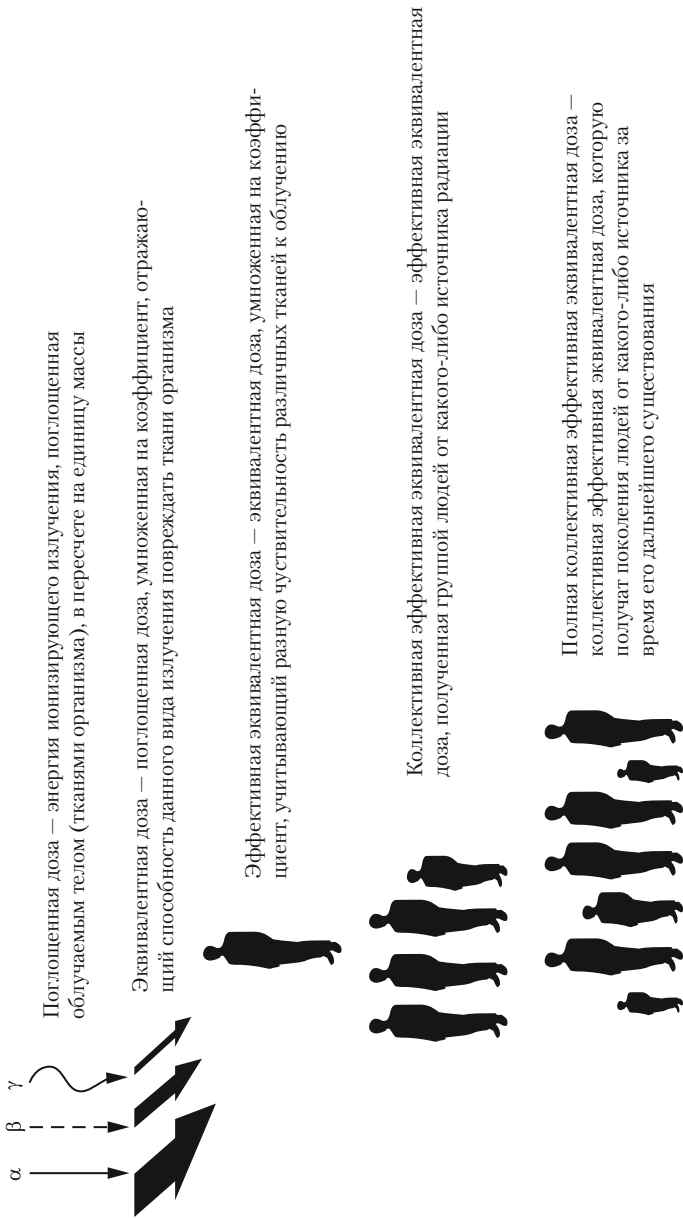


Рис. 2.16. Дозы радиационного излучения

Таблица 2.13

**Численность организаций и персонала,
работающих с источниками излучений**

| Направление деятельности организации | Численность организаций | | Персонал, тыс. чел. (%) | | |
|--------------------------------------|-------------------------|------|-------------------------|----------|-----------|
| | тыс. чел. | % | группа А | группа Б | всего |
| Медицинские | 10,0* | 66 | 56 (37) | 8,0 (13) | 64 (30) |
| Промышленные | 3,0 | 20 | 67 (45) | 45 (74) | 112 (54) |
| Научные | 0,6 | 4 | 10 (7) | 3,0 (5) | 13 (6) |
| Геологоразведочные | 0,1 | 1 | — | — | — |
| АЭС | 0,01 | 0,07 | — | — | — |
| Росатом | 0,008 | 0,05 | — | — | — |
| Прочие | 1,3 | 9 | 17 (11) | 5,0 (8) | 22 (10) |
| Всего | 15,0 | 1000 | 150 (100) | 61 (100) | 211 (100) |

* 35 тыс. рентгеновских аппаратов.

К другим основным причинам, оказывающим влияние на изменение техногенной составляющей радиационного фона, условно можно отнести облучение при применении медицинских процедур, радиоизотопных методов неразрушающего технологического контроля и другие причины попадания в окружающую среду искусственных и естественных радионуклидов. В табл. 2.14 приведены средние

Таблица 2.14

**Средние значения годовой дозы облучения
от некоторых техногенных источников излучения**

| Техногенный источник излучения | Доза, мкЗв/год |
|--|---|
| Медицинские процедуры | 400–700 (для Российской Федерации – 1500) |
| ТЭС (в радиусе 20 км) | 5,3 |
| АЭС (в радиусе 10 км) | 1,36 |
| Радиоактивные осадки (главным образом последствия испытаний атомного оружия в атмосфере) | 75–200 |
| Телевизоры, дисплеи | 4–5 при расстоянии 2 м* |
| Керамика, стекло | 10 |

* Доза облучения увеличивается с уменьшением расстояния до экрана. На расстоянии 10 см доза облучения возрастает до 250–500 мкЗв/год.

значения годовой дозы облучения от некоторых техногенных источников излучения.

При медицинских процедурах основную дозу облучения население получает при рентгеновских исследованиях. Получаемая при их проведении эффективная эквивалентная доза (~1,5 мЗв) выше, чем при проведении иных диагностических методов медицинского обследования с использованием радиоизотопных методов (10–15%).

Уровень радиоактивности в жилом помещении зависит от строительных материалов: в кирпичном, железобетонном, шлакоблочном доме он всегда несколько выше, чем в деревянном. Газовая плита приносит в дом не только токсичные продукты горения бытового газа, но и радиоактивные газы (радон). Поэтому уровень радиоактивности на кухне может существенно превосходить фоновый при работающей газовой плите.

В закрытом, непрветриваемом помещении человек может подвергаться воздействию радона, который непрерывно высвобождается из земной коры. Поступая через фундамент, пол, из воды или иным путем, радон накапливается в изолированном помещении (рис. 2.17 и 2.18). Средние концентрации радона обычно составляют (кБк/м³): в ванной комнате 8,5, на кухне 3, в спальне 0,2 (рис. 2.19).

Концентрация радона на верхних этажах зданий обычно ниже, чем на первом этаже. Избавиться от избытка радона можно проветриванием помещения.

В этом отношении поучителен опыт Швеции: с начала 1950-х гг. в стране проводится кампания по экономии энергии

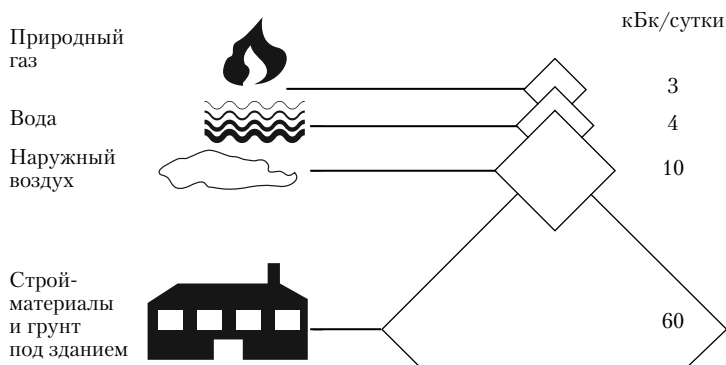


Рис. 2.17. Источники поступления радона в здания

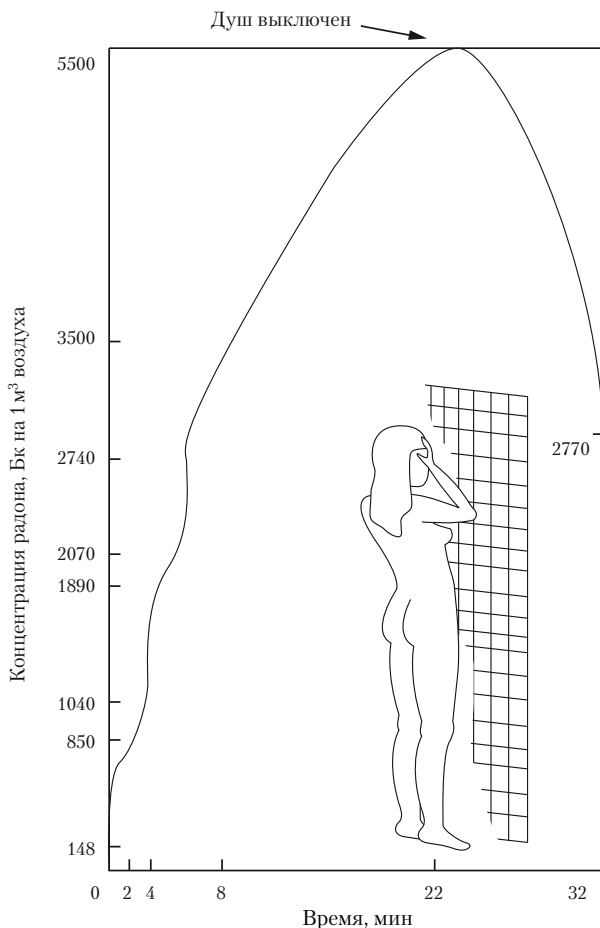


Рис. 2.18. Поступление радона при пользовании душем

гии, в том числе путем уменьшения проветривания помещений. В результате средняя концентрация радона в помещении возросла с 43 до 133 Бк/м³ при снижении воздухообмена с 0,8 до 0,3 м³/ч. По оценкам, на каждый 1 гВт/год электроэнергии, сэкономленной за счет уменьшения проветривания помещений, шведы получили дополнительную коллективную дозу облучения в 5600 чел.-Зв.

В настоящее время эффективная доза, обусловленная естественными и техногенными источниками радиации, составляет в России ~ 4,21 мЗв в год. Структура коллектив-



Рис. 2.19. Концентрация радона в разных помещениях

ных доз облучения населения Российской Федерации представлена в табл. 2.15.

Действие ионизирующих излучений на человека носит сложный характер. При однократном равномерном облучении всего тела в дозе 0,5 Зв детерминированные эффекты практически не наблюдаются, т.е. их нельзя обнаружить современными методами. Значения дозовых порогов для некоторых детерминированных эффектов облучения приведены в табл. 2.16.

Различные формы лучевой болезни развиваются при поглощенных дозах выше 1 Гр. В табл. 2.17 приведены значения поглощенных доз, при которых возникают острые лучевые поражения человека. Крайне тяжелая форма острой лучевой болезни, приводящая к смертельному исходу в 100% случаев, наблюдается при дозе, превышающей 6 Гр.

Таблица 2.15

**Структура коллективных доз облучения населения
Российской Федерации**

| Компоненты дозы | Вклад в коллективную дозу, % |
|---|------------------------------|
| Медицинские источники | 15,3 |
| Природные источники | 84,4 |
| Техногенный фон | 0,26 |
| Эксплуатация источников ионизирующего излучения | 0,04 |

Таблица 2.16

Дозовые пороги возникновения некоторых детерминированных эффектов облучения человека

| Состояние | При кратковременном облучении, Зв | При хроническом многолетнем облучении, Зв/год |
|--|-----------------------------------|---|
| Легкое угнетение кроветворения (легкая лейкоцитопения, нарушение иммунитета) | 0,15 | 0,40 |
| Временная стерильность мужчин | 0,15 | 0,40 |
| Постоянная стерильность мужчин | 3,5–6,00 | 2,00 |
| Постоянная стерильность женщин | 2,5–6,00 | 0,2 (до суммарной дозы > 6,00 Зв) |
| Помутнение хрусталика глаза с ухудшением зрения (катаракта) | 5,00 | 0,15 (до суммарной дозы > 8,00 Зв и более) |

Таблица 2.17

Дозы, вызывающие острые лучевые поражения человека

| Лучевое поражение | Доза, Гр |
|---|----------|
| Легкая степень острой лучевой болезни | 1–2 |
| Тяжелая лучевая болезнь, гибель в 50% случаев | 4–6 |
| Кишечная форма лучевой болезни | > 10 |
| Нервная форма лучевой болезни | > 80 |
| Местные поражения: | |
| эритема кожи (первичная, вторичная) | 8–10 |
| пузырьки, трофические язвы | 12–20 |

Причиной смерти чаще всего являются поражение клеток костного мозга и внутренние кровоизлияния.

В результате аварии на Чернобыльской АЭС с острой формой лучевой болезни различной степени тяжести было госпитализировано 237 человек, уровни облучения у которых варьировали в диапазоне 1–16 Гр. Из них не удалось спасти 29 человек, в основном вследствие тотальных ожогов кожи (до 90% поверхности тела). Остальные пострадавшие были выписаны из клиники в удовлетворительном состоянии, причем только 16 человек в настоящее время не работают.

Картина лучевой болезни различной степени тяжести в зависимости от дозы относится к случаю однократного об-

лучения всего тела. Если же облучение в этой дозе произвести не однократно, а растянуть по времени, то эффект облучения будет снижен. Это связано с тем, что живые организмы, в том числе и человек, способны восстанавливать нормальную жизнедеятельность после тех или иных ее нарушений.

В случае систематически повторяющегося облучения в дозах, не вызывающих острой лучевой болезни, но значительно больших предельно допустимых, может развиваться хроническая лучевая болезнь. Наиболее характерными признаками хронической лучевой болезни являются изменения в составе крови (уменьшение числа лейкоцитов, малокровие) и ряд симптомов со стороны нервной системы.

Согласно установленным радиобиологическим данным, реакция организма на облучение может проявиться и в отдаленные сроки (через 10–20 лет). Такими реакциями могут явиться лейкозы, злокачественные опухоли органов и тканей, катаракты, поражения кожи, старение, ведущее к преждевременной смерти, не связанное с какой-либо определенной причиной.

На рис. 2.20 показана относительная среднестатистическая вероятность заболевания раком после получения однократной дозы 0,01 Гр при равномерном облучении всего тела.

На графике, построенном на основании результатов обследования людей, переживших атомную бомбардировку, показано ориентировочное время появления злокачественных опухолей с момента облучения. Из графика следует,

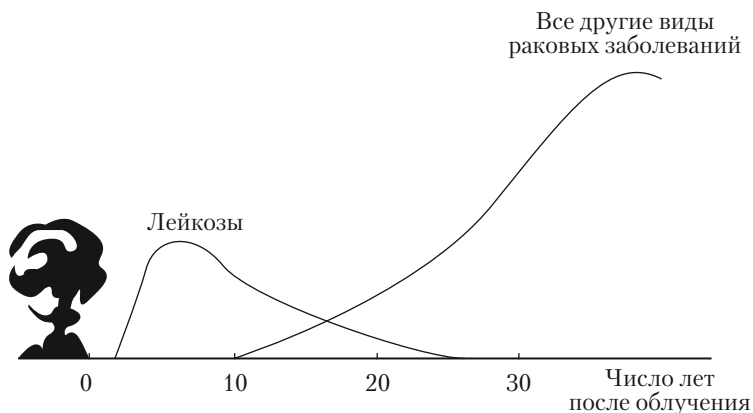


Рис. 2.20. Вероятность заболевания раком после получения однократной дозы в 10^{-2} Гр

что прежде всего после двухлетнего скрытого периода развиваются лейкозы, достигая максимальной частоты через шесть-семь лет, затем частота плавно уменьшается и через 25 лет становится практически равной нулю. Опухоли начинают развиваться через 10 лет после облучения.

Риск смерти человека от медицинского облучения зависит от возраста и облучаемого органа. На рис. 2.21 представлена зависимость риска облучения в малых дозах от возраста.

В табл. 2.18 представлен латентный период проявления раковых заболеваний после облучения.

Постоянные региональные и глобальные опасности. Отходы промышленности, сельского хозяйства и средств транспорта оказывают значительное негативное влияние на все компоненты природной среды — биоту: атмосферу, гидросферу и литосферу. Под воздействием отходов загрязняются воздух, вода, почва, разрушаются и гибнут флора и фа-

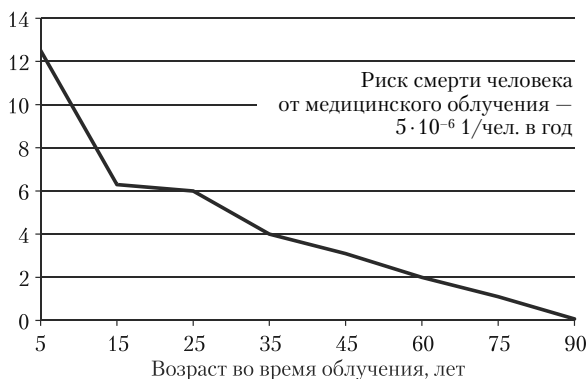


Рис. 2.21. Зависимость риска облучения в малых дозах от возраста

Таблица 2.18

Латентный период проявления раковых заболеваний после облучения

| Орган | Латентный период, годы |
|----------------------|------------------------|
| Щитовидная железа | 10,0 |
| Красный костный мозг | 12,5 |
| Молочная железа | 15,5 |
| Печень | 21,5 |
| Легкие | 24,0 |

уна, при этом в природе возникают масштабные, не свойственные ей негативные явления и процессы.

Так, в атмосфере образуются кислотные осадки, фотохимический смог, возникает парниковый эффект и разрушается озоновый слой; в гидросфере — эвтрофирование водоемов, образование депрессионных воронок; в литосфере — нарушение кислотности почв, растворение тяжелых металлов, образование отвалов и свалок.

Все это существенно снижает качество окружающей человека среды, отрицательно влияет на его здоровье. Сейчас в негативной среде (некачественный воздух, вода и т.д.) живут 40 млн россиян, из них в опасной среде — 1 млн.

Для оценки качества природной среды применимы три подхода:

1) антропоцентрический, основанный на оценке динамики численности населения и динамики продолжительности жизни;

2) специоцентрический, основанный на анализе состояния конкретного биологического вида, через состояние которого оценивается качество среды;

3) биоценозоцентрический, основанный на анализе динамики биологической массы и биологического разнообразия.

На сегодняшний день наиболее разработанным является антропоцентрический подход. Профилактическая медицина успешно решает вопросы оценки качества среды, окружающей человека, с медико-биологических позиций, т.е. квалиметрии. Именно санитарные врачи разработали такие важные понятия, как ПДК вредного вещества, ПДД, которую может принять в организм человек или животное, ПДС, ПДВ, ПДУ для физических агентов и т.д. Достоинства этих понятий — отработанность и большой эмпирический задел. Недостатки — отсутствие в профилактической медицине учета взаимодействия веществ, отдаленных последствий их воздействия, генетической изменчивости человека и иных организмов.

Воздействие на атмосферу. Атмосфера является наименьшим по массе компонентом Земли: она составляет 10^{-3} от массы гидросферы и 10^{-5} от массы литосферы. Состояние атмосферы определяет тепловой режим земной поверхности, ее озоновый слой защищает живые организмы от жесткого ультрафиолетового излучения.

Ограниченные размеры атмосферы делают ее весьма чувствительной к локальному, региональному и глобальному загрязнению.

Выбросы в приземный слой атмосферы. В городах и регионах атмосферный воздух загрязняется прежде всего выбросами автомобильного транспорта, промышленных предприятий и ТЭС. В крупных городах доля загрязнений воздуха автомобильным транспортом достигает 90% и более.

Отработавшие газы автомобиля содержат сотни токсичных компонентов, часть из которых относится к 1–3 классам опасности. Промышленные предприятия и ТЭС также вносят значительный вклад в загрязнение атмосферного воздуха в развитых промзонах и в промышленных городах (до 50% и выше).

Сравнительная оценка выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от транспортных средств в целом по России приведена в табл. 2.19. Например, в Москве в зонах устойчивого сверхнормативного загрязнения атмосферного воздуха проживает более 8 млн чел. В валовых выбросах в атмосферу загрязняющих веществ в Москве, составляющих 1,9 млн т, выбросы автотранспорта достигают 1,8 млн т.

Динамика выбросов вредных веществ в атмосферу от транспортного комплекса и его стационарных источников представлена на рис. 2.22.

Данные, согласно информации Росстата, по выбросам загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников, по РФ представлены в табл. 2.20.

Во многих городах России (табл. 2.21) отмечено очень высокое загрязнение атмосферного воздуха ($IЗА > 14$). Уровень загрязнения в этих городах определяется концентрациями бенз(а)пирена, формальдегида, диоксида азота и взвешенных веществ, а так же фенола, сероуглерода, фторида водорода и аммиака. В 2009 г. ИЗА для Москвы составил 13,8. Столь высокий показатель означает, что без реализации дополнительных мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ, в первую очередь от автотранспорта, Москва в ближайшем будущем может быть включена в перечень городов с очень высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха.

Средние концентрации формальдегида и бенз(а)пирена в атмосфере этих городов России соответственно выше нормы в 2,6 и 2,8 раза, а по фенолу и диоксиду азота — близки к предельно допустимым концентрациям.

Большую озабоченность вызывает загрязнение атмосферного воздуха европейской территории России органи-

Таблица 2.19

**Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу
транспортными средствами**

| Вид транспорта | Угарный газ | Угле-водороды | Оксиды азота | Углерод | Диоксид серы | Свинец | Всего |
|-----------------|-------------|---------------|--------------|---------|--------------|--------|-----------|
| Автомобильный | 11 066 | 1592 | 1650 | 19,2 | 121 | 1 | 14 449,2 |
| Речной | 15,5 | 11,6 | 44,2 | 4,5 | 15,5 | — | 91,3 |
| Морской | 12,9 | 8,5 | 30,8 | 2,9 | 32,1 | — | 87,2 |
| Воздушный | 64 | 15 | 77 | — | 17 | — | 173 |
| Железнодорожный | 32,86 | 16,24 | 119,32 | 7,33 | — | — | 175,75 |
| Дорожные машины | 103,2 | 26,8 | 14,2 | 4,8 | 7,5 | 0,02 | 156,52 |
| Итого | 11 294,46 | 1670,14 | 1935,52 | 38,73 | 193,1 | 1,02 | 15 132,97 |

Таблица 2.20

Выбросы загрязняющих атмосферу веществ (млн т)

| | 2000 г. | 2004 г. | 2008 г. | 2010 г. |
|---------|---------|---------|---------|---------|
| Выбросы | 18,8 | 20,5 | 20,1 | 19,1 |



Рис. 2.22. Динамика валовых выбросов вредных веществ в атмосферу передвижными и стационарными объектами автомобильного транспорта и дорожного хозяйства

Таблица 2.21

**Список городов России с наибольшим уровнем
загрязнения воздуха**

| Город | Вещества, определяющие высокий уровень загрязнения атмосферы* | Город | Вещества, определяющие высокий уровень загрязнения атмосферы* |
|--------------------------------|---|------------------------|---|
| Балаково | NO ₂ , БП, CS ₂ , Ф, фенол | Нижний Тагил | Ф, БП, NH ₃ , фенол |
| Барнаул | Ф, БП, NO ₂ , ВВ | Новокузнецк | Ф, БП, ВВ, NO ₂ |
| Белоярский | Ф | Новокуйбышевск | Ф, БП |
| Благовещенск, Амурская область | БП, Ф, NO ₂ | Норильск | БП |
| Братск | БП, NO ₂ , Ф, CS ₂ | Первоуральск | БП, NO ₂ , HF, NO, ВВ |
| Владимир | БП, Ф, фенол | Пермь | Ф, БП, HF |
| Волгоград | БП, NO ₂ , Ф, HF, HCl | Петровск-Забайкальский | БП, ВВ |
| Волжский | Ф, NO ₂ | Саратов | Ф, фенол, NO ₂ |
| Екатеринбург | Ф, БП, NO ₂ , NH ₃ | Селенгинск | БП, Ф, CS ₂ , фенол, ВВ |
| Зима | БП, Ф, NO ₂ | Соликамск | Ф, БП, ЭБ |
| Иркутск | Ф, БП, NO ₂ , ВВ | Ставрополь | Ф, БП |
| Карабаш | Ф, HF, свинец | Сызрань | Ф, сажа, БП, NO ₂ |
| Красноярск | БП, Ф, ВВ, NO ₂ | Томск | Ф, БП, NO ₂ |
| Курган | Ф, БП, сажа | Тюмень | Ф, БП, ВВ, NO ₂ , NO |
| Магадан | БП, Ф, NO ₂ | Улан-Удэ | БП, Ф, ВВ |
| Магнитогорск | БП, Ф, ВВ, NO ₂ | Уссурйск | БП, NO ₂ , ВВ |
| Минусинск | Ф, БП | Челябинск | БП, Ф, HF |
| Набережные Челны | Ф, БП | Чита | БП, Ф, ВВ, NO ₂ |
| Нерюнгри | Ф, БП, NO ₂ | Южно-Сахалинск | Ф, БП, сажа, NO ₂ , ВВ |

* Ф – формальдегид, ВВ – взвешенные вещества, БП – бенз(а)пирен, HF – фторид водорода, NO – оксид азота, NO₂ – диоксид азота, CS₂ – сероуглерод, NH₃ – аммиак, HCl – хлористый водород, ЭБ – этилбензол.

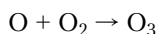
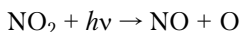
ческими соединениями (бенз(а)пирены и др.). Среднегодовые концентрации бенз(а)пирена в 2009 г. в этом регионе изменялись от 0,01 до 0,23 нг/м³, а максимальные концентрации могли достигать 1 нг/м³, при нормативном значении, равном 0,15 нг/м³.

Поступление бенз(а)пирена на европейскую территорию России обусловлено работой региональных источников (автотранспорт, металлургия, ТЭС и т.п.) и трансграничным переносом из сопредельных стран Европы (Польша, Украина, Белоруссия, прибалтийские страны).

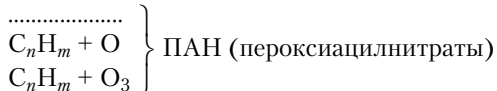
Значительно загрязнение атмосферного воздуха тяжелыми металлами (кадмий, ртуть, свинец). Уровень загрязнения воздуха тяжелыми металлами обычно характеризуют показателем поступления (выпадения) этих веществ в почву.

Число жителей в городах, находящихся под воздействием средних концентраций примесей в воздухе выше ПДК, составляет по бенз(а)пирену — 63 млн чел., по диоксиду азота — 42,3 млн чел., по формальдегиду — 51,4 млн чел.

Фотохимический смог. Общая схема реакции образования фотохимического смога в городах сложна и в упрощенном виде может быть представлена реакциями



.....



Смог весьма токсичен, так как его составляющие обычно находятся в пределах: O₃ — 60–75%; ПАН, H₂O₂, альдегиды и др. — 25–40%.

Для образования смога в атмосфере в солнечную погоду необходимо наличие оксидов азота и углеводов (их выбрасывают в атмосферу автотранспорт, промышленные предприятия). Характерное распределение концентрации фотохимического смога относительно времени суток показано на рис. 2.23.

Фотохимические смоги, впервые обнаруженные в 1940-х гг. в Лос-Анджелесе, теперь периодически наблюдаются и в других городах мира.

Кислотные дожди известны более 100 лет, однако проблема этих дождей возникла около 35 лет назад.

Источниками кислотных дождей служат газы, содержащие серу и азот. Наиболее важные из них: SO₂, NO_x, H₂S.

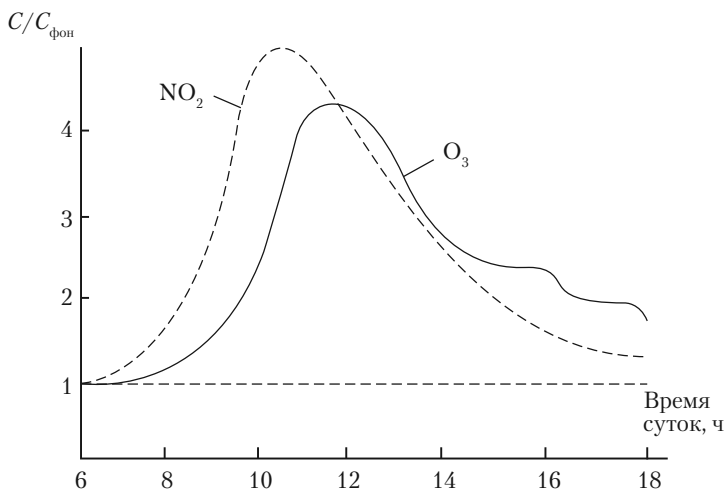


Рис. 2.23. Относительные концентрации NO_2 и O_3 в атмосферном воздухе

Кислотные дожди возникают вследствие неравномерного распределения этих газов в атмосфере. Например, концентрация SO_2 ($\text{мкг}/\text{м}^3$) обычно такова: в городе 50–1000, на территории в радиусе около 50 км вокруг города — 10–50, в радиусе около 150 км — 0,1–2, над океаном — 0,1.

Основными реакциями в атмосфере являются:

- вариант 1: $\text{SO}_2 + \text{OH} \rightarrow \text{HSO}_3$; $\text{HSO}_3 + \text{OH} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$ (молекулы в атмосфере быстро конденсируются в капли);
- вариант 2: $\text{SO}_2 + \text{h}\nu \rightarrow \text{SO}_2^*$ (активированная молекула диоксида серы); $\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_4$; $\text{SO}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_3 + \text{O}_3$; $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$.

Реакции обоих вариантов в атмосфере идут одновременно. Для сероводорода характерна реакция $\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ и далее 1 или 2 вариант реакции.

Источники поступления соединений серы в атмосферу:

- естественные (вулканическая деятельность, действия микроорганизмов и др.) — 31–41%;
- антропогенные (ТЭС, промышленность и др.) — 59–69%.

Всего в окружающую среду поступает 91–112 млн т соединений серы в год.

Концентрации соединений азота составляют: в городе 10–100 $\text{мкг}/\text{м}^3$, на территории в радиусе 50 км вокруг города 0,25–2,5 $\text{мкг}/\text{м}^3$, над океаном 0,25 $\text{мкг}/\text{м}^3$.

Из соединений азота основную долю кислотных дождей дают NO и NO_2 . В атмосфере возникают реакции: $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$, $\text{NO}_2 + \text{OH} \rightarrow \text{HNO}_3$. Источники соединений азота:

- естественные (почвенная эмиссия, грозовые разряды, горение биомассы и др.) — 63%;
- антропогенные (ТЭС, автотранспорт, промышленность) — 37%.

Всего в окружающую среду поступает 51–61 млн т соединений азота в год.

Серная и азотная кислоты поступают в атмосферу также в виде тумана и паров от промышленных предприятий и автотранспорта. В городах их концентрация достигает 2 мкг/м^3 .

Соединения серы и азота, попавшие в атмосферу, вступают в химическую реакцию не сразу, сохраняя свои свойства соответственно в течение 2 и 8–10 суток. За это время они могут вместе с атмосферным воздухом пройти расстояния до 2000 км и лишь после этого выпадают с осадками на земную поверхность.

Различают два вида седиментации: влажную и сухую. Влажная — это выпадение кислот, растворенных в капельной влаге, она возникает при влажности воздуха 100,5%; сухая реализуется в тех случаях, когда кислоты присутствуют в атмосфере в виде капель диаметром около 0,1 мкм. Скорость седиментации в этом случае весьма мала, и капли могут проходить большие расстояния (следы серной кислоты обнаружены даже на Северном полюсе). В нашей стране повышенная кислотность осадков ($\text{pH} = 4\text{--}5,5$) отмечается в отдельных промышленных регионах. Наиболее неблагоприятны города Тюмень, Тамбов, Архангельск, Северодвинск, Вологда, Петрозаводск, Омск и др. Плотность выпадения осадков серы, превышающая 4 т/км^2 в год, зарегистрирована в 22 городах страны, а более 8–12 т/км^2 в год в городах Алексин, Новомосковск, Норильск, Магнитогорск.

Парниковый эффект. Возникновение глобального парникового эффекта также связано с поступлением в атмосферу различных газовых примесей.

Суть парникового эффекта (рис. 2.24) заключается в том, что Земля поглощает солнечное излучение (преимущественно в видимом диапазоне) и испускает теплоту в инфракрасном диапазоне. Главными поглотителями теплового излучения от земной поверхности служат диоксид углерода,



Рис. 2.24. Схема прохождения излучения от Солнца к Земле

метан и некоторые другие атмосферные примеси. Эти атмосферные примеси действуют подобно прозрачной крышке парника, пропуская к Земле коротковолновую часть спектра и задерживая у Земли длинноволновое тепловое излучение. Отсюда и их название — парниковые газы. Чем выше их концентрация в атмосфере, тем выше парниковый эффект.

Рост содержания CO_2 в атмосфере обусловлен потреблением углеводородных топлив — газа, нефти, угля. Другой источник CO_2 связан с изменениями растительного и почвенного покрова континентов. Вырубка лесов, а также распашка целинных земель и общая интенсификация земледелия приводят к более быстрому извлечению углерода из гумуса почв. За последние 100 лет сжигание топлива дало выброс углерода в среднем около 168 гт, а эмиссия вследствие изменения растительности континентов и необратимого нарушения почвенного покрова за это же время оценивается средней величиной 68 гт.

Основным каналом стока избыточного углерода из атмосферы является Мировой океан. Около 60% углерода поглощается океанами, а остальное количество — биотой континентов. Современная человеческая деятельность вносит значительные изменения в функционирование морских экосистем, через несколько десятилетий Мировой океан из-за загрязнения будет поглощать избыточный углерод менее эффективно и доля остающегося в атмосфере CO_2 станет выше.

Метан поступает в атмосферу из природных (донные отложения водоемов и болот) и техногенных источников (сельскохозяйственное производство, свалки бытовых отходов).

Техногенные источники закиси азота N_2O связаны в основном с высокотемпературным окислением молекулярного азота в процессе горения различных топлив. В естественных условиях N_2O поступает в атмосферу из почв, лесов и при грозовых разрядах. Из-за высокой химической инертности и малой растворимости в воде среднее время жизни NO_2 в атмосфере велико и составляет 120–150 лет.

В начале XXI в. в атмосферу Земли ежегодно выбрасывается: 7 млрд т CO_2 , 600 млн т CH_4 , 16 млн т NO_2 . За последние 150 лет содержание оксидов азота увеличилось на 18%, метана почти на 150%, а углекислого газа более чем на 30%.

Парниковый эффект на Земле существовал всегда с момента зарождения атмосферы. Несмотря на то что парниковые газы составляют менее 1% состава атмосферы Земли, тем не менее они выполняют одну из самых важных задач в формировании климата на планете. Если бы не было парниковых газов, то Земля была бы холоднее больше, чем на $30^\circ C$.

Увеличение концентрации диоксида углерода в атмосфере особенно интенсивное в последние годы, приводит к росту эффективности поглощения инфракрасного излучения, в результате чего температура земли возрастает. К повышению температуры может привести и увеличение концентрации в атмосфере таких газов, как O_3 , CH_4 , N_2O , NO_2 , SO_2 , фреонов. За последние 100 лет средняя температура на Земле поднялась на $0,7^\circ C$.

Структура выбросов парниковых газов в России (рис. 2.25) более чем на 70% определяется сжиганием углеводородного топлива в энергетике, промышленности и жилищно-коммунальном хозяйстве.

В 1995 г. по общему объему выбросов CO_2 на душу населения Россия занимала пятое место в мире после США, Канады, Австралии и Новой Зеландии. Сегодня на долю главного парникового газа — CO_2 приходится около 80% парникового эффекта, около 10% дает метан, на вклад остальных газов (закиси азота, фреонов) приходится остальное.

По причине резкого спада промышленного производства России в период с 1990 по 1999 г. почти на треть сократились и выбросы парниковых газов (рис. 2.26). Однако вслед-

ствии экономического роста выбросы парниковых газов начиная с 2000 г. медленно нарастают.

Разрушение озонового слоя. Озоновым слоем называют область атмосферы, расположенную на высотах от 18 км (в полярных областях — от 10 км) до 45 км и характеризую-

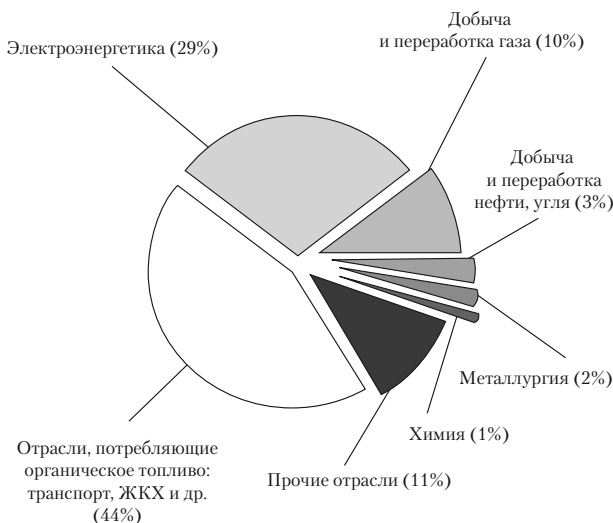


Рис. 2.25. Структура выбросов парниковых газов в России

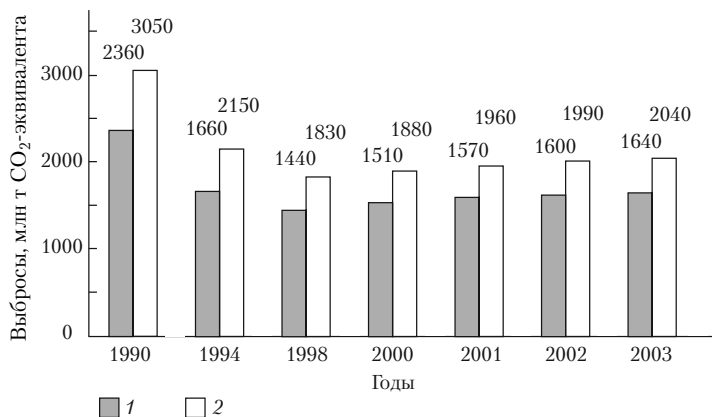
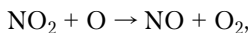
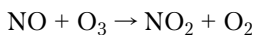


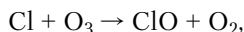
Рис. 2.26. Техногенные выбросы парниковых газов (CO₂ — эквивалент в год):

1 — CO₂; 2 — все парниковые газы

щуюся повышенным содержанием озона. Поглощение озоновым слоем большей части биологически активного ультрафиолетового излучения Солнца с длиной волны $\lambda < 310$ нм и перевод его в тепло играет важнейшую роль в сохранении жизни на Земле. Во-первых, озон является единственным компонентом атмосферного воздуха, защищающим все живое на суше от губительных доз ультрафиолетового облучения в диапазоне длин волн $\lambda = 240\text{--}310$ нм. Во-вторых, нагревая атмосферу, озоновый слой ограничивает глобальные циркуляции воздуха тропосферой, принимая тем самым непосредственное участие в формировании погоды и климата на Земле. Равновесие между процессами образования и разрушения озона нарушается при изменении солнечной активности, а также при появлении в озоновом слое веществ — катализаторов разложения озона. Среди таких катализаторов важнейшая роль принадлежит оксидам азота:



атомам хлора:



а также HO' -радикалам:



По теоретическим оценкам, в результате протекания цепных каталитических реакций одна молекула NO разрушает до 10—12 молекул O_3 . Однако антропогенные выбросы NO в приземном слое существенной опасности для озонового слоя не представляют, так как за время, необходимое для подъема молекул NO на высоту 25—35 км, составляющее, по оценкам, от 30 до 120 лет, оксид азота разрушается, вступая в химические реакции с другими веществами. Более опасна эмиссия оксида азота непосредственно в озоновом слое или в близлежащих областях из двигательных установок баллистических ракет и высотных реактивных самолетов.

Однако несравнимо большую опасность для озона представляет атомарный хлор. Согласно расчетам, один атом хлора по цепной каталитической реакции разрушает до 10^5 молекул O_3 . В настоящее время выявлено два основных источника поступления атомарного хлора в стратосферу. Первый из них связан с непосредственной эмиссией хлора в озоновый слой при запусках твердотопливных баллистических ракет

и космических аппаратов типа американского «Шаттла», использующих смесевые топлива на основе перхлоратов, например перхлората аммония NH_4ClO_4 , Суммарные выбросы хлора в атмосферу при эпизодических запусках ракет и космических аппаратов невелики и оцениваются сотнями тонн в год.

Гораздо более мощным источником поступления хлора в атмосферу является производство фторхлоруглеродов.

Фторхлоруглеводороды (фреоны) с середины 1930-х гг. находят широкое применение в промышленности. Фреон-11 и фреон-12 использовались в качестве вспенивателей при получении пористых полимерных материалов, наполнителей в аэрозольных упаковках, а также хладагентов в холодильниках и кондиционерах.

Во второй половине 1980-х гг. во многих промышленно развитых странах были введены ограничения на производство и потребление этой продукции в связи с достигнутыми международными договоренностями о постепенном отказе от использования фторхлоруглеродов.

Однако концентрации фреонов в атмосфере будут увеличиваться еще долгие годы даже после полного прекращения их производства, поскольку среднее время пребывания фреона-11 и фреона-12 в атмосфере оценивается примерно в 55–120 лет. Кроме того, значительные концентрации фреонов 11 и 12 и некоторых других соединений этого класса были зарегистрированы в газовых выбросах действующих вулканов и гидротермальных источников в сейсмически активных районах.

В 1986 г. в мире было произведено 700 тыс. т этих веществ, а всего с начала их массового производства в 1960-х гг. — около 5 млн т. Благодаря своей высокой химической стойкости хлорфторуглероды в процессе многолетней циркуляции с воздухом поступают из приземных слоев атмосферы в озоновый слой, где подвергаются фотодиссоциации с выделением атомарного хлора.

Еще большую опасность для озонового слоя по сравнению с хлорфторуглеродами представляют бромсодержащие фреоны CF_2OBr и $\text{C}_2\text{F}_2\text{Br}_2$, применяемые в пожаротушении. Атомы брома в несколько раз активнее разрушают озоновый слой по сравнению с хлором.

При истощении озонового слоя возрастает доза облучения человека ультрафиолетовыми лучами, что ведет к росту заболеваний катарактой, кожными заболеваниями, ослабле-

нию иммунной системы организма, повреждению молекул ДНК, передающих генетическую информацию. Наибольшую опасность представляет рост заболеваемости злокачественной меланомой (раком кожи). Согласно медицинским данным истощение озонового слоя на 1% сопровождается ростом заболеваемости меланомой на 6%.

Увеличение ультрафиолетовой радиации представляет опасность для всех живых организмов на суше и в воде. Высокие дозы этого излучения за счет действия на ДНК могут вызвать мутации у микроорганизмов, привести к ухудшению качества семян, понижению сопротивляемости растений вредителям и болезням. Установлено, что ультрафиолетовые лучи вызывают повреждение клеток и тканей у растений. По расчетам, потеря 25% озона вызовет такой рост радиации, что количество фитопланктона в океане сократится на 35% с соответствующим уменьшением его продуктивности. Истощение озонового слоя оказывает негативное влияние и на климат Земли: ведет к снижению нагрева стратосферы с соответствующим изменением характера поведения температуры воздуха в этой области и нарушением циркуляций воздушных масс в тропосфере.

Данные оценки потерь озона в Арктике весьма противоречивы. Согласно данным спутникового наблюдения к 1981 г. истощение озонового слоя составило 1%, а за семилетний период с 1981 по 1988 г. — 4%. К 2050 г. ожидается 30–50%-ное истощение озонового слоя. По другим данным, к 2015 г. истощение озонового слоя достигнет 17% и затем стабилизируется на этом уровне.

В результате техногенного воздействия на атмосферу наблюдаются следующие негативные последствия:

- превышение ПДК многих токсичных веществ (CO , NO_2 , SO_2 , C_nH_m , бенз(а)пирена, свинца, бензола и др.) в городах и природных зонах;
- образование в городах фотохимического смога при интенсивных выбросах NO_x , C_nH_m ;
- выпадение кислотных дождей в регионах при интенсивных выбросах SO_x , NO_x ;
- проявление парникового эффекта при повышенном содержании CO_2 , NO_x , O_3 , CH_4 в атмосфере, что способствует повышению ее средней температуры;
- разрушение озонового слоя при поступлении в него NO_x и соединений хлора, что создает опасность УФ-облучения биосферы.

Воздействие на гидросферу. Гидросфера — водная среда Земли, образованная совокупностью океанов, морей, поверхностных вод суши, включая лед и снег высокогорных и полярных районов. Гидросфера на 94% состоит из вод океанов и морей, 0,03% — поверхностные воды, 4% — подземные воды, 2% — снег и льды.

Суммарный объем воды в озерах России достигает 26,5—26,7 тыс. км³. В крупных озерах сосредоточена основная часть ресурсов пресных вод: Байкал (23 тыс. км³, или 20% мировых и более 90% национальных запасов пресных вод), Ладожское (908 км³), Онежское (285 км³), Чудско-Псковское (35,2 км³), Имандра (11,2 км³). Всего в 12 наиболее крупных озерах содержится свыше 24,3 тыс. км³ пресных вод.

Суммарный забор воды из природных водных объектов в 2009 г. составил 75,4 км³, использовано 57,7 км³ свежей воды (2008 г. — 62,9 км³), в том числе: пресной из поверхностных источников — 45,2 км³ (49,7 км³), подземных — 7,0 км³ (7,3 км³), морской воды — 5,5 км³ (5,9 км³).

Структура водопотребления характеризуется следующими показателями:

- производственные нужды — 60,5%;
- хозяйственно-питьевые нужды — 18,4%;
- орошение — 13,7%;
- сельскохозяйственное водоснабжение — 0,9%;
- прочие нужды — 6,5%.

Потери воды во внешних сетях при транспортировке от водоисточников до водопотребителей в 2009 г. составили 7,5 км³, а потери воды водопользователями составили 24,7% от объема забранной воды, в основном для орошаемого земледелия.

Общий ежегодный сброс сточных вод для всех видов деятельности в России составил: в 2005 г. — 50,9 км³, в 2007 г. — 51,4 км³, в 2009 г. — 47,7 км³.

Состав основных веществ, загрязняющих воды, приведен в табл. 2.22.

Поверхностные воды. Различают экстремально высокое загрязнение (ЭВЗ) и высокое загрязнение (ВЗ) поверхностных вод различными стоками. Под экстремально высоким загрязнением поверхностных вод принят уровень, превышающий ПДК в пять и более раз для веществ 1-го и 2-го классов опасности и в 50 раз и более для веществ 3-го и 4-го классов. Под высоким загрязнением поверхностных вод принят уровень, превышающий ПДК в 3—5 раз для веществ

Таблица 2.22

Сброс загрязняющих веществ со сточными водами, тыс. т

| Загрязняющие вещества | 2005 г. | 2007 г. | 2009 г. |
|-----------------------|---------|---------|---------|
| Нефтепродукты | 3,7 | 3,1 | 2,5 |
| Взвешенные вещества | 359,4 | 311,9 | 254,1 |
| Фосфор общий | 23,4 | 22,6 | 19,3 |
| Фенолы | 0,04 | 0,03 | 0,03 |
| СПАВ | 2,3 | 2,1 | 1,9 |
| Соединения меди | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Соединения железа | 5,6 | 7,3 | 6,1 |
| Соединения цинка | 0,4 | 0,6 | 0,7 |

1-го и 2-го классов, в 10–50 раз для веществ 3-го и 4-го классов и в 30–50 раз для нефтепродуктов, фенолов, ионов марганца, меди и железа.

Максимальную нагрузку от загрязнения испытывают Обь, Волга, Амур, Енисей и Северная Двина. К наиболее опасным загрязнителям водных объектов относят соединения тяжелых металлов и органические вещества.

К *тяжелым металлам* относят ртуть, свинец, кадмий, хром, марганец, никель, кобальт, ванадий, медь, железо, цинк, сурьму, а так же металлоиды — мышьяк и селен. Особенно опасными считаются ртуть, кадмий и свинец. В воды атомы тяжелых металлов поступают из почв и горных пород в результате химического и микробиологического выщелачивания со стоками, с паводковыми и дождевыми водами, а также при осаждении из атмосферы пылевых частиц, вовлеченных в воздушный перенос. Источниками соединений тяжелых металлов для водных объектов служат предприятия машиностроения, энергетики, горнодобывающего и перерабатывающего комплекса, химические комбинаты, а также сельскохозяйственные предприятия.

В случае загрязнения природных вод кислотными или основными окислами (например, диоксида серы, углекислого газа, аммиака) уменьшается значение рН природных вод. При $\text{pH} < 7$ повышается растворимость солей тяжелых металлов, а следовательно, и концентрация ионов тяжелых металлов в водах увеличивается.

Органические вещества. В список составленный Агентством по охране окружающей среды США входят около 180 органических химикатов, загрязняющих водоемы. К ним отно-

сятся: различные пестициды, летучие и малолетучие хлорорганические соединения, ароматические углеводороды (бензол, ксилол, толуол и др.)

Основные количества органических загрязняющих веществ поступают в воду с промышленными и коммунальными стоками, при сливе пестицидов с сельскохозяйственных угодий, а также за счет осаждения из атмосферы.

В результате накопления органических веществ в водоемах (озерах) в начальный период происходит мощное развитие жизни (рост водорослей, планктона, рыб и т.п.), однако последующие разложение обильной органики сопровождается уменьшением в воде растворенного кислорода, возникновением процессов биодegradации, приводящих к полному зарастанию водоема растительностью (процесс эвтрофирования водоемов).

Последствием эвтрофирования является возникновение анаэробных зон, «цветение» воды, исчезновение многих биологических видов, включая ценные промысловые рыбы. «Цветение» водоемов регистрируется во многих странах мира начиная с конца XIX в. Чаще всего оно проявляется в размножении синезеленых водорослей. В этих случаях говорят о «токсическом цветении», поскольку такие водоросли способны продуцировать токсины, вследствие этого вода становится непригодной к употреблению.

Подземные воды. Доля подземных вод в общем балансе хозяйственно-питьевого водоснабжения России составляет 45%. В сельской местности доля подземных вод достигает 80–85%.

Загрязнение подземных вод весьма высоко. Оно связано с деятельностью промышленных предприятий, с сельскохозяйственной деятельностью, с коммунальным хозяйством. Основными веществами, загрязняющими подземные воды, являются соединения азота (нитраты, нитриты, аммиак или аммоний), сульфаты, хлориды, нефтепродукты, фенолы, соединения железа, тяжелые металлы (медь, цинк, свинец, кадмий, кобальт, никель, ртуть или сурьма).

В 63% интенсивность загрязнения подземных вод составляет 1–10 ПДК, в 23% изменяется в пределах 10–100 ПДК, а в 10% превышает 100 ПДК, и лишь в 4% интенсивность загрязнения не превышает ПДК.

В результате извлечения и добычи подземных вод на отдельных территориях продолжают формироваться крупные региональные депрессионные воронки, площади которых

достигают значительных размеров (до 50 тыс. км²), а снижение уровня в центре — 65–130 м (города Брянск, Курск, Москва, Санкт-Петербург).

Техногенное воздействие на гидросферу приводит к следующим негативным последствиям:

- снижаются запасы питьевой воды (около 40% контролируемых водоемов имеют загрязнения, превышающие 10 ПДК);
- изменяются состояние и развитие фауны и флоры водоемов;
- нарушается круговорот многих веществ в биосфере;
- снижается биомасса планеты и, как следствие, воспроизводство кислорода.

Опасны не только первичные загрязнения поверхностных вод, но и вторичные, образовавшиеся в результате химических реакций веществ в водной среде. Так, при одновременном попадании весной 1990 г. в реку Белая фенолов и хлоридов образовались диоксины, содержание которых в 147 тыс. раз превысило допустимые значения.

Большую опасность загрязненные сточные воды представляют в тех случаях, когда структура грунта не исключает их попадание в зону залегания грунтовых вод. В ряде случаев до 30–40% тяжелых металлов из почвы поступает в грунтовые воды.

Воздействие на литосферу. Литосфера — верхняя твердая оболочка земли. Человеческая деятельность влияет в основном на состояние самого верхнего слоя Земли, на почвенный покров. Почва — рыхлый слой поверхностных твердых пород вместе с включенными в него водами, воздухом, животными организмами и продуктами их жизнедеятельности. Почва служит защитным слоем земной коры, в нем происходит газовый обмен между атмосферой и подземной частью гидросферы.

Литосфера не обладает свойством быстрого рассеивания попадающих в нее извне загрязнителей.

Площадь земельного фонда России составляет 1709,8 млн га. Его структура по категориям земель отражена на рис. 2.27.

Анализ качественного состояния земель показывает, что такие процессы, как опустынивание, переувлажнение, заболачивание, подтопление, затопление, зарастание кустарником и мелколесьем, дегуманизация, засоление и промышленное использование, существенно снижают площади земель сельскохозяйственного назначения, качественное состояние почв. Для урбанизированных территорий наиболее ха-

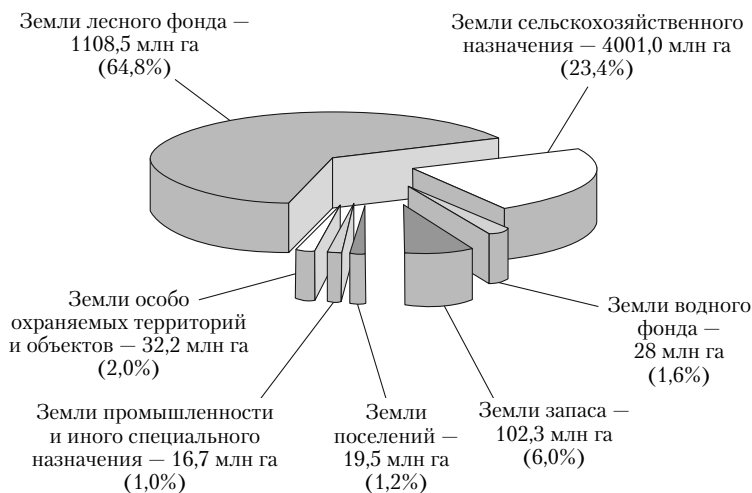


Рис. 2.27. Структура земельного фонда России по категориям земель

рактерными являются такие проявления, как разрушение почвенного покрова, химическое загрязнение и захламление земель промышленными и бытовыми отходами.

Химическое загрязнение почв связано со следующими причинами:

- атмосферным переносом загрязняющих веществ (тяжелые металлы, кислотные осадения);
- сельскохозяйственным загрязнением (удобрения, пестициды);
- наземным загрязнением (отходы быта и производств, отвалы топливно-энергетических комплексов, загрязнение нефтью и нефтепродуктами).

Тяжелые металлы поступают в почву преимущественно из атмосферы с выбросами промышленных предприятий (табл. 2.23). Из атмосферы в почву тяжелые металлы попадают чаще всего в форме оксидов, где постепенно растворяются, переходя в гидроксиды, карбонат или в форму обменных катионов.

Наибольшую опасность в плане седиментации токсичных веществ из атмосферы представляют предприятия цветной и черной металлургии. Зоны загрязнений их выбросами имеют радиусы около 20–50 км, а превышение ПДК достигает 100 раз. Опасны выбросы мусоросжигающих заводов, содержащие тетраэтил свинец, ртуть, диоксины, бенз(а)пи-

рен и т.п. Выбросы ТЭС содержат бенз(а)пирен, соединения ванадия, радионуклиды, кислоты и другие токсичные вещества. Зоны загрязнения имеют радиусы 5 км от трубы и более.

Таблица 2.23

Города и поселки Российской Федерации с различной категорией опасности загрязнения почв комплексом металлов

| Населенный пункт | Год наблюдения | Зона обследования радиусом (км) вокруг предприятий — источников загрязнений | Приоритетные металлы |
|---|----------------|---|----------------------------------|
| <i>Опасная категория загрязнения</i> | | | |
| Баймак | 2005 | 0—1 | Цинк, кадмий, свинец, медь |
| Кировград | 2008 | 0—1 | Цинк, свинец, медь, кадмий |
| Нижний Новгород | 2003 | Сормовский район | Свинец, медь, хром, никель |
| Рудная Пристань | 2007 | От 0 до 1 от поселка | Свинец, кадмий, цинк |
| Ревда | 2009 | Участок многолетних наблюдений; 1 | Свинец, цинк, медь, кадмий |
| <i>Умеренно опасная категория загрязнения</i> | | | |
| Асбест | 2004 | Территория города | Никель, хром, цинк |
| Дальнегорск | 2007 | 0—20 вокруг города | Свинец, цинк, кадмий |
| Екатеринбург | 2000 | Территория города | Медь, цинк, хром, никель, свинец |
| Нижний Новгород | 2008 | Автозаводской и Канавинский районы | Свинец, цинк, медь |
| Нижний Тагил | 2006 | Территория города | Медь, свинец, цинк |
| Полевской | 2008 | От 0 до 5 | Никель, хром, цинк |
| Первоуральск | 2004 | Территория города | Медь, свинец, цинк, кадмий |
| Свирск | 2009 | 0—1 | Свинец, цинк |
| Учалы | 2005 | Территория города | Кадмий, свинец, цинк, медь |

Важным показателем почв является их *кислотность*. Источниками кислоты и оснований являются продукты распада органических соединений, гидролиз неорганических соединений и загрязнения, вносимые в почву из атмосферы и гидросферы. В зависимости от величины рН почвы относятся к кислым ($\text{pH} < 7$) и щелочным ($\text{pH} > 7$).

Подкисление почвы способствует переходу соединений тяжелых металлов в растворимые соединения. Соединения тяжелых металлов и повышенная кислотность обладают *синергетическим действием* на растения.

Песчаные почвы более устойчивы к загрязнению, они не обладают способностью связывания тяжелых металлов, легко пропускают их через себя с фильтрующимися водами. На таких почвах возрастает опасность загрязнения подземных вод.

Глинистые почвы обладают способностью прочно связывать тяжелые металлы, предохраняя от загрязнения грунтовые воды. Так например, общее количество свинца, которое может задержать метровый слой такой почвы на одном гектаре, достигает 500–600 т.

Закисление почвы снижает скорость разложения органических веществ, так как большинство почвенных бактерий и грибов угнетаются в кислой среде. Степень кислотности влияет на растворимость алюминия в почвенном слое. Алюминий широко распространен в земной коре, присутствует в значительных количествах во многих почвенных минералах, входит в состав глинистых почв (каолин). При повышении кислотности происходит растворение соединений алюминия и переход в раствор. Образующиеся соединения обладают токсичностью для корневой системы растений.

Распространенными загрязнителями почвы являются *пестициды* и родственные им соединения. Без их применения потери урожая от сорняков, вредителей и болезней могут достигать 60%. В мире производится около 1500 наименований пестицидов. В окружающую среду поступают все пестициды, производимые мировой промышленностью. Для оценки относительной опасности того или иного пестицида ввели характеристику «продолжительности жизни» его в биосфере. По этому параметру выделяют несколько групп пестицидов — препараты с продолжительностью сохранения в окружающей среде 18, 12, 6, 3 и менее 3 месяцев соответственно. Наиболее стабильны в природе (сохраняются в те-

чение нескольких лет) хлорорганические пестициды, которые могут накапливаться в пищевых цепях.

Нефть представляет собой один из наиболее крупных видов органических загрязнителей литосферы. В состав нефти входит более 150 различных углеводородов (75% от общего состава нефти). Кроме того, в нефти содержатся азот, сера, кислородсодержащие соединения и, в зависимости от месторождения, железо, никель, медь.

Нефть и нефтепродукты попадают в почву при различных обстоятельствах: при разведке и добыче, при авариях на нефтепроводах, на транспорте, на нефтебазах и бензоэстаках, из средств транспорта.

Нефтяное загрязнение почв относится к числу наиболее опасных, поскольку оно принципиально изменяет свойства почв. Нефть обволакивает почвенные частицы, в результате почва не смачивается водой, гибнет микрофлора, растения не получают должного питания. Частицы почвы слипаются, а сама нефть постепенно переходит в иное состояние, ее фракции становятся более окисленными, затвердевают, и при высоких уровнях загрязнения почва напоминает асфальтоподобную массу.

Источниками загрязнения окружающей среды соединениями фтора являются алюминиевые заводы, предприятия по производству фосфорных удобрений и др. В 2009 г. наибольшее загрязнение почв валовой формой фтора зарегистрировано в г. Братск. Средняя и максимальная массовые доли фтора в слое почвы от 0 до 5 см составили соответственно 500 мг/кг и 1100 мг/кг.

В табл. 2.24 приведены основные источники и наиболее распространенные группы веществ химического загрязнения почвы.

Техногенное воздействие на почву сопровождается:

- отторжением пахотных земель или уменьшением их плодородия. По данным ООН, ежегодно в мире выводится из строя около 6 млн га плодородных земель;
- чрезмерным насыщением токсичными веществами растений, что неизбежно приводит к загрязнению продуктов питания растительного и животного происхождения. В настоящее время до 70% токсичного воздействия на человека приходится на пищевые продукты;
- нарушением биоценозов вследствие гибели насекомых, птиц, животных, некоторых видов растений;
- загрязнением грунтовых вод, особенно в зоне свалок.

Таблица 2.24

Источники и вещества, загрязняющие почву

| Вещества | Источники загрязнения почвы | | | | |
|--|-----------------------------|-----------|-----|-----|--------------------|
| | промыш-ленность | транспорт | ТЭС | АЭС | сельское хозяйство |
| Тяжелые металлы и их соединения (Hg, Pb, Cd и др.) | + | + | + | — | + |
| Циклические углеводороды, бенз(а)пирен | + | + | + | — | + |
| Радиоактивные вещества | + | — | + | + | — |
| Нитраты, нитриты, фосфаты, пестициды | — | — | — | — | — |

Промышленные и бытовые отходы. Ежегодно из недр страны добывается огромное количество горной массы, при этом вовлекается в оборот около трети, а используется в производстве около 7% объема добычи. Большая часть отходов не используется и скапливается в отвалах.

Примерами значительного накопления отходов, связанных с добычей полезных ископаемых, могут служить терриконы угольных шахт, отвалы вблизи карьеров при наземной добыче руд. Наиболее остро стоит вопрос утилизации отходов в угольной промышленности, поскольку на некоторых шахтах добыча каждой тонны угля сопровождается подъемом из шахт до 7–10 м³ породы.

Отвалы различных производств, топливно-энергетических комплексов занимают немалые площади, выводя из пользования земельные угодья и представляя опасность для окружающей среды. Так, например, отвалы многих горных пород содержат пирит FeS₂, который на воздухе самопроизвольно окисляется до серной кислоты, в результате чего в период дождей или снеготаяния образуются сильно закисленные территории. Источниками загрязнения соединениями фтора являются алюминиевые заводы в Братске, Иркутске и др., предприятия по производству фосфорных удобрений и др.

Ежегодно в Российской Федерации образуется значительное количество промышленных отходов; так, в 2008 г. их объем составил 3876,9 млн т, а в 2009 г. — 3505 млн т. Более половины объема промышленных отходов приходится на угольную отрасль; около трети — отходы металлургического производства (рис. 2.28).

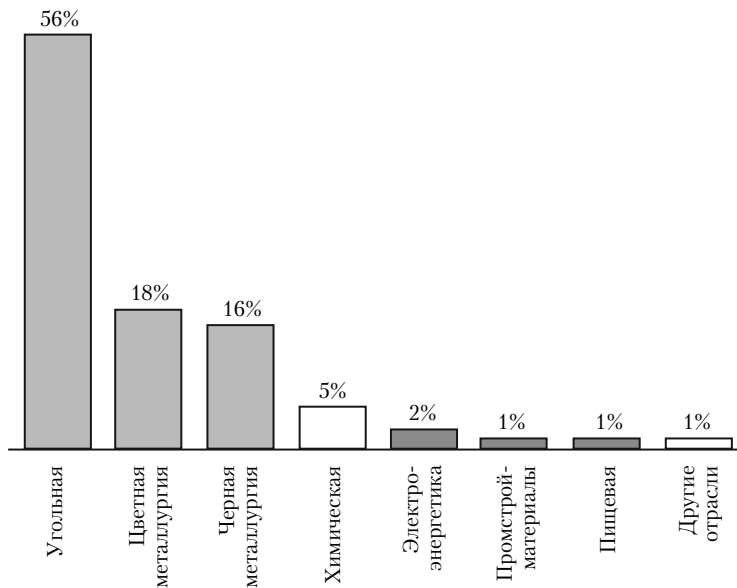


Рис. 2.28. Доли отраслей в объеме образования отходов промышленности

К 2012 г. на территории Российской Федерации накоплено свыше 2 млрд т токсичных отходов.

В настоящее время одной из самых острых проблем является утилизация и захоронение радиоактивных отходов АЭС. Опасны и значительны отходы сельскохозяйственного производства — навоз, остатки ядохимикатов, кладбища животных.

Распределение отходов по классам опасности представлено на рис. 2.29. Отходы V класса опасности (практически не опасные) составляют 90%, IV класса (малоопасные) — 9%.

Практически весь объем образующихся токсичных отходов (95%) имеет промышленное происхождение, а остальные 5% отходов этой категории распределяются почти поровну между сельским хозяйством (3,7 млн т) и ЖКХ (3,4 млн т). По данным Госкомстата России, к 2000 г. в стране было накоплено 2 млрд т токсичных отходов, имеется 2,9 тыс. мест захоронения общей площадью 22 тыс. га.

Ежегодно в России образуется около 150 млн м³ (30 млн т) твердых бытовых отходов (ТБО) (в том числе в Москве — 5 млн т). По прогнозам, ежегодное накопление ТБО увеличится до 200 млн м³, что объясняется увеличением доли та-



Рис. 2.29. Распределение объема образовавшихся отходов по классам опасности

ры и упаковки в массе продуктов и товаров. К ТБО относятся: бумага и картон, полимерные материалы, стекло, древесина, металлы и др.

Энергетические воздействия. Энергетические загрязнения окружающей среды, как правило, обусловлены производственной деятельностью человека. Наибольший вклад в энергетическое загрязнение окружающей среды вносят изменения ее электромагнитных параметров в диапазонах частот, соответствующих областям радиоволн, инфракрасного или теплового излучения, рентгеновского и гамма-излучения, которые вместе с α - и β -частицами являются причиной радиоактивного загрязнения биосферы, а также изменения виброакустических параметров (виброакустическое загрязнение).

Электромагнитные поля и излучения. Основные искусственные источники ЭМП: радиолокационные, радио- и телепередающие станции, электростанции и трансформаторные подстанции, энергосиловые установки, воздушные линии электропередачи, электрифицированные железные дороги, компьютеры, широко разветвленные электрические, в том числе кабельные, сети и др. Напряженность техногенных ЭМП на значительных территориях на 2–5 порядков превышает естественный фон ЭМП.

Уровни электромагнитных излучений (ЭМИ) очень часто превосходят допустимые санитарные нормы в районах аэропортов, радио- и телестанций, военных, радиотехнических и других объектов. Например, в районе расположения теле- и радиостанции плотность потока энергии достигает сотен Вт/м² при ПДУ в рабочей зоне 10 Вт/м².

Тепловые загрязнения — одно из крупных видов загрязнения окружающей среды. Только в 2000 г. отвод теплоты в мире от энергетических производств достигал 241 000 млн Гкал, что неизбежно приводило к росту температуры окружающей среды. В глобальном масштабе этот прирост теплоты невелик и приводит всего лишь к увеличению теплоты от солнечной радиации на 0,019%.

Проблема техногенного теплового загрязнения наиболее значима в региональном масштабе, поскольку оно достигает в среднем $1,6\text{--}2,0$ Вт/м² (из них на ЖКХ приходится 33% теплоты; на ТЭС и ТЭЦ — 25%, на промышленность — 29%, на транспорт — 13%). Еще более значимы тепловые загрязнения в крупных городах и около некоторых объектов экономики. Например, в Берлине выбросы теплоты — 22 Вт/м², в зоне ЦБК — 2000 Вт/м², около мощной ТЭС — 24 000 Вт/м². В расчете на единицу производимой энергии АЭС сбрасывает в окружающую среду больше теплоты, чем ТЭС. Для мощных АЭС расход воды на охлаждение достигает 180 м³/с, тогда как ТЭС аналогичной мощности потребляют всего 70–90 м³/с. Для сравнения: плотность потока солнечной радиации вблизи поверхности Земли составляет 935 Вт/м².

Температура поверхности Земли — важнейший из абiotic факторов, влияющих на развитие микроорганизмов, выживание животных и растений. Последнее особенно актуально, поскольку большая часть теплоты отводится в водоемы и приводит к их подогреву. Повышение температуры воды даже на несколько градусов сопровождается упрощением водных сообществ. Известно, что при температуре воды 31°С число видов уже вдвое меньше, чем при 26°С.

По общим оценкам, выбрасываемая низкопотенциальная теплота возрастает пропорционально росту производства электроэнергии и к началу XXI в. составляла около 0,02% от солнечной радиации. Учитывая темпы роста энергетики (3,5% в год) можно считать, что опасное глобальное загрязнение Земли (1–5% от количества солнечной энергии) будет достигнуто за пределами XXI в.

Ионизирующие загрязнения. Радиационное загрязнение окружающей среды происходит за счет поступления в нее радионуклидов, извлекаемых из глубин земли вместе с углем, газом, нефтью, минеральными удобрениями, строительными материалами и др. Ряд радионуклидов содержится в сжигаемых углях. Удельная активность угольной золы достигает следующих величин, Бк/кг: 265 — ⁴⁰K, 200 — ²³⁸U,

240 — ^{226}Ra , 930 — ^{210}Pb , 1700 — ^{210}Po и т.д. Индивидуальная средняя годовая доза облучения в районе ТЭС мощностью 1 млн кВт (район радиусом 20 км) может достигать 0,5 бэр. Эта доза зависит от зольности угля и эффективности очистки дымовых газов от твердых частиц (летучей золы).

Значительное количество радионуклидов содержится в удобрениях, применяемых в сельском хозяйстве. После внесения удобрений в почву радионуклиды по пищевым цепям поступают в живые организмы. Так, тройной суперфосфат (производства США) имеет удельную активность Бк/кг: 2100 — ^{238}U , 1800 — ^{238}Th , 780 — ^{226}Ra , азотно-фосфорно-калиевые удобрения (Бельгия): 470 — ^{238}U , 210 — ^{226}Ra , 5900 — ^{40}K .

Глобальное загрязнение окружающей среды техногенными радионуклидами на территории РФ обусловлено атмосферными ядерными взрывами, проводившимися в 1945—1980 гг. в процессе испытаний ядерного оружия на полигонах планеты. В некоторых регионах России фиксировалось дополнительное радиоактивное загрязнение объектов окружающей среды. На ЕТР таким источником остается Чернобыльская АЭС, на АТР — радиационная авария в 1957 г. на ПО «Маяк» в Челябинской области и ветровой вынос радионуклидов с обнажившихся берегов озера Карачай, куда сливались жидкие радиоактивные отходы этого предприятия. Кроме того, в настоящее время источниками локального радиоактивного загрязнения окружающей среды являются некоторые предприятия ядерного топливного цикла, такие как Сибирский химический комбинат в Томской области, Горно-химический комбинат в Красноярском крае, ФГУП «ПО «Маяк» в Челябинской области.

На начало 2010 г. количество организаций, предприятий и учреждений, осуществлявших свою деятельность в области использования атомной энергии под надзором межрегиональных территориальных управлений по надзору за ядерной и радиационной безопасностью, составляло 2271. Поднадзорные объекты имели в своем составе 4738 радиационных источников стационарных, 1438 отходами и радионуклидными источниками.

После чернобыльской аварии некоторые территории ЕТР были загрязнены техногенными радионуклидами. Радиационная обстановка на этих территориях до сих пор определяется наличием долгоживущего продукта аварии — ^{137}Cs . Наибольшие площади загрязнения расположены

в Брянской и Тульской областях. В этих районах после аварии регистрируются повышенные значения мощности экспозиционной дозы гамма-излучения, которые мало меняются из года в год.

Радиоактивные вещества поступают в биосферу на всех стадиях ядерно-топливного цикла (ЯТЦ): добыча и переработка урановых и ториевых руд, обогащение урана изотопом ^{235}U , изготовление ТВЭЛов, получение энергии в ядерных реакторах, переработка отработавшего ядерного топлива, переработка, хранение и захоронение радиоактивных отходов, транспортировка радиоактивных материалов.

При добыче ураносодержащей руды образуются газообразные, жидкие и твердые радиоактивные отходы (РАО). Газообразные отходы образуются в основном за счет ^{222}Rn (до $8 \cdot 10^9$ Бк на 1 т добытой руды), жидкие отходы определяются шахтными водами, образующимися при дренаже, и водой для технологических целей; твердые отходы — горная порода и руды с низким содержанием урана.

Основные источники потенциальной ядерной опасности — ядерные реакторы. Даже при штатной работе АЭС образуются газообразные, жидкие и твердые РАО, часть которых поступает в окружающую среду, поскольку системы очистки не дают 100% эффекта. Газообразные РАО: радиоактивные благородные газы (РБГ), например, около десяти радионуклидов Кг и Хе — продуктов деления, ^{41}Ar — продукт нейтронной активации, ^{40}Ar , содержащегося в воздухе и теплоносителе. Более 50 биологически значимых радионуклидов содержится в аэрозольных выбросах АЭС. Жидкие РАО: пульпа ионообменных смол, фильтроматериалы, кубовые остатки выпарных аппаратов, в которые поступает загрязненная радионуклидами вода при эксплуатации или ремонте реактора, дебалансные воды, активность которых создается в основном за счет трития, так как система очистки не позволяет извлекать тяжелую воду из воды. Твердые РАО: отвержденные жидкие концентрированные РАО, детали оборудования реактора, снятые с эксплуатации, отработавшие материалы.

Доза облучения населения зависит от времен, расстояния и типа реактора. Например, расчетная индивидуальная средняя эффективная эквивалентная годовая доза облучения населения от газоаэрозольных выбросов составляет на расстоянии 10 и 100 км соответственно для РБМК-0,135 и 0,00135 мбэр/гВт; для ВВЭР — 0,0079 и 0,00036 мбэр/гВт.

При нормальном режиме эксплуатации вклад АЭС в годовую индивидуальную дозу облучения населения с учетом каждого из путей возможного поступления радиоактивных веществ в окружающую среду (атмосферный воздух, вода открытых водоемов) не должен превышать 10 мкЗв. При этом радиационный риск для населения, проживающего в районах расположения АЭС, безусловно приемлем на уровне менее 10^{-6} год⁻¹. Данные Федеральной службы свидетельствуют о том, что в действительности вклад АЭС в дозу облучения населения, проживающего в районах расположения этих объектов, намного меньше указанной величины.

Значимый вклад в загрязнение биосферы вносят долгоживущие радионуклиды ³H, ¹⁴C, ³⁵Kr, ⁹⁰Sr, ¹⁰⁶Ru, ¹²⁹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs и изотопы трансурановых элементов, присутствующие в выбросах и сбросах заводов по переработке облученного ядерного топлива. Такой завод, перерабатывающий 1500 т отработанного топлива, создает на расстоянии до 100 км годовую эффективную эквивалентную дозу до 25 мбэр. Кроме того, в окружающую среду могут поступать отходы кислот, химреагентов для обработки жидких РАО, органических растворителей, способные загрязнять грунтовые воды на больших территориях.

На конечной стадии ЯТЦ производится захоронение высокоактивных РАО. До сих пор не определены оптимальные способы захоронений. Есть проекты захоронений в глубоких подземных выработках, например в соляных шахтах, в герметичных емкостях глубоко под землей или на дне океана и т.д. Каждый способ имеет свои недостатки, создающие угрозу глобального загрязнения в будущем. Оптимистические оценки лучших вариантов, например отверждение отходов с последующим захоронением в геологически стабильных районах, показывают, что заметные количества радиоактивных веществ достигнут биосферы через 10^5 – 10^6 лет.

В России за 2009 г. на предприятиях образовалось 3,87 млн м³ жидких радиоактивных отходов (ЖРО) и 1,37 млн т твердых радиоактивных отходов (ТРО). Из общего объема образовавшихся ЖРО основную часть (95,6%) составляют низкоактивные отходы, суммарная активность которых — около 0,02% суммарной активности всех образовавшихся ЖРО. Доля образовавшихся за год высокоактивных отходов (ВАО) составляет менее 0,3% общего объема, а их сум-

марная активность — 82% общей активности образовавшихся ЖРО. Годовой объем переработки ЖРО на предприятиях атомной области в 2009 г. составил 3,5 млн м³, а ТРО — около 2,24 тыс. т. Из общей массы переработанных ТРО: 68% — отходы низкой активности, 2,5% — среднеактивные отходы, 29,5% — высокоактивные отходы. В суммарном объеме образовавшихся низкоактивных ЖРО: 38% объема — отходы ОАО «Сибирский химический комбинат» в Томской области, около 32% — ФГУП «ПО «Маяк», 24% — ФГУП «Горно-химический комбинат» в Красноярском крае. Доля остальных предприятий составляет около 5%. На ПО «Маяк» ведется переработка как вновь образовавшихся ЖРО, так и накопленных ранее: после переработки высокоактивных ЖРО получено 484 т остеклованных отходов.

Виброакустические загрязнения. Деятельность человека в биосфере сопряжена с невольным и все возрастающим производством ненужных для людей, фауны, флоры звуков — шумов, а также вибраций.

Шум в окружающей среде вызывается источниками, находящимися снаружи или внутри здания: средствами транспорта, оборудованием предприятий, вентиляторами, компрессорными установками, станциями для испытания двигателей и генераторов, аэрогазодинамическими установками, электрическими трансформаторами. Нарастание шума происходит и вне городской среды: шум наземного, водного, воздушного транспорта, сельхозмашин, ветровых электростанций. Очевиден шумовой прессинг на все живое: растительный и животный мир, на человека. На рис. 2.30 показаны зоны распространения шума и вибраций в Москве, на крупных магистралях которой шум достигает 80 дБА.

В многонаселенных городах интенсивность шума каждые 25—30 лет возрастает примерно в 10 раз, т.е. на 10 дБА.

Источники вибраций в окружающей среде: оборудование ударного действия (молоты, машины для забивания свай под фундаменты зданий), рельсовый транспорт, мощные энергетические установки (насосы, компрессоры, двигатели), инженерное оборудование зданий (лифты, насосные установки), системы отопления, канализации. Вибрации, часто сопровождаемые звуковыми колебаниями, распространяются по грунту и достигают фундаментов жилых и общественных зданий, инженерных сооружений. Это может вызвать неравномерность осадки грунта и фундамента, особенно при высокой насыщенности грунта влагой, и разрушений разме-

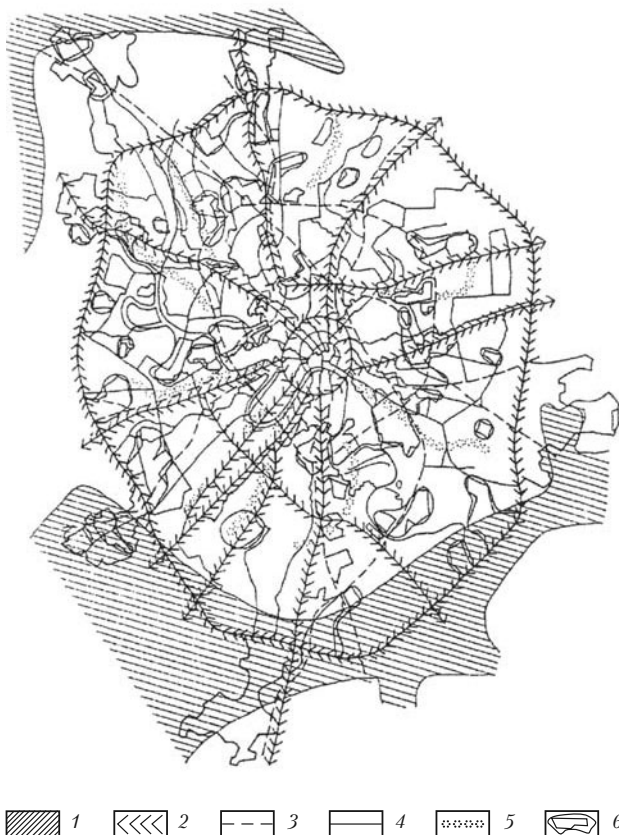


Рис. 2.30. Зоны распространения шума и вибраций в Москве:

шум: 1 — от авиации; 2 — от автотранспорта; 3 — от железнодорожного транспорта; 4 — от метрополитена; 5 — от вибрации; 6 — от промзон

ценных на них зданий и сооружений. Во всех случаях вибрации вызывают раздражающее действие.

Протяженность зоны воздействия вибраций в окружающей среде определяется интенсивностью (амплитудой) вибрации источника (фундамента машины), а также величины затухания вибраций в грунте и может достигать 150–200 м.

С проблемой вибрации сталкиваются и в быту, когда, например, жилой дом располагается у железной дороги, автостреды или когда в его подвальных помещениях размещается какое-либо технологическое оборудование.

Механизм, с помощью которого движущийся поезд (рис. 2.31) возбуждает вибрации грунта, основан на возник-

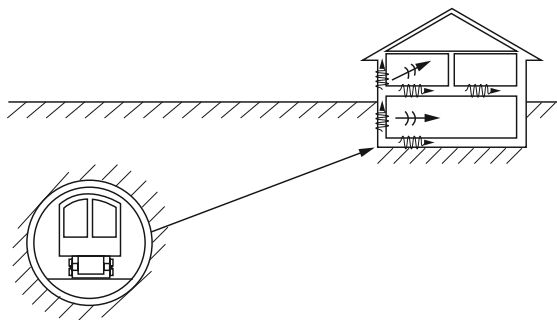


Рис. 2.31. Распространение вибраций от поезда метрополитена по грунту

новении динамических сил между колесом и рельсом из-за неровностей на поверхностях качения. В интервале эксплуатационной скорости движения поездов от 30 до 110 км/ч спектр вибрации, передаваемой грунту, сосредоточен в частотном диапазоне 10–250 Гц.

2.5. Чрезвычайные техногенные опасности

Локально действующие чрезвычайные опасности. Кроме рассмотренных выше опасностей, действующих длительно, в течение всего времени пребывания человека в опасной зоне на него могут оказывать воздействие и спонтанно возникающие травмоопасности, такие как электрический ток, движущиеся механические устройства, режущие и колющие предметы, падение с высоты и т.п.

Возникновение таких опасностей возможно при неправильной эксплуатации электрических сетей, средств транспорта, подъемно-транспортного оборудования, различного инструмента.

Возникновение чрезвычайных ситуаций в промышленных условиях и в быту часто связано с разгерметизацией систем повышенного давления (баллонов и емкостей для хранения или перевозки сжатых, сжиженных и растворенных газов, газопроводов, систем теплоснабжения и т.п.).

В чрезвычайных ситуациях проявление первичных негативных факторов (обрушение конструкций, столкновение транспортных средств и т.п.) может вызвать цепь вторич-

ных негативных воздействий (эффект «домино») — пожар, загазованность или затопление помещений, разрушение систем повышенного давления, химическое, радиоактивное и бактериальное воздействие и т.п. Последствия (число травм и жертв, материальный ущерб) от действия вторичных факторов часто превышают потери от первичного воздействия.

Электрический ток. Воздействие электрических сетей на человека и окружающую материальную среду многообразно. Значительную опасность представляют электрические сети для людей, оказавшихся в условиях непосредственного контакта с сетями.

При коротком замыкании в электрических сетях с образования электрической дуги возможно возникновение возгораний горючих веществ, приводящее к пожарам и взрывам, травмирование обслуживающего персонала и посторонних лиц, оказавшихся в зоне влияния дуги.

Опасность поражения человека электрическим током определяется прежде всего величиной тока $I_{\text{ч}}$, проходящего через тело человека. Его определяют по формуле

$$I_{\text{ч}} = U_{\text{пр}}/R_{\text{ч}}$$

где $U_{\text{пр}}$ — напряжение прикосновения; $R_{\text{ч}}$ — сопротивление тела человека.

Прохождение тока может вызывать у человека раздражение и повреждение различных органов. Электрический ток оказывает действие на нервные клетки, кровеносные сосуды и кровь, сердце, головной мозг, органы дыхания и т.д. Наиболее часто встречаются: судороги, фибрилляция сердца, прекращение дыхания, паралич сердца и ожоги.

Минимальная величина тока, под которым возникает судорожное сокращение мышц, называют *пороговым неотпускающим током*. Его значение для переменного тока частотой 50 Гц лежит в пределах 6—16 мА. Дальнейший рост переменного тока частотой 50 Гц сопровождается следующими воздействиями:

| Сила тока, мА | Воздействие |
|---------------|---------------------------------|
| 20—25 | Паралич рук, дыхание затруднено |
| 50—80 | Паралич дыхания |
| 90—100 | Фибрилляция сердца |
| ≥ 300 | Паралич сердца |

Важными факторами, влияющими на результат воздействия электрического тока на человека, являются:

- род тока и частота;
- путь прохождения тока;
- время его действия;
- температура и влажность воздуха;
- состояние кожных покровов человека;
- другие.

В общем случае показано, что при напряжении до 500 В переменный ток опаснее постоянного, а при напряжении более 500 В опаснее постоянный ток. Наибольшую опасность представляет ток частотой 50 Гц. Рост и уменьшение частоты снижают опасность его воздействия.

Путь прохождения тока многовариантен. Наиболее опасное воздействие наблюдается в случаях, когда ток проходит через сердце или мозг. Рост времени воздействия тока повышает опасность смертельного поражения. Длительные судороги мышц могут привести к остановке дыхания и сердца.

Сопротивление тела человека во многом зависит от состояния его кожных покровов. Если кожа увлажнена, имеет трещины, то ее сопротивление значительно уменьшается, достигая значений 650—1000 Ом и приближаясь к внутреннему сопротивлению, равному 650—800 Ом.

Опасность поражения человека электрическим током зависит от состояния и вида помещения, где применяются электрические сети и электроустановки. По опасности поражения током различают:

1) помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность;

2) помещения с повышенной опасностью, характеризующиеся наличием одного из следующих условий:

- сырости (относительная влажность длительно превышает 75%) или токопроводящей пыли;
- токопроводящих полов (металлические, земляные, железобетонные и т.п.);
- высокой температуры, постоянно или периодически (более суток) превышающей +350°С;
- возможности одновременного прикосновения к металлическим корпусам электрооборудования, с одной стороны, и к металлоконструкциям зданий, имеющим соединение с землей, технологическим аппаратам, механизмам и т.п. — с другой. Сюда можно отнести, например, складские неотапливаемые помещения;

3) помещения особо опасные, характеризующиеся одним из следующих признаков:

- особой сыростью (влажность близка к 100%);
- химически активной или органической средой, разрушающей изоляцию и токоведущие части электрооборудования;
- наличием одновременно двух или более условий повышенной опасности. К таким помещениям относится большая часть производственных помещений;

4) территории размещения наружных электроустановок, которые по опасности поражения током приравниваются к особо опасным помещениям.

Опасность поражения человека электрическим током наступает вследствие:

- напряжения шага, которое равно напряжению между точками земли, обусловленному растеканием тока замыкания на землю, при одновременном касании их ногами человека. Численно напряжение шага равно разности потенциалов точек, на которых находятся ноги человека. Поле потенциалов на поверхности земли может возникнуть, например, при замыкании провода на землю в результате его обрыва, при стекании тока с заземлителя и т.п.;

- прикосновения к неизолированным токоведущим частям, когда человек одновременно находится в контакте с потенциалом земли или другой токоведущей частью иного потенциала (прямое прикосновение) или прикосновения к части электрического оборудования, которая находится под напряжением, вследствие повреждения изоляции, когда человек находится в контакте с потенциалом земли или другой проводящей частью оборудования иного потенциала (косвенное прикосновение);

- образования электрической дуги между токоведущей частью установки и человеком, что возможно в электрических установках напряжением свыше 1000 В.

Напряжение шага. Для анализа растекания тока в грунте принимаем, что ток стекает в грунт через одиночный заземлитель полусферической формы (рис. 2.32), грунт однородный и изотропный, его удельное сопротивление s во много раз превышает удельное сопротивление материала заземлителя.

Тогда потенциал φ_A точки A на расстоянии x выразится зависимостью $\varphi_A = \frac{I_3 \rho}{2\pi x}$, а φ_3 на заземлителе равно $\frac{I_3 \rho}{2\pi l}$, где I_3 — ток, стекающий с заземлителя в грунт.

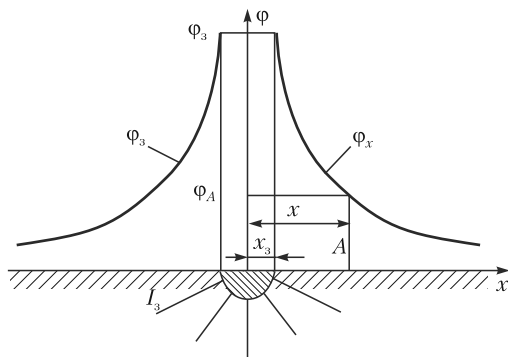


Рис. 2.32. Растекание тока в грунте

Таким образом, потенциал на поверхности грунта распределяется по закону гиперболы (рис. 2.33). Максимальным потенциал будет при $x = x_3$.

Зону земли, за пределами которой электрический потенциал, обусловленный токами замыкания на землю, может быть условно принят равным нулю, называют зоной растекания тока замыкания на землю. Зона растекания тока простирается, в среднем, на расстояние до 20 м от места замыкания на землю.

При расположении одной ноги человека на расстоянии x от упавшего провода заземлителя и ширине шага, которая обычно принимается за 1 м, получаем

$$U_{\text{ш}} = \varphi \frac{ax_3}{x(x+a)} = U_3\beta,$$

где $\beta = \frac{ax_3}{x(x+a)}$ — коэффициент напряжения шага, который зависит от расстояния заземлителя и ширины шага (чем ближе к заземлителю и шире шаг, тем коэффициент β больше).

Электрический ток через тело человека, обусловленный напряжением шага, равен

$$I_{\text{ч}} = U_{\text{ш}}/R_{\text{ч}},$$

где $R_{\text{ч}}$ — сопротивление в цепи протекания тока через человека, состоящее из сопротивлений тела человека, обуви и опорной поверхности, на которой он находится.

Опасность поражения током в электрических сетях. Случаи поражения человека током возможны лишь при замыкании электрической цепи через тело человека, т.е. при прикосновении человека не менее чем к двум точкам цепи,

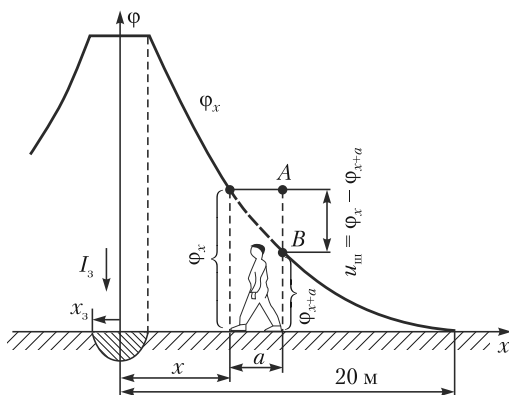


Рис. 2.33. Напряжение шага

между которыми существует напряжение (разность потенциалов). Опасность такого прикосновения зависит от ряда факторов: схемы включения человека в цепь, напряжения сети, схемы самой сети, режима ее нейтрали, степени изоляции токоведущих частей относительно земли.

Схемы включения человека в электрическую цепь могут быть различными (рис. 2.34). Наиболее характерными являются две схемы включения: между двумя проводниками (двухфазное включение) и между одним проводником и землей (однофазное включение). Во втором случае предполагается наличие электрической связи между сетью и землей. Двух-

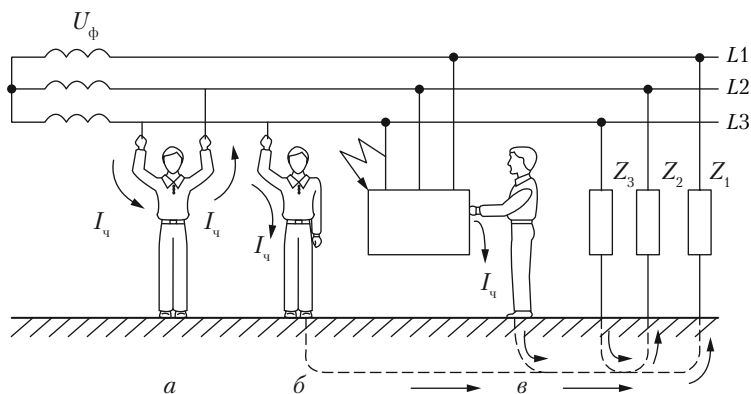


Рис. 2.34. Случаи включения человека в электрическую цепь:

a — двухфазное; *б* и *в* — однофазное (прямое и косвенное);
Z — полное сопротивление фазы относительно земли

фазное включение — прикосновение человека одновременно к двум фазам, как правило, более опасно, поскольку к телу человека прикладывается наибольшее в данной сети напряжение — линейное, и поэтому через тело человека пройдет ток силой

$$I_{\text{ч}} = U_{\text{л}}/R_{\text{ч}} = 1,73U_{\text{ф}}/R_{\text{ч}},$$

где $U_{\text{л}}$ — линейное напряжение, т.е. напряжение между фазными проводами сети; $U_{\text{ф}}$ — фазное напряжение; $U_{\text{л}} = 1,73U_{\text{ф}}$.

Двухфазное включение является одинаково опасным в сети как с изолированной, так и с заземленной нейтралью. При этом изоляция человека от земли, например с помощью диэлектрического коврика, не уменьшит опасность поражения.

Однофазное включение происходит значительно чаще, но является менее опасным, чем двухфазное, поскольку напряжение, под которым оказывается человек, не превышает фазного. Соответственно меньше будет и ток, проходящий через тело человека. Кроме того, на значение этого тока влияют режим нейтрали источника тока, сопротивление изоляции и емкость проводов относительно земли, сопротивление пола, на котором стоит человек, сопротивление его обуви и другие факторы.

Рассмотрим подробнее получившее широкое распространение трехфазные сети напряжением до 1 кВ при нормальном и аварийном режимах работы. Это сети трехпроводные с изолированной нейтралью и сети с глухо заземленной нейтралью.

В трехфазной трехпроводной сети с изолированной нейтралью ток, проходящий через тело человека, при прикосновении к одной из фаз сети в период ее нормальной работы определяют следующим выражением:

$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\text{ф}}}{R_{\text{ч}} + r/3},$$

где r — сопротивление изоляции провода.

Из этого выражения следует, что с увеличением сопротивления изоляции опасность поражения током уменьшается. Поэтому очень важно в таких сетях обеспечивать высокое сопротивление изоляции и контролировать ее состояние для своевременного выявления и устранения возникших неисправностей.

При аварийном режиме работы сети (рис. 2.35), когда возникло замыкание одной из фаз на землю через малое сопро-

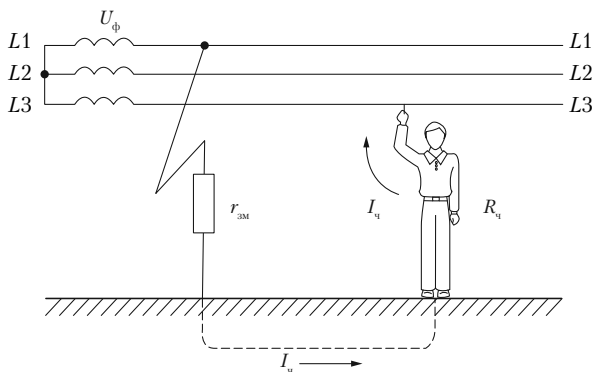


Рис. 2.35. Прикосновение человека к проводу трехфазной трехпроводной сети с изолированной нейтралью при аварийном режиме

тивление $r_{зМ}$, ее напряжение относительно земли снижается, поскольку $r_{зМ} \ll r$.

При этом напряжении, под которым окажется человек, прикоснувшийся к исправной фазе трехфазной сети с изолированной нейтралью, будет значительно больше фазного и несколько меньше линейного напряжения. Таким образом, этот случай прикосновения опаснее прикосновения к той же фазе сети при нормальном режиме работы.

В трехфазной четырехпроводной сети с заземленной нейтралью при нормальном режиме работы сети (рис. 2.36, а) ток, проходящий через тело человека, равен

$$I_{ч} = U_{\phi} / (R_{ч} + r_0),$$

где r_0 — сопротивление заземления нейтрали.

Как правило, $r_0 < 8$ Ом и $r_0 \ll R_{ч}$, следовательно, без большой ошибки в расчетах можно пренебречь значением r_0 и считать, что человек оказывается практически под фазным напряжением U_{ϕ} , а ток $I_{ч} \approx U_{\phi} / R_{ч}$. Ограничить силу тока, проходящего через человека, можно, увеличив сопротивление $R_{ч}$, например, используя диэлектрическую обувь, диэлектрические коврики, изолирующие подставки.

Отсюда следует, что прикосновение к фазе трехфазной сети с заземленной нейтралью в период нормальной ее работы более опасно, чем прикосновение к фазе нормально работающей сети с изолированной нейтралью.

При аварийном режиме, когда одна из фаз сети замкнута на землю через относительно малое сопротивление $r_{зМ}$

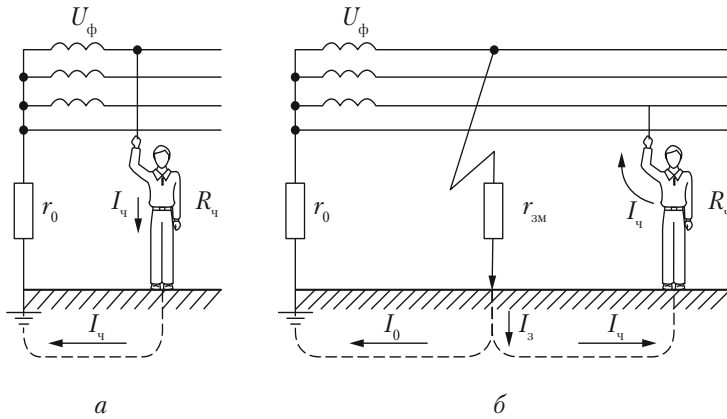


Рис. 2.36. Прикосновение человека к фазному проводу трехфазной четырехпроводной сети с заземленной нейтралью:

a — при нормальном режиме; *б* — при аварийном режиме

(рис. 2.36, б), напряжение, под которым оказывается человек, прикоснувшийся в аварийный период к исправному фазному проводу трехфазной сети с заземленной нейтралью, всегда меньше линейного, но больше фазного. Таким образом, прикосновение к исправной фазе сети с заземленной нейтралью в аварийный период более опасно, чем при нормальном режиме.

Вышеприведенный анализ сетей напряжением до 1 кВ показывает, что в случае прикосновения к фазному проводу в период нормального режима работы сети более безопасной является, как правило, сеть с изолированной нейтралью, а в аварийный период — сеть с заземленной нейтралью. Следовательно, сети с изолированной нейтралью целесообразно применять в тех случаях, когда имеется возможность поддерживать высокий уровень изоляции проводов. Таковыми являются малоразветвленные сети, не подверженные воздействию агрессивной среды и находящиеся под постоянным надзором квалифицированного персонала, например сети электротехнических лабораторий.

Сеть с заземленной нейтралью из условий безопасности следует применять там, где невозможно обеспечить хорошую изоляцию проводов (из-за высокой влажности, агрессивной среды и пр.), нельзя быстро отыскать или устранить повреждение изоляции. Это, как правило, сети жилых, общественных и промышленных зданий и наружных установок.

Электрическая дуга. Она возникает при коротком замыкании, электрическом пробое воздушных зазоров и т.п. Температура дуги может достигать 7000°С, вызывая тяжелые ожоги и травмы. При контакте кожи человека с металлическими токоведущими частями оборудования, оказавшимся под высоким напряжением (1000 В и более), и возникают «электрические знаки», о которых говорилось выше.

Механическое травмирование. Как правило, такое травмирование происходит спонтанно и имеет весьма широкий спектр негативных воздействий на человека: от порезов и ушибов до летального исхода. Тяжелые случаи механического травмирования связаны обычно с техногенными авариями или со стихийными явлениями.

Механическое травмирование человека в производственных условиях и в быту возможно при:

- несанкционированном взаимодействии с различными устройствами и механизмами (конвейеры, роботы, подъемно-транспортное оборудование, средства транспорта, бытовая техника и т.п.);
- падении человека и различных предметов;
- поражении потоками вещества, ударной волной, фрагментами разрушающихся систем повышенного давления, тепловых и иных сетей и т.п.;
- контакте с режущими и колющими предметами, с шероховатыми и рваными поверхностями.

Основные опасности, возникающие при эксплуатации подъемно-транспортных машин и устройств:

- падение груза с высоты вследствие разрыва каната или неисправности грузозахватного устройства;
- разрушение металлоконструкции крана (тягового органа — в конвейерных установках);
- потеря устойчивости и падение стреловых самоходных кранов;
- спадение каната или цепи с блока, особенно при подъеме груза, кроме того, при раскатке блока возможно соскальзывание каната или цепи с крюка;
- при использовании ручных лебедок возможно травмирование как самим грузом, так и приводными рукоятками из-за самопроизвольного опускания груза;
- срыв винтовых, реечных и гидравлических домкратов, если они установлены на неустойчивом и непрочном основании или не вертикально (с наклоном), а также их самопроизвольное опускание;

- травмы при погрузке и разгрузке крупногабаритного груза на ручные безрельсовые тележки;
- действия механизмов, входящих в конструкцию подъемно-транспортных машин, обладающих комплексом механических опасностей, перечисленных выше.

Опасная зона подъемно-транспортных машин не является постоянной и перемещается в пространстве при пересечении всей машины или ее отдельных частей.

Несчастные случаи часто возникают на ленточных и цепных конвейерах, причем 90% несчастных случаев на них происходит в момент устранения на ходу конвейера неполадок вследствие захвата тела и одежды набегающими движущимися частями оборудования. Поэтому на работающем конвейере запрещается исправлять смещение (сбег) ленты и устранять ее пробуксовку, убирать просыпавшийся и налипающий материал, подметать под конвейером.

Источником серьезных механических травм может быть инструмент, как ручной (отвертки, ножи, напильники, зубила, молотки, пилы, рубанки и т.д.), так и механизированный (дрели, перфораторы, рубанки, пилы с электро- и пневмоприводом). Как правило, этими видами инструментов повреждаются пальцы и руки при их попадании в зону обработки материала, а также глаза, которые могут быть травмированы отлетающими из зоны обработки осколками, стружкой, пылью.

Другими причинами получения механических травм могут являться:

- падение на скользком полу, особенно в случаях, когда на полу есть пятна разлитого или вытекшего из оборудования масла и других жидкостей;
- падение с высоты или с неустойчивого основания, на котором стоит человек;
- воздействие роботов и манипуляторов при попадании человека в зону их действия;
- воздействие других, менее типичных причин, например разрушение емкостей, находящихся под давлением, падение предметов с высоты, обрушение строительных конструкций и т.д.

Системы повышенного давления. Значительную опасность для населения представляют бытовые газовые баллоны и трубы. Нарушение правил безопасности при эксплуатации газовых систем и их изношенность приводят к взрывам бытового

газа, часто сопровождающимся разрушением строительных конструкций и гибелью людей.

Транспортные аварии. Эти аварии почти всегда имеют техногенное или антропогенно-техногенное происхождение. Большинство аварий обусловлено, как правило, ошибочными действиями людей. Так, по данным ИКАО, причины авиационных катастроф распределяются следующим образом:

- 1) действия пилотов — 75–80%;
- 2) неправильное управление полетом с земли — 3–6%;
- 3) ошибки метеослужб — 5–6%;
- 4) техническая неисправность самолетов — 10–12%;
- 5) другие причины — 2–5%.

Транспортные аварии происходят внезапно, что делает их непредсказуемыми во времени.

Региональные и глобальные чрезвычайные опасности. Чрезвычайные опасности, спонтанно возникая и обладая высокими уровнями воздействия человека, как правило, травмируют большие группы людей, а промышленные объекты, селитебные зоны и природу разрушают. Основными источниками таких опасностей являются:

- пожаро-, взрыво-, химически и радиационно опасные производственные объекты (АЭС, ракетные комплексы и т.п.);
- газовые, нефтяные, тепловые, электрические комплексы, их коммуникации и сети;
- новые технологии, направленные на получение энергии, развитие промышленных, транспортных и других комплексов;
- влияние стихийных природных явлений, способных вызывать аварии и катастрофы на промышленных и иных объектах.

Для России в силу особенностей, связанных со структурными изменениями в экономике, к числу источников чрезвычайной техногенной опасности также относятся:

- остановка ряда производств, обусловившая нарушение хозяйственных связей и сбой в технологических цепочках;
- высокий уровень износа основных производственных средств, достигающих по ряду отраслей 80% и более;
- накопление отходов производства и быта, представляющих угрозу распространения токсичных веществ в природной среде;
- снижение требовательности и эффективности работы надзорных организаций и государственных инспекций;
- снижение технологической и трудовой дисциплины работающих.

Основными причинами крупных техногенных аварий в последние годы являются:

1) отказ технических систем из-за дефектов изготовления и нарушения режимов эксплуатации; многие современные потенциально опасные производства спроектированы так, что вероятность крупной аварии на них весьма высока и оценивается величиной 10^{-4} и более;

2) ошибочные действия операторов технических систем; статистические данные показывают, что более 60% аварий произошло в результате ошибок обслуживающего персонала;

3) концентрация различных производств в промышленных зонах без должного изучения их взаимовлияния.

Одной из распространенных причин пожаров и взрывов, особенно на объектах нефтегазового и химического производства и при эксплуатации средств транспорта, являются разряды статического электричества.

Далее мы рассмотрим различные виды аварий подробнее.

Авария радиационная — потеря управления источником ионизирующего излучения, вызванная неисправностью оборудования, неправильными действиями персонала, стихийными явлениями или иными причинами, которые могут привести или привели к облучению людей выше установленных норм или радиоактивному загрязнению окружающей среды.

С 1990 г. для классификации радиационных аварий в России адаптирована Международная шкала INES, разработанная Международным агентством по использованию атомной энергии (МАГАТЭ), которая приведена в табл. 2.25.

К настоящему времени произошло немало радиационных аварий различной тяжести на предприятиях ядерной энергетики, в медицине и промышленной радиографии. Особое место среди них занимает Чернобыльская трагедия 1986 г. Это крупнейшая техногенная катастрофа XX в. Только в России общая площадь радиоактивного загрязнения с плотностью свыше 1 Ки/км^2 по цезию-137 достигает более 50 тыс. км². На этих территориях в настоящее время проживает более трех миллионов человек¹.

¹ По последствиям сравнимой с аварией на ЧАЭС, вероятно, является авария на АЭС в Фукусиме, но на настоящее время точных данных не существует, так как работы по устранению последствий аварии еще ведутся. События на ЧАЭС и АЭС «Фукусима-1» отнесены МАГАТЭ к 7-му классу по шкале INES.

Таблица 2.25

Классификация радиационных аварий (шкала INES)

| Уровень события | Наименование события | Содержание события и необходимые меры защиты |
|-----------------|--------------------------------------|--|
| 1 | Незначительное происшествие | Повреждение различных технологических систем, не приводящее к аварии. Защиты населения и персонала не требуется |
| 2 | Происшествие средней тяжести | Неработоспособность и отказы отдельных каналов систем безопасности без выброса продуктов деления. Защиты населения и персонала не требуется |
| 3 | Серьезное происшествие | Выброс в окружающую среду продуктов деления выше допустимого выброса без нарушений пределов безопасной эксплуатации. Доза облучения персонала до 50 мЗв, защиты населения не требуется |
| 4 | Максимальная проектная авария | Выброс радиоактивных веществ (РВ) в окружающую среду, не превышающий дозовых пределов для проектной аварии. Превышение дозовых пределов внутри АЭС. Возможны поражения персонала до 1 Зв. Необходимы противоаварийные мероприятия и защита персонала АЭС. Защиты населения не требуется |
| 5 | Авария с риском для окружающей среды | Выброс в окружающую среду РВ, приведший к незначительному превышению дозовых пределов для проектной аварии. Возможно частичное поражение населения и воздействие на окружающую среду. Необходимы частичные противоаварийные мероприятия по защите персонала АЭС и населения |
| 6 | Тяжелая авария | Выброс в окружающую среду значительной части продуктов деления, приведший к превышению дозовых пределов для проектных аварий. Возможны поражения населения и воздействие на окружающую среду. Необходимы противоаварийные мероприятия и частичная эвакуация |
| 7 | Глобальная авария | Выброс в окружающую среду большей части продуктов деления активной зоны, приведший к превышению дозовых пределов для проектной аварии. Возможны острые лучевые поражения населения, длительное воздействие на окружающую среду. Необходимо проведение различных мер по защите населения, в том числе эвакуацию и отселение |

Из всех объектов, использующих источники ионизирующих излучений, наибольшую опасность как возможные источники радиоактивных загрязнений окружающей среды и радиационного облучения населения представляют предприятия ядерного топливного цикла, к которым относятся:

- предприятия, осуществляющие добычу ядерного топлива, его переработку, транспортировку топлива и его отходов;
- системы ядерного оружия, заводы по их производству, переработке и склады (базы) такого оружия;
- атомный военный и гражданский флоты;
- предприятия по изготовлению тепловыделяющих элементов;
- атомные станции;
- хранилища использованного ядерного топлива;
- могильники отработанного ядерного топлива.

По назначению различают следующие ядерные реакторы: для исследовательских целей, для производства искусственных изотопов, для производства электрической и тепловой энергии (энергетические реакторы), для металлургии и химической технологии, для транспортных систем (корабли, летательные аппараты), для медицинских и технологических целей.

Особое место занимают атомные электростанции (АЭС). Это связано с тем, что именно в процессе работы станции образуется подавляющая часть искусственных радиоактивных продуктов, активность и концентрация которых в реакторе чрезвычайно высоки. Аварии на АЭС, как показывает практика, могут привести к попаданию радиоактивных веществ в окружающую природную среду и радиационному поражению людей, животных и растительности на значительных территориях.

Основным элементом любой атомной станции является ядерный реактор. Они классифицируются по различным признакам: физическим, конструктивным, по составу и размещению ядерного горючего, по типу замедлителя нейтронов и горючего, по назначению и т.д. Принципиальные схемы устройства большинства реакторов во многом одинаковы. Любой ядерный реактор состоит из активной зоны, систем защиты и управления мощностью и ряда вспомогательных систем.

Ядерная энергетика основана на использовании ядерного топлива, в качестве которого применяют три делящихся радионуклида: уран-235 (естественный радионуклид) и два других — плутоний-239 и уран-238 (их получают искусственным путем в процессе ядерного топливного цикла). Ко-

нечной целью цикла является получение электричества или теплоты. Схема АЭС показана на рис. 2.37.

В отечественной ядерной технологии широкое применение нашли водо-водяные энергетические реакторы (ВВЭР) и водо-графитовые реакторы канального типа (РБМК — реактор большой мощности канальный, именно последние были установлены на Чернобыльской АЭС).

Основные параметры отечественных реакторов представлены в табл. 2.26.

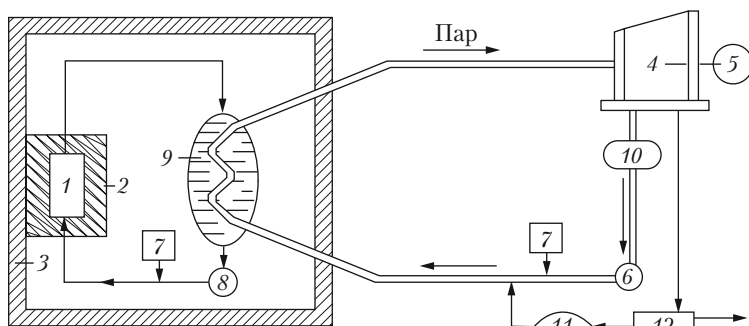


Рис. 2.37. Принципиальная технологическая схема АЭС:

1 — реактор; 2 — первичная биологическая защита; 3 — вторичная биологическая защита; 4 — турбина; 5 — электрогенератор; 6 — компрессор; 7 — емкость для пополнения теплоносителя; 8 — циркуляционный насос; 9 — парогенератор; 10 — конденсатор; 11 — подогреватель; 12 — сетевой теплообменник

Таблица 2.26

Основные параметры отечественных ядерных реакторов

| Параметр | ВВЭР-1000 | РБМК-1000 |
|---|-----------|-----------|
| Мощность, МВт: | | |
| электрическая | 1000 | 1000 |
| тепловая | 3000 | 3200 |
| КПД, % | 34 | 31 |
| Давление в первом контуре, МПа | 16 | 7 |
| Расход воды через реактор, т/ч | 80 000 | 58 000 |
| Теплоноситель | Вода | Вода |
| Температура теплоносителя на выходе, °С | 322 | 284 |
| Загрузка топливом по диоксиду урана, т | 80 | 228 |
| Количество ТВЭЛов | 50 800 | 60 950 |

По данным Международного агентства по использованию атомной энергии (МАГАТЭ), за последние 20 лет в 14 странах мира на АЭС имели место, в среднем, около 10 аварий различной тяжести в год. По тем же данным, основные причины аварий сведены в табл. 2.27. Аварии, как правило, приводят к выбросу радиоактивных веществ в окружающую среду.

В табл. 2.28 приведены сравнительные характеристики негативного воздействия ядерных взрывов и аварии на ЧАЭС.

Химические аварии — это чрезвычайные события, сопровождающиеся проливом или выбросом аварийно химических опасных веществ (АХОВ), способные привести к гибели или химическому заражению людей, животных и др.

К высокотоксичным и токсичным химическим веществам относятся органические и неорганические производные мышьяка, ртути, кадмия, свинца, таллия, минеральные и органические кислоты, щелочи, аммиак, соединения серы,

Таблица 2.27

Основные причины аварий на АЭС

| Причины аварий | Процент аварий |
|------------------------------|----------------|
| Ошибки в проектах (дефекты) | 30,7 |
| Износ оборудования, коррозия | 25,5 |
| Ошибки оператора | 17,5 |
| Ошибки в эксплуатации | 14,7 |
| Прочие причины | 11,6 |

Таблица 2.28

Сравнительные характеристики негативного воздействия ядерных взрывов и аварии на ЧАЭС

| Характеристики загрязнения | Ядерный взрыв | Авария на ЧАЭС |
|---|-------------------|------------------|
| Температура облака, °С | 100 000 | 2500 |
| Высота подъема облака, км | 10–20 | 0,5–1,0 |
| Продолжительность существования облака, ч | 0,2 | > 100 |
| Активность радиоактивных веществ, Ки | | |
| через 1 час | $5 \cdot 10^{11}$ | $5,6 \cdot 10^9$ |
| через 1 год | $9 \cdot 10^6$ | $2,8 \cdot 10^8$ |
| через 10 лет | $3 \cdot 10^5$ | $4,4 \cdot 10^7$ |

некоторые спирты и альдегиды кислот, хлор, фосген, хлористый и бромистый метил и их производные и др. К малотоксичным и нетоксичным химическим веществам относится основная масса химических соединений, которые, по существу, не представляют серьезной опасности для человека и животных.

Особую группу веществ составляют пестициды — препараты, предназначенные для борьбы с вредителями сельского хозяйства, сорняками и т.п. Многие из пестицидов весьма опасны для человека, однако привести к массовым санитарным потерям они не могут. По химическому строению пестициды можно разделить на восемь групп:

- 1) фосфорорганические соединения (паратион, карбофос, хлорофос, дихлофос и др.);
- 2) карбоматы (севин, карботин и др.);
- 3) хлорорганические соединения (ДДТ, дильдрин, гексохлоран);
- 4) ртутьорганические соединения (метилртуть, ацетат метоксиэтил ртути и др.);
- 5) производные феноксиуксусной кислоты;
- 6) производные дипиридила (паракват, дикват и др.);
- 7) органические нитросоединения (динитроортокрезол — ДНОК, динитрофенол — ДНФ);
- 8) прочие.

Большинство из вышеперечисленных химических веществ может стать причиной тяжелого поражения человека. Однако привести к массовым людским потерям в результате аварий, сопровождаемых выбросами (утечками), могут не все из них, включая даже высокотоксичные вещества. Только часть химических соединений, имеющих способность легко переходить в аварийных ситуациях в основное поражающее состояние (пар или тонкодисперсный аэрозоль), при сочетании определенных физико-химических и токсических свойств, а также при крупнотоннажности производства, потребления, хранения и перевозок, может стать причиной массовых поражений людей. Эти химические соединения и относят к АХОВ, воздействие которых на человека может вызвать острые и хронические заболевания людей или их гибель.

Для количественной характеристики различных АХОВ пользуются величинами токсических доз, учитывающих путь проникновения вещества в организм человека. Под токсической дозой в воздушной среде понимается произве-

дение Ct , где C — средняя по времени концентрация вещества в воздухе, t — время пребывания. Для оценки содержания АХОВ в воздухе применяют токсодозы: Pt_{50} — средняя пороговая токсодоза, вызывающая начальные симптомы у 50% пораженных; Lt_{50} — средняя смертельная токсодоза, вызывающая смертельный исход у 50% пораженных.

Основные физико-химические и токсические характеристики наиболее распространенных АХОВ приведены в табл. 2.29.

В зависимости от поражающего действия на организм человека все АХОВ подразделяются на шесть групп.

Таблица 2.29

Основные характеристики АХОВ¹

| Вещество | Плотность, т/м ³ | | $T_{\text{кип}}$, °С | ПДК _{р,з} ² , мг/м ³ | Pt_{50} , мгмин/л | Lt_{50} , мгмин/л |
|-----------------------|-----------------------------|----------|-----------------------|---|---------------------|---------------------|
| | газа | жидкости | | | | |
| Аммиак | 0,0008 | 0,681 | -33,4 | 20 | 15,0 | 150 |
| Мышьяковистый водород | 0,0035 | 1,64 | -62,5 | 0,1 | 0,2 | 6 |
| Фтористый водород | 0,0009 | 0,989 | 19,4 | 0,5 | 4,0 | 40 |
| Хлорид водорода | 0,0016 | 1,191 | -85,1 | 5 | 2,0 | 24 |
| Бромид водорода | 0,0035 | 1,490 | -67,8 | 2,0 | 2,4 | 6 |
| Цианид водорода | 0,0009 | 0,689 | 25,6 | 3,0 | 0,2 | 150 |
| Сероводород | 0,0015 | 0,964 | 60,4 | 10,0 | 1,0 | 6 |
| Формальдегид | 0,001 | 0,815 | -19,3 | 0,5 | 0,6 | 150 |
| Фосген | 0,0035 | 1,420 | 8,2 | 0,5 | 0,55 | 6 |
| Хлор | 0,0032 | 1,533 | -34,1 | 1 | 0,6 | 3,0 |
| Хлорпиктин | 0,0057 | 1,658 | 113,0 | — | 0,02 | 6,0 |
| Хлорциан | 0,0021 | 1,258 | 12,6 | — | 0,9 | 20,0 |
| Метиламин | 0,0014 | 0,699 | -6,5 | — | 1,2 | 11,0 |
| Окись этилена | 0,0017 | 0,882 | 10,7 | 1,0 | 2,2 | — |
| Хлористый метил | 0,0023 | 0,983 | -23,8 | — | 10,8 | 25,0 |
| Диметиламин | 0,0020 | 0,680 | 6,9 | — | 0,2 | — |
| Фосфор трихлор | — | 1,570 | 75,3 | — | 3,0 | — |
| Окись углерода | 0,0012 | 0,968 | -191,6 | 20,0 | 20,0 | 37,5 |

¹ В табл. 2.29 значения пороговых токсодоз приведены для взрослых, для детей они в 4–10 раз меньше.

1. Вещества с преимущественно удушающим действием. К ним относятся хлор, хлорпикрин, треххлористый фосфор, хлориды серы, фосген и др. Для них главным объектом воздействия являются дыхательные пути. Некоторые агенты этой группы воздействуют на слизистые органов дыхания и глаз, вызывают сильное их раздражение, а вслед за этим воспалительно-некротические изменения в слизистых дыхательных путях.

2. Вещества преимущественно общеядовитого действия. К ним относятся окись углерода, синильная кислота, оксиды азота, сероводород, цианиды и др. Они способны вызывать острые нарушения энергетического обмена, что в тяжелых случаях может стать причиной гибели пораженных. Для этих веществ характерно бурное течение интоксикации.

3. Вещества удушающего и общеядовитого действия. К ним относятся сернистый ангидрид, сероводород, акрилонитрил, окислы азота и др. Они способны при ингаляционном воздействии вызывать токсический отек легких, а при кожно-резорбтивном воздействии — нарушать энергетический обмен.

4. Нейротропные яды — вещества, действующие на генерацию, проведение и передачу нервного импульса. Типичными их представителями являются сероуглерод и фосфорорганические соединения.

5. Вещества удушающего и нейротропного действия. Типичным и наиболее часто встречающимся представителем таких веществ является аммиак. При ингаляционном его воздействии в течение 60 минут с концентрацией $1,5 \text{ г/м}^3$ возникает токсический отек легких, на фоне которого формируется тяжелое поражение нервной системы. При концентрации $3,5 \text{ г/м}^3$ в течение нескольких минут может проявиться общерезорбтивное действие, а в первые же минуты проявляется раздражающее — спазмы, угнетение дыхательного центра и сердечной деятельности. В последующем поражение парами аммиака приводит к развитию воспалительных процессов верхних дыхательных путей и токсическому отеку легких. Оказывает выраженное действие на центральную нервную систему — возбуждение, судороги.

6. Метаболические яды (окись этилена, бромистый метил, диоксины, метилхлорид, дихлорэтан и др.). Отравление такими АХОВ характеризуется отсутствием первичной реакции на яд и сопровождается длительным скрытым периодом. Даже при смертельных поражениях от первых проявлений заболевания до летального исхода проходят недели,

а иногда и месяцы. В патологический процесс постепенно вовлекаются многие органы, но ведущими являются нарушения центральной нервной и кроветворной систем, работы печени, почек.

Химически опасными объектами (ХОО) называются такие предприятия, где хранят, перерабатывают и используют или транспортируют опасные химические вещества и при авариях на которых может произойти гибель или химическое заражение людей, животных и растений, а также химическое заражение окружающей природной среды. На начало нового тысячелетия ХОО в нашей стране было более 3300. Наиболее химически опасными регионами России являются: Башкортостан, Воронежская, Волгоградская, Саратовская, Тульская, Нижегородская, Архангельская, Ленинградская и Московская области, города Челябинск, Екатеринбург, Дзержинск, Иркутск. Только в Нижегородской области имеется 188 таких объектов.

Для выявления степени опасности и масштабов последствий возможных химических аварий, а также выработки научно обоснованных подходов к их предотвращению и уменьшению ущерба от них по принятой в РСЧС методике все ХОО подразделяются на четыре класса опасности:

- 1) критический объект;
- 2) чрезвычайно опасный объект;
- 3) очень опасный объект;
- 4) потенциально опасный объект.

Наиболее опасным является первый класс.

Наряду с объектами, химически опасными бывают и территории. Принято считать, что если в городе, районе, области имеются химически опасные объекты, то данная административно-территориальная единица также является химически опасной. Критерием, характеризующим степень такой опасности, является процент населения, которое может оказаться в зоне возможного химического заражения. В этом случае все территории также подразделяются на четыре степени опасности по следующему принципу — в зоне возможного химического заражения проживает:

- 1) более 50% населения территории;
- 2) от 30 до 50% населения территории;
- 3) от 10 до 30% населения территории;
- 4) менее 10% населения территории.

Исходя из приведенных показателей, химически опасными можно считать 90% субъектов России.

Объекты с химически опасными веществами могут быть источниками: залповых выбросов АХОВ в атмосферу; сброса АХОВ в водоемы; «химического» пожара с поступлением токсических веществ в окружающую среду; разрушительных взрывов; химического заражения объектов и местности в районе аварии и в следе распространения облака АХОВ; обширных зон задымления в сочетании с токсичными продуктами. Каждый из перечисленных видов опасности по месту и времени может проявляться отдельно, последовательно и в сочетании с другими опасностями, а также может быть неоднократно повторен, в том числе и в различных комбинациях.

В результате химической аварии образуется зона химического заражения. Это территория, в пределах которой распространены или привнесены химически опасные вещества в концентрациях или количествах, создающих опасность для жизни и здоровья людей, животных и растений в течение определенного времени. Размеры этой зоны зависят от типа АХОВ, их выброшенного количества, метеоусловий и топографических особенностей местности. Внешние границы зоны химического заражения обычно соответствуют пороговому значению токсодозы при ингаляционном воздействии на человека. Внутри этой зоны выделяют очаг химического заражения и зоны: смертельных токсодоз, поражающих токсодоз и пороговую (дискомфортную) зону (рис. 2.38).

Очагом химического заражения называют территорию, на которой образовался источник химического заражения или аварийного разлива АХОВ. Его радиус зависит от вида

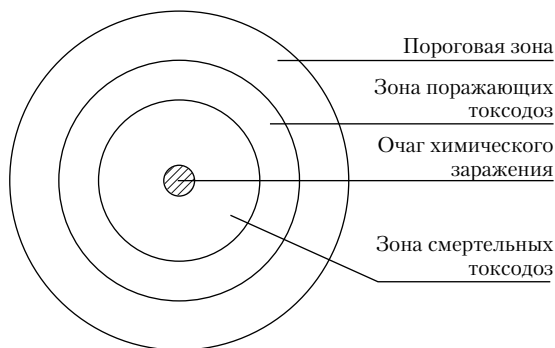


Рис. 2.38. Зоны химического заражения

АХОВ и условий хранения. При аварийном разливе АХОВ в поддон или обваловку внешние границы очагов химического заражения соответствуют границам обваловки или диаметру поддона. При свободном разливе АХОВ на подстилающей поверхности толщина слоя (V) жидкости принимается равной 0,05 м по всей площади разлива. Для этих условий радиус очага химического заражения (m) может быть рассчитан по формуле

$$R_{\text{охз}} = 2,52 \sqrt{\frac{M_0}{\rho_v}},$$

где M_0 — масса разлившегося вещества, т; ρ_v — плотность вещества, т/м³.

В зоне смертельных токсодоз облако АХОВ обладает наибольшими поражающими возможностями. Часто за радиус зоны смертельных токсодоз принимают радиус района аварии, который зависит от вида АХОВ и условий его хранения. При проведении практических расчетов рекомендуется значение радиуса района аварии принимать равным при разрушении емкостей в 50 т: для низкокипящих жидких АХОВ — 0,5 км, для высококипящих АХОВ — 0,2–0,3 км. При возникновении пожаров в ходе химической аварии радиус увеличивается в полтора-два раза.

Удаления внешних границ зоны поражающих токсодоз от аварийных емкостей даны в СНиП 2.01.51–90 «Инженерно-технические мероприятия ГО».

Пороговые (дискомфортные) зоны в зависимости от метеоусловий могут иметь различные размеры и форму. Расчет дискомфортных зон ведется по ОНД-86.

Пожары и взрывы. Пожар — это неконтролируемое горение вне специального очага. Для реализации процесса горения необходимо наличие горючего (G), окислителя (O) и источника воспламенения (I). Горение возникает при одновременном совпадении в пространстве компонентов G , O и I . Отсутствие одного из этих компонентов делает процесс горения невозможным, если G и O не самовоспламеняются.

Горючие вещества. Все горючие вещества разделяют на твердые, жидкие и газообразные. Пожарная опасность горючего вещества определяется его склонностью к возникновению и развитию пожара, характеризуемую температурой вспышки и температурой воспламенения вещества. При этом под температурой вспышки понимается самая низкая

температура жидкого горючего вещества, при которой над его поверхностью образуются пары или газы, способные вспыхивать в воздухе от источника зажигания; устойчивого горения при этом не возникает.

Жидкости по температуре вспышки их паров делят на горючие (ГЖ) и легковоспламеняющиеся (ЛВЖ). Наибольшую пожарную опасность представляют смеси горючих газов и паров ЛВЖ. Температура вспышки ЛВЖ не выше 66°C в открытом тигле; так, температура вспышки керосина равна 28°C , ацетона — 20°C .

Температурой воспламенения горючего вещества называется та температура, при которой вещество выделяет пары и газы со скоростью, необходимой для поддержания устойчивого горения, после удаления источника зажигания.

Температура самовоспламенения — это температура горючего вещества, при которой горение возможно во всем объеме вещества. Температура самовоспламенения некоторых веществ: картон серый — 478°C , войлок строительный — 498°C , ацетон — 523°C , этиловый спирт — 568°C , нефть — 573°C , бензин, керосин — 573°C , древесина сосновая — 643°C , дизельное топливо — 653°C , торф кусковой и брикетный — 700°C , мазут — 738°C , хлопок-волокно — 883°C .

Исходя из температур самовоспламенения различают:

- горючие вещества, имеющие температуру самовоспламенения выше температуры окружающей среды;
- горючие вещества, имеющие температуру самовоспламенения ниже температуры окружающей среды. Такие вещества представляют наибольшую пожарную опасность, так как могут загораться без внесения теплоты извне. Их называют самовозгорающимися веществами (материалами, смесью веществ), т.е. веществами, склонными к возгоранию в естественных условиях хранения.

Самовозгорающиеся вещества подразделяют на три группы:

- вещества, способные самовозгораться от воздействия воздуха. К ним относят бурые и каменные угли, торф, древесные опилки, обтирочные концы, загрязненные маслами и т.п.;
- вещества способные самовозгораться при действии на них воды (калий, магний, карбид кальция и щелочных металлов, негашеная известь и др.);
- вещества, самовозгорающиеся в результате смешения друг с другом. Хлор, бром, фтор и йод активно соединяются со многими веществами, при этом горение сопровождается

сильным выделением теплоты. Ацетилен, водород, метан и этилен в смеси с хлором возгораются при дневном свете, поэтому к хлору предъявляются особые требования по раздельному хранению.

Окислители. На пожарах роль окислителя при горении чаще всего выполняет кислород воздуха, окружающий зону протекания химических реакций, поэтому интенсивность горения определяется не скоростью протекания этих реакций, а скоростью поступления кислорода из окружающей среды в зону горения.

Источники воспламенения. К ним относят: пламя, лучистую энергию, искры, разряды статического электричества, накалинные поверхности и т.п.

Зоны горения, виды и опасные факторы пожаров. Горение представляет собой физико-химический процесс превращения горючих веществ в продукты сгорания, сопровождаемый интенсивным выделением теплоты и светового излучения. В основе горения лежат быстротекущие химические реакции окисления сгораемых материалов кислородом воздуха с образованием в первую очередь CO_2 и H_2O .

В пространстве, в котором развивается пожар, условно рассматриваются три зоны: горения, теплового воздействия и задымления.

Зоной горения называется часть пространства, в которой происходит подготовка горючих веществ к горению (подогрев, испарение, разложение) и их горение. Различают два основных вида горения: гомогенное и гетерогенное. При гомогенном (пламенном) горении окислитель и горючее находятся в газовой фазе. Гомогенное горение имеет место при сгорании горючего газа или газовых сред, образующихся при испарении горючих жидкостей или при выделении газообразных фракций в результате нагрева твердых веществ. Полученная любым из этих превращений газообразная среда смешивается с воздухом и горит. При гетерогенном (беспламенном) горении горючее находится в твердом состоянии, а окислитель в газообразном. Процесс горения происходит в твердой фазе и проявляется в покраснении твердого вещества в результате экзотермических реакций окисления.

Зоной теплового воздействия называется часть пространства, примыкающая к зоне горения, в которой тепловое воздействие пламени приводит к заметному изменению состояния окружающих материалов и конструкций и делает

невозможным пребывание в ней людей без средств специальной защиты.

Зоной задымления называется часть пространства, в которой от дыма создается угроза жизни и здоровью людей.

Опасные факторы пожаров. К основным параметрам пожаров относятся пожарная нагрузка, массовая скорость выгорания, скорость распространения пожара, температура пожара, интенсивность выделения теплоты и др.

Пожарная нагрузка характеризует энергетический потенциал сгораемых материалов, приходящихся на единицу площади пола или участка земли. Она измеряется в единицах энергии или в единицах массы сгораемых материалов (в пересчете на древесину) на единице площади — Дж/м², кг/м². Пересчет на древесину осуществляется исходя из того, что при сгорании 1 кг древесины в среднем выделяется 18,8 МДж энергии.

Массовая скорость выгорания — потеря массы горючего материала в единицу времени. Она зависит от отношения площади поверхности горения веществ к их объему, плотности упаковки, условий газообмена и других причин. Например, скорость выгорания мебели — 50, бревен и крупных деревянных элементов — 25, пиломатериалов в штабелях — 400 кг/(м²/ч).

Скорость распространения пожара определяется скоростью распространения пламени по поверхности горючего материала. Она зависит от вида материала, его способности к воспламенению, начальной температуры, направления газового потока, степени измельчения материала и др. Скорость распространения пламени варьируется в широких пределах в зависимости от угла наклона поверхности: при угле наклона 90° скорость распространения пламени вниз в два раза меньше средней скорости для горизонтальной поверхности данного материала, а вверх — в восемь — десять раз больше.

Скорость распространения пламени в смесях газов, используемых в промышленности, равна:

- углевоздушные смеси — 0,3–0,5 м/с;
- водородовоздушная смесь — 2,8 м/с;
- водородокислотная смесь — 13,8 м/с;
- ацетиленокислородная смесь — 15,4 м/с.

Возможность возгорания конструкций и материалов под действием потоков горячего воздуха и лучистого излучения пожара, а также безопасное удаление людей от очага пожа-

ра являются главными показателями, характеризующими обстановку при пожарах.

Пожары подразделяют:

1) по признаку изменения площади: распространяющиеся и нераспространяющиеся;

2) по условиям массо- и теплообмена с окружающей средой: в ограждениях (внутренние пожары) и на открытой местности (открытые пожары).

Большинство *внутренних пожаров*, связанных с горением твердых материалов, начинается с возникновения локального открытого пламенного горения. Постепенно увеличивается температура горючего материала вблизи зоны горения, интенсифицируются физико-химические процессы горения, растет факел пламени, горение переходит в общее в пределах помещения; при достижении температуры примерно 100°C начинается разрушение оконных стекол и в связи с этим существенно изменяется газообмен, горение усиливается и пламя начинает выходить за пределы помещения, что может явиться причиной загорания соседних сооружений.

Распространение пламени на соседние здания и сооружения возможно также за счет излучения и переброса на значительные расстояния горящих конструктивных элементов (голови) или несгоревших частиц (искры).

За пределами помещений, в которых возник пожар, температура продуктов горения может быть не критичной для человека, но содержание продуктов сгорания в воздухе может стать опасным. Это характерно для высоких зданий и зданий коридорной системы, в которых опасность для человека наступает через 0,5–6 мин после начала пожара, поэтому при пожаре необходима немедленная эвакуация.

Показатель опасности при внутреннем пожаре — время, по истечении которого возникают критические ситуации для жизни людей. Время эвакуации, при превышении которого могут сложиться такие ситуации, называется критическим временем эвакуации. Различают критическое время по температуре (это время очень мало, так как опасная для человека температура невелика и составляет 60°C), критическое время по образованию опасных концентраций вредных веществ (скорость распространения продуктов сгорания по коридорам равна 30 м/мин), критическое время по потере видимости (задымлению).

Необходимость срочной эвакуации определяется также тем обстоятельством, что пожары могут сопровождаться взры-

вами, деформациями и обрушением конструкций, вскипанием и выбросом различных жидкостей, в том числе легко воспламеняющихся и сильно ядовитых.

К *открытым* относятся пожары газовых и нефтяных фонтанов, складов древесины, пожары на открытых технологических установках, пожары на складах каменного угля и др. Общей особенностью всех открытых пожаров является отсутствие накопления теплоты в газовом пространстве. Теплообмен происходит с неограниченным окружающим пространством, газообмен не ограничивается конструктивными элементами зданий и сооружений, он более интенсивен. Процессы, протекающие на открытых пожарах, в значительной степени зависят от интенсивности и направления ветра.

Зона горения на открытом пожаре в основном определяется распределением горючих веществ в пространстве и формирующими зону горения газовыми потоками. Зона теплового воздействия — в основном определяется *лучистым тепловым потоком*, так как конвективные тепловые потоки уходят вверх и мало влияют на зону теплового воздействия на поверхности земли. За исключением лесных и торфяных пожаров зона задымления на открытых пожарах несущественно препятствует тушению пожаров. В среднем максимальная температура пламени открытого пожара для горючих газов составляет 1200–1350, для жидкостей — 1100–1300 и для твердых горючих материалов органического происхождения — 1100–1250°С.

По масштабам и интенсивности открытые пожары можно подразделить на:

- 1) отдельный пожар, возникающий в отдельном здании (сооружении) или в небольшой группе зданий;
- 2) сплошной пожар, характеризующийся одновременным интенсивным горением преобладающего числа зданий и сооружений на определенном участке застройки (более 50%);
- 3) огневой шторм — особая форма распространяющегося сплошного пожара, образующаяся в условиях восходящего потока нагретых продуктов сгорания и быстрого поступления в сторону центра огневого шторма значительного количества свежего воздуха (ветер со скоростью 15 м/с и более);
- 4) массовый пожар, образующийся при наличии в местности совокупности отдельных и сплошных пожаров.

Распространение пожаров и превращение их в сплошные определяется плотностью застройки территории объекта. О влиянии плотности размещения зданий и сооружений

на вероятность распространения пожара можно судить по ориентировочным данным, приведенным ниже:

| | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Расстояние между зданиями, м | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 30 | 40 | 50 | 70 | 90 |
| Вероятность распространения пожара, % | 100 | 87 | 66 | 47 | 27 | 23 | 9 | 3 | 2 | 0 |

При открытых пожарах главным источником распространения пожара является лучистый теплообмен. Плотность лучистого теплового потока $Q_{л}$ ($\text{Вт}/\text{м}^2$) зависит от большого числа факторов, характеризующих как сам процесс формирования теплового излучения, так и его воздействие на окружающие тела. Учесть каждый из этих факторов в аналитическом выражении, описывающем процесс теплообмена, не представляется возможным, поэтому при проведении расчетов учитываются только основные из них. Расчеты проводят по формуле Стефана — Больцмана:

$$Q_{л} = C_{пр} \varepsilon F_1 \psi \{ (T_2/100)^4 - (T_1/100)^4 \},$$

где $C_{пр}$ — приведенный коэффициент излучения (для практических расчетов $C_{пр} \approx 4,9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$); ε — приведенная степень черноты окружающих предметов; F_1 — площадь поверхности, излучающей лучистый поток, м^2 ; ψ — коэффициент облучаемости, зависящий от расположения и размеров поверхностей и показывающий долю лучистого потока, излучаемого поверхностью пламени; T_1 — средняя температура самовоспламенения нагреваемых поверхностей, К ; T_2 — средняя температура пламени, К .

Величины, необходимые для расчета по формуле, приведены ниже:

| Горючий материал | Средняя температура пламени, К |
|--|---|
| Торф, мазут | 1273 |
| Древесина, нефть, керосин, дизельное топливо | 1373 |
| Каменный уголь, каучук, бензин | 1473 |
| Антрацит, сера | 1573 |
| Горючие газы | 1773 |

Приведенная степень черноты определяется по степени черноты ($\varepsilon_{пр}$) факела пламени ($\varepsilon_{п}$) и степени черноты облучаемого материала ($\varepsilon_{м}$) по формуле

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \frac{1}{\left[\frac{1}{\varepsilon_{\text{п}}} + \left(\frac{S_1}{S_2} \right) \left(\frac{1}{\varepsilon_{\text{м}}} - 1 \right) \right]},$$

где S_1 и S_2 — площадь факела и облучаемой поверхности.

Степень черноты факела племени при горении различных материалов:

| | |
|------------------------------------|------|
| Каменный уголь, древесина, торф | 0,7 |
| Мазут, нефть | 0,85 |
| Бензин, керосин, дизельное топливо | 0,98 |

Степень черноты различных материалов:

| | |
|--------------------------------|------|
| Сталь листовая | 0,6 |
| Медь окисленная | 0,95 |
| Резина твердая | 0,86 |
| Резина мягкая | 0,9 |
| Дерево строганое, картон, торф | 0,93 |
| Толь кровельный | 0,9 |
| Кожа человека | 0,95 |

Взаимное размещение факела пламени и облучаемого тела учитывается с помощью коэффициента ψ . Значение этого коэффициента зависит от формы и размеров факела пламени, а также от расположения облучаемой элементарной площадки по отношению к факелу пламени. Пламя имеет довольно сложную, изменяющуюся во времени форму, но в практических расчетах факел пламени условно заменяется прямоугольной площадкой, размещение которой по отношению к облучаемому телу рассматривается так, как это показано на схеме, приведенной на рис. 2.39.

Значение ψ , соответствующее такой схеме, может быть определено по формуле: $\psi = 4\psi_{12}$ (в случае, когда элементарная площадка расположена напротив геометрического центра излучающей поверхности); $\psi = 2\psi_{12}$ (в случае, когда элементарная площадка расположена на уровне нижней кромки излучающей поверхности):

$$\psi_{12} = \frac{1}{2\pi} \left[\frac{a}{\sqrt{a^2 + r^2}} \arctg \frac{b}{\sqrt{a^2 + r^2}} + \frac{b}{\sqrt{a^2 + r^2}} \arctg \frac{a}{\sqrt{a^2 + r^2}} \right].$$

Значение плотности теплового потока существенно зависит от продолжительности воздействия. Минимально необходимая для возгорания материала плотность теплового

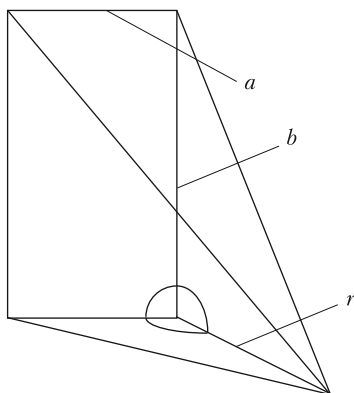


Рис. 2.39. Расчетная схема для определения значения Ψ_{12} (облучаемая элементарная площадка расположена на расстоянии r по нормали от одного из углов площадки, заменяющей факел пламени)

излучения, воздействующая на тело в течение определенного времени, называется критической ($Q_{\text{л.кр.}}$) и определяется в лабораторных экспериментах. В табл. 2.30 приведены значения $Q_{\text{л.кр.}}$ для различных материалов при продолжительности воздействия 3, 5 и 15 мин.

Распределение количества пожаров по причинам возникновения показано на рис. 2.40.

Взрыв — быстро протекающий процесс физического или химического превращения веществ, сопровождающийся высвобождением большого количества энергии в ограниченном объеме, в результате которого в окружающем пространстве образуется и распространяется ударная волна, способная создать угрозу жизни и здоровью людей, нанести

Таблица 2.30

Значения критической плотности теплового потока, Вт/м²

| Материал | Продолжительность облучения, мин | | |
|--|----------------------------------|--------|--------|
| | 3 | 5 | 15 |
| Древесина с шероховатой поверхностью | 20 600 | 17 500 | 12 900 |
| Древесина, окрашенная масляной краской | 26 700 | 23 300 | 17 500 |
| Картон серый | 18 000 | 15 200 | 10 800 |
| Стеклопластик | 19 400 | 18 600 | 15 300 |
| Резина | 22 600 | 19 200 | 14 800 |

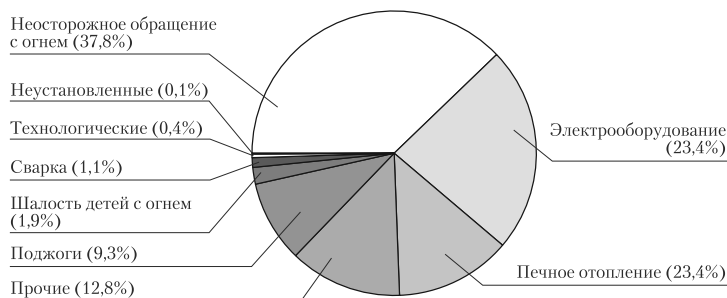


Рис. 2.40. Распределение пожаров по причинам возникновения

материальный ущерб, ущерб окружающей среде и стать источником ЧС.

Источником энергии при взрыве могут быть как химические, так и физические процессы. В большинстве взрывов источником выделения энергии являются химические превращения веществ, связанные с окислением. Существует много веществ, которые в нормальных условиях достаточно устойчивы и могут находиться в твердом, жидком, газообразном или аэрозольном состоянии. Однако в результате иницилирующего воздействия (теплотой, трением, ударом или каким-либо другим способом) в них начинаются экзотермические процессы, протекающие с большой скоростью и приводящие к взрывчатому превращению.

Наиболее распространенными конденсированными взрывчатыми веществами (ВВ) являются тротил, гексоген, дымный порох, пироксилин, аммотол, октоген и некоторые другие. Взрывы конденсированных ВВ протекают в режиме детонации, при котором взрывная волна в заряде распространяется с постоянной скоростью. Скорости детонации находятся в пределах от 1,5 до 8 км/с, а давление в эпицентре взрыва достигает 20–38 ГПа.

Примерами взрывов, энергосвободное при которых обусловлено физическими процессами, могут служить аварийное выливание расплавленного металла в воду, при котором испарение протекает взрывным образом вследствие чрезвычайно быстрой теплоотдачи, и взрывы сжатых или сжиженных газов. В этом случае энергия определяется процессами, связанными с адиабатическим расширением парогазовых сред и перегревом жидкостей.

На промышленных предприятиях наиболее взрывоопасными являются образующиеся в нормальных или аварий-

ных ситуациях газовоздушные (ГВС) и пылевоздушные (ПлВС) смеси.

Из ГВС наиболее опасны взрывы смесей углеводородных газов с воздухом, а также паров легковоспламеняющихся жидкостей. Взрывы ПлВС происходят на мукомольном производстве, на зерновых элеваторах, при обращении с красителями, при производстве пищевых продуктов, в текстильной промышленности и т.п.

На практике чаще других встречаются свободные воздушные, наземные (приземные) взрывы, взрывы внутри помещений (внутренние), а также взрывы больших облаков ГВС. Суммарное выделение энергии при взрыве оценивается энергетическим потенциалом взрыва.

К *свободным воздушным* относят взрывы, происходящие на значительной высоте от поверхности земли, когда не происходит усиления ударной волны между центром взрыва и объектом за счет отражения. Взрывная волна ослабляется по мере ее распространения, и по характеру воздействия на окружающую среду образуются три зоны: ближайшая, промежуточная и слабого взрыва. Ближайшая к источнику зона характеризуется огромными давлениями и температурами. В промежуточной зоне, в которой избыточное давление достаточно велико, возможны тяжелые разрушения и смертельные поражения людей. В зоне слабого взрыва вероятны средние и слабые разрушения и поражения людей средней степени тяжести.

Основным параметром, определяющим поражающее воздействие ударной волны на людей и объекты, является избыточное давление во фронте ударной волны ΔP_{ϕ} . Оно зависит от массы M заряда ВВ в тротиловом эквиваленте (кг) и от расстояния x от центра взрыва до объекта (м). Для практических расчетов зависимость избыточного давления взрыва от расстояния, массы заряда и вида взрыва определяется формулой

$$\Delta P_{\phi} = 0,84 \frac{\sqrt[3]{M}}{x} + 0,27 \frac{\sqrt[3]{M^2}}{x^2} + 0,7 \frac{M}{x^3}, \text{ МПа.}$$

Наземные и приземные взрывы. Если взрыв происходит на поверхности земли, то воздушная ударная волна от него усиливается за счет отражения. Параметры ударной волны рассчитывают по формуле свободного воздушного взрыва, однако величину избыточного давления взрыва удваивают.

Более сложные процессы происходят при взрывах в приземных слоях атмосферы. При этих взрывах образуются

сферические воздушные ударные волны, распространяющиеся в пространстве в виде области сжатия — разряжения (рис. 2.41).

Фронт воздушной ударной волны характеризуется скачком давления воздуха, при достижении сферической ударной волны земной поверхности она отражается от нее, что приводит к формированию отраженной волны. На некотором расстоянии от эпицентра взрыва фронты прямой и отраженной ударных волн сливаются, образуя головную волну, имеющую фронт, нормальный к поверхности Земли и перемещающийся вдоль ее поверхности. Область пространства, где отсутствует наложение и слияние фронтов, называется *зоной регулярного отражения*, а область пространства, в которой распространяется головная волна, — *зоной нерегулярного отражения*.

С момента прихода фронта воздушной ударной волны в точку на земной поверхности давление резко повышается до максимального значения $\Delta P_{\text{ф}}$, а затем убывает до атмосферного P_0 и ниже. Период повышенного избыточного давления называется фазой сжатия, а период пониженного давления — фазой разрежения.

Действие воздушной ударной волны на здания и сооружения определяется не только избыточным давлением, но и скоростным напором воздушных масс.

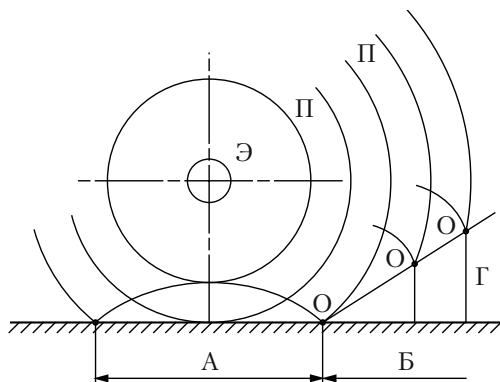


Рис. 2.41. Волнообразование при воздушном взрыве в приземной зоне:

Э — эпицентр взрыва; П — фронт падающей волны; О — фронт отраженной волны; А — зона регулярного отражения; Б — зона нерегулярного отражения; Г — фронт головной ударной волны

Внутренний взрыв характеризуется тем, что нагрузка воздействует на объект изнутри. Возникающие нагрузки зависят от многих факторов: типа взрывчатого вещества, его массы, полноты заполнения внутреннего объема помещения взрывчатым веществом, его местоположения во внутреннем объеме и т. д. Полное решение задачи определения параметров взрыва является сложной задачей. Ориентировочно оценку возможных последствий взрывов внутри помещения можно производить по величине избыточного давления, возникающего в объеме производственного помещения.

Для горючих газов, паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей избыточное давление взрыва рассчитывается по формуле

$$\Delta P = (P_{\max} - P_0) \left[\frac{100 M_T Z}{\rho_T V_{\text{св}} C_{\text{ст}} K_H} \right],$$

где P_{\max} — максимальное давление взрыва стехиометрической газозооушной или парозооушной смеси в замкнутом объеме; определяется экспериментально или по справочным данным, при отсутствии данных его допускается принимать равным 900 кПа; P_0 — начальное давление (допускается принимать равным 101 кПа); M_T — масса горючего газа или паров легковоспламеняющейся или горючей жидкости, поступивших в результате аварии в помещение, кг; Z — доля участия взвешенного дисперсного продукта во взрыве; ρ_T — плотность газа, кг/м³; $V_{\text{св}}$ — свободный объем помещения в м³, он определяется как разность между объемом помещения и объемом, занимаемым технологическим оборудованием (если свободный объем помещения определить невозможно, то его принимают условно равным 80% геометрического объема помещения); $C_{\text{ст}}$ — стехиометрический коэффициент; K_H — коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения, его допускается принимать равным 3.

Избыточное давление взрыва для химических веществ, кроме упомянутых выше, а также для смесей рассчитывается по формуле

$$\Delta P = \frac{M H_T P_0 Z}{V_{\text{св}} \rho_{\text{в}} T_0 K_H C_p},$$

где H_T — теплота сгорания, Дж/кг⁻¹; $\rho_{\text{в}}$ — плотность воздуха до взрыва при начальной температуре, кг/м³; C_p — удельная теплоемкость воздуха, Дж/(кг·К); допускается принимать

равной $1,01 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К); T_0 — начальная температура воздуха, К.

Избыточное давление взрыва для горючих пылей определяют по формуле, где при отсутствии данных коэффициент Z принимается равным 0,5. Расчет избыточного давления взрыва для веществ и материалов, способных взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом, проводят по этой же формуле, принимая $Z = 1$.

Основные параметры взрыва некоторых аэрозолей приведены в табл. 2.31 (НКПВ — нижний концентрационный предел воспламенения аэрозолей или предел распространения пламени).

Расчетное избыточное давление взрыва для гибридных взрывоопасных смесей, содержащих газы (пары) и пыли, находят по формуле

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2,$$

где ΔP_1 — давление взрыва, вычисленное для газа (пара); ΔP_2 — давление взрыва, вычисленное для пыли.

Взрыв (горение) газового облака. Причинами взрывов могут быть большие газовые облака, образующиеся при утечках или внезапном разрушении герметичных емкостей, трубопроводов и т.п. Инициаторы горения или взрыва в этих случаях носят чаще всего случайный характер, причем воспламенение не всегда сопровождается взрывом. Процесс взрыва или горения таких газовых облаков имеет ряд специфических особенностей, что приводит к необходимости рассмотреть эти процессы отдельно.

Таблица 2.31

Основные параметры взрыва аэрозолей

| Материал | H_f , кДж/кг | Дисперс- ность, мкм | НКПВ, г/м ³ | ΔP , кПа |
|-------------------|-------------------|------------------------|---------------------------|------------------|
| Полиэтилен | 47 100 | 250 | 45,0 | 630 |
| Полистирол | 39 800 | 20–70 | 27,5 | 590 |
| Метилцеллюлоза | 11 800 | 850 | 30,0 | 660 |
| Нафталин | 39 900 | 100 | 2,5 | 651 |
| Фталевый ангидрид | 21 000 | 74 | 12,6 | 750 |
| Сера | 8200 | 8,5 | 2,3 | 406 |
| Алюминий | 30130 | — | 58,0 | 830 |

При плохом перемешивании газообразных веществ с атмосферным воздухом взрыва вообще не наблюдается. В этом случае при воспламенении газо- или паровоздушной смеси от места инициирования с дозвуковой скоростью будет распространяться «волна горения». Так как распространение пламени происходит со сравнительно низкой скоростью, в волне горения давление не повышается. В таком процессе имеет место только расширение продуктов горения за счет их нагрева в зоне пламени, и давление успевает выровняться по всему объему. Медленный режим горения облака с наружной поверхности с большим выделением лучистой энергии может привести к образованию очагов пожаров.

При оценке разрушительного действия взрыва газового облака в открытом пространстве необходимо определить избыточное давление (скоростной напор) во фронте пламени. Если пламя распространяется от точечного источника зажигания в неограниченном пространстве, то оно имеет форму, близкую к сфере. Для пламени предельных углеводородов скоростной напор в открытом пространстве может достигать 26 кПа.

По избыточному давлению взрыва можно ориентировочно оценить степень воздействия ударной волны на людей (табл. 2.32). При количественной оценке степени поражения применены средние значения давлений, вызывающие ту или иную степень поражения у 50% пострадавших.

По международным нормам опасным для человека является избыточное $\Delta P \geq 6,9$ кПа.

Пожары и взрывы достаточно часто взаимосвязаны в пространстве и времени. Так, при пожаре возможны взрывы на-

Таблица 2.32

Давления ударной волной, вызывающие поражения человека

| ΔP , кПа | Результат воздействия |
|------------------|---|
| 20 | Разрывы барабанных перепонок. Небольшие кровоизлияния в легкие (поражения 1-й степени) |
| 50 | Кроме указанного выше, общее сотрясение организма, болезненный удар по голове, кровоизлияние в легкие, межмышечное кровоизлияние, гиперемия мозга, иногда перелом ребер (поражения 2-й степени) |
| 70 | Давление, трудно переносимое организмом, вызывающее состояние контузии (поражение 3-й степени) |
| 100 и более | Переломы ребер, летальный исход (поражения 4-й степени) |

греваемых емкостей со сжатыми и сжиженными газами, емкостей с ЛВЖ, а при взрыве, например, бытового газа, возможно возгорание окружающих горючих веществ. Отметим, что взрывы природного газа (магистрального и подаваемого из баллонов) в жилых помещениях — довольно частое событие, которое возникает из-за попадания газа в объем помещения в количестве выше НКПВ (для бытового газа НКПВ = 2% объема) при появлении источника воспламенения (пламени, искры и т.п.).

2.6. Чрезвычайные опасности стихийных явлений

В условиях современной техносферы возможно негативное воздействие стихийных явлений. К ним относятся землетрясения, наводнения, штормовые ветры и снежные метели, заносы, оползни, провальные и просадочные процессы, грозы и т.п.

Землетрясения. Наибольшее воздействие землетрясения оказывают на здания и сооружения, которые подразделяются на три типа:

- А — здания из рваного камня, сельские постройки, дома из кирпича сырца, глинобитные дома;
- Б — кирпичные дома, здания крупноблочного типа, здания из естественного тесаного камня;
- В — здания панельного типа, каркасные железобетонные здания, деревянные дома хорошей постройки.

При этом регламентируют пять степеней повреждения зданий и сооружений:

- 1 — легкие повреждения: тонкие повреждения в штукатурке и откалывание небольших ее кусков;
- 2 — умеренные повреждения: небольшие трещины в стенах, откалывание довольно больших кусков штукатурки, падение кровельных черепиц, трещины в дымовых трубах и падение частей дымовых труб;
- 3 — тяжелые повреждения: глубокие и сквозные трещины в стенах, падение дымовых труб;
- 4 — разрушения: обрушения внутренних стен и стен заполнения каркаса, проломы в стенах, обрушение частей зданий, разрушение связей между отдельными частями зданий;
- 5 — обвалы: полное разрушение зданий.

В табл. 2.33 приведена краткая характеристика воздействия землетрясений на объекты техносферы. Интенсивность землетрясений оценивается по 12-балльной шкале.

Таблица 2.33

Характеристика землетрясений

| Баллы | Вид землетрясения | Характеристика воздействия землетрясения |
|-------|-----------------------------|---|
| 1 | Незаметное сотрясение почвы | Отмечается только сейсмическими приборами |
| 2 | Очень слабые толчки | Отмечаются сейсмическими приборами. Ощущаются отдельными людьми, находящимися в покое |
| 3 | Слабое | Легкое раскачивание висячих ламп, открытых дверей |
| 4 | Умеренное | Распознается по легкому дребезжанию оконных стекол, скрипу дверей и стен |
| 5 | Довольно сильное | Под открытым небом ощущается многими, внутри домов — всеми. Общее сотрясение стен здания, колебание мебели. Маятники часов останавливаются. Появляются трещины в оконных стеклах и штукатурке |
| 6 | Сильное | Ощущается всеми, люди в испуге выбегают на улицу. Висящие на стенах предметы падают. Появляются повреждения 1-й степени в отдельных зданиях типа Б и во многих зданиях типа А; в отдельных зданиях типа А — повреждения 2-й степени |
| 7 | Очень сильное | Сильно качаются подвешенные предметы, сдвигается мебель. Во многих зданиях типа В — повреждения 1-й степени и в отдельных — 2-й степени. Во многих зданиях типа А повреждения 3-й степени и в отдельных 4-й степени. Трещины в каменных оградах. Образуются оползни берегов рек |
| 8 | Разрушительное | Сильные повреждения зданий. Во многих зданиях типа В повреждения 2-й степени и в отдельных — 4-й степени. Во многих зданиях типа Б повреждения 3-й степени и в отдельных — 4-й степени. Во многих зданиях типа А повреждения 4-й степени и в отдельных 5-й степени. Памятники и статуи сдвигаются с места и опрокидываются. Возникают трещины на крутых склонах и сырой почве |
| 9 | Опустошительное | Всеобщие повреждения зданий. Во многих зданиях типа В повреждения 3-й степени в отдельных — 4-й степени. Во многих зданиях типа Б повреждения 4-й степени в отдель- |

Окончание табл. 2.33

| Баллы | Вид землетрясения | Характеристика воздействия землетрясения |
|-------|-------------------------|--|
| | | ных — 5-й степени. В большинстве зданий типа А повреждения 5-й степени. Памятники и колонны опрокидываются |
| 10 | Уничтожающее | Всеобщее разрушение зданий. Появляются трещины в почве, иногда до метра шириной. Дороги деформируются. Образуются оползни и обвалы со склонов. Разрушаются трубопроводы, ломаются деревья |
| 11 | Катастрофическое | Появляются широкие трещины в поверхностных слоях земли, многочисленные оползни и обвалы. Каменные дома почти совершенно разрушаются. Железнодорожные рельсы сильно искривляются и выпучиваются |
| 12 | Сильно катастрофическое | Изменения в почве достигают огромных размеров. Образуются многочисленные трещины, обвалы, оползни. Возникают водопады, подпруды на озерах, отклоняются течения рек. Все здания и сооружения полностью разрушаются. Люди, растительность и животные гибнут от обвалов |

Наводнения. Среди источников ЧС природного происхождения наводнения по повторяемости, по масштабам воздействия и по материальному ущербу стоят в России на первом месте. Причины возникновения наводнений многообразны. К ним относят:

- половодья, обычно весенние, из-за таяния снега и половодья при интенсивных дождях в бассейнах равнинных рек;
- наводнения из за заторов (весной) и зажоров (осенью), возникающие из-за скопления на реках шуги и льда;
- наводнения, вызванные подъемом закрытых морей (Каспийское море);
- нагонные наводнения (Нева);
- наводнения, вызванные подводными землетрясениями;
- наводнения из-за прорыва плотины.

При наводнениях происходит достаточно быстрый подъем воды и затопление прилегающей местности. Часто при этом возникают подтопления, когда вода проникает в подвалы зданий через канализационную сеть (при сообщении канализации с рекой), по разного рода канавам и траншеям,

а также из-за значительного подпора грунтовых вод.

При наводнениях нарушаются пути сообщения, выходят из строя телефонная связь, электроснабжение и т.п. В дальнейшем происходит размыв оснований зданий и сооружений и непрерывное углубление промоин. От размывающего действия текущей воды может происходить разрушение мостовых на улицах городов, а также кирпичных зданий в течение 5—10 суток. Более устойчивы в этом отношении блочные бетонные здания с фундаментом из бетонных и железобетонных блоков и плит. Такие здания даже с заполненными водой подвалами длительно сохраняют общую устойчивость. Вторичными последствиями наводнений являются загрязнения воды и местности веществами из разрушенных и затопленных хранилищ, промышленных и сельскохозяйственных предприятий, массовые заболевания людей и животных, аварии на транспортных и инженерных коммуникациях, оползни, обвалы и даже изменения ландшафта.

Штормовые ветры, снежные метели и заносы. Специалистами циклоном называется замкнутая область атмосферного возмущения с пониженным давлением в центре и вихревым движением воздуха. Разрушительное действие циклонов определяется дождевыми осадками (снегом) и скоростным напором ветра. Согласно строительным нормам, максимальное нормативное значение ветрового давления для территории России составляет 0,85 кПа, что при нормальной плотности воздуха 1,22 кг/м³ соответствует скорости ветра 37,3 м/с. Однако, как показывает практика, далеко не все сооружения выдерживают ветер даже меньшей силы. Велика также разрушительная сила ударов от предметов, уносимых сильными ветрами.

Зимой при прохождении циклонов возникают метели. В соответствии с силой ветра метели делят на пять категорий: слабые, обычные, сильные, очень сильные и сверхсильные. В зависимости от того как снег переносится ветром, различают несколько видов метели: верховая, низовая и общая метели. Большую опасность для людей представляют сильные метели в тот момент, когда они находятся вне населенных пунктов на открытой местности.

Для визуальной оценки скорости ветра по его действию на наземные предметы или по волнению на море в 1806 г. английский адмирал Ф. Бофорт разработал условную шкалу. В 1963 г. Всемирная метеорологическая организация уточнила эту шкалу (табл. 2.34).

Таблица 2.34

Шкала для визуальной оценки силы ветра

| Баллы | Скорость ветра, м/с | Словесная характеристика | Действие ветра |
|-------|---------------------|--------------------------|---|
| 0 | 0–0,2 | Штиль | Полное отсутствие ветра. Дым из труб поднимается вертикально. Море зеркально гладкое |
| 1 | 0,3–1,5 | Тихий | Ветер еще не приводит в движение флюгер, но уже относит дым. На море появляется рябь, но пены на гребнях нет |
| 2 | 1,6–3,3 | Легкий | Ветер ощущается лицом. Шелестят листья. Флюгер приходит в движение. Гребни на волнах не опрокидываются |
| 3 | 3,4–5,4 | Слабый | Непрестанно колеблются листья и тонкие ветви деревьев. Развеваются легкие флаги. Гребни волн, уже хорошо выраженных, опрокидываясь, образуют стекловидную пену. Изредка возникают маленькие белые барашки |
| 4 | 5,5–7,9 | Умеренный | Ветер поднимает пыль и бумажки, приводит в движение тонкие ветви деревьев. Волны на море удлиненные, белые барашки видны во многих местах |
| 5 | 8,0–10,7 | Свежий | Качаются тонкие стволы деревьев. Волны на море еще не очень крупные, но повсюду видны белые барашки |
| 6 | 10,8–13,8 | Сильный | Качаются толстые сучья деревьев, гудят телефонные провода. На море образуются крупные волны. Белые пенистые гребни занимают значительные площади |
| 7 | 13,9–17,1 | Крепкий | Качаются стволы деревьев. Идти против ветра трудно. На море волны громоздятся, гребни срываются, пена ложится полосами по ветру |
| 8 | 17,2–20,7 | Очень крепкий | Ветер ломает сучья деревьев, идти против ветра очень трудно. Волны на море — умеренно высокие, длинные |
| 9 | 20,8–24,4 | Шторм | Ветер срывает черепицу и дымовые колпаки. Волны на море высокие, а пена широкими плотными полосами ложится по ветру. Гребни волн опрокидываются и рассыпаются в брызги. Ухудшается видимость |

Окончание табл. 2.34

| Баллы | Скорость ветра, м/с | Словесная характеристика | Действие ветра |
|-------|---------------------|--------------------------|---|
| 10 | 24,5—28,4 | Сильный шторм | Ветер разрушает строения, с корнем вырывает деревья. Волны очень высокие, с загибающимися вниз гребнями. Сильный грохот волн подобен ударам. Поверхность моря белая от пены, которую ветер выдувает большими хлопьями |
| 11 | 28,5—32,6 | Жестокий шторм | Волны на море настолько высоки, что судна среднего размера временами скрываются из вида. Края волн повсюду сдуваются в пену. На суше такой ветер наблюдается редко |
| 12 | 32,7 и более | Ураган | Море все покрыто полосами пены. Воздух наполнен пеной и брызгами. Видимость очень плохая |

Примечание. Резкое кратковременное усиление ветра до 20 м/с и более называется шквалом.

Ветровые движения атмосферного воздуха происходят почти параллельно земной поверхности, поэтому под скоростью ветра подразумевается горизонтальная составляющая ветрового движения. Воздействие ветра небезопасно, его приходится учитывать в повседневной жизни. Так, на Камчатке при скорости ветра 30 м/с и более по распоряжению местных органов прекращают работу школьные учреждения, детские сады и ясли, а при ветре более 35 м/с не выходят на работу женщины. При проектировании сооружений принимаются меры, чтобы они могли противостоять самым сильным ветрам. Для территории России максимальное значение скорости ветра при проектировании зданий и сооружений принято 37,3 м/с, или 134 км/час, что соответствует силе ветра в 12баллов.

Торфяные и лесные пожары. Под воздействием температуры атмосферного воздуха и ряда других причин торф постепенно разлагается и подвергается возгоранию. Скорость выгорания торфа при малом ветре — около 0,18 кг/м². При скорости ветра 3 м/с и более происходит разбрасывание горящих частиц торфа и образование зон горения в слое торфа. Большое влияние на развитие пожара на торфяниках оказывают метеорологические факторы (температура

воздуха, солнечная радиация, влажность), время суток, время года. Обычно пожар возникает днем в летний период.

Лесные пожары возникают при сухой и жаркой погоде. Причины их возникновения делятся на естественные (удары молнии), антропогенные (нарушение людьми правил обращения с огнем) и техногенные (использование неисправной техники). При этом пожары делятся на низовые, верховые и подземные.

Чаще всего наблюдаются низовые пожары, когда сгорает почвенный покров, выступающие корни деревьев и нижняя часть стволов. Верховые пожары характеризуются распространением огня по кронам деревьев и по надпочвенному покрову. Возникновению и распространению верхового пожара способствует сильный ветер. В лесах с толстым слоем опавших листьев, сучьев, травы в засушливые годы возникают подземные пожары.

По площади, охваченной огнем, лесные пожары делятся на шесть классов:

| Класс пожара | Площадь пожара, га |
|------------------|--------------------|
| Загорание | 0,1–0,2 |
| Малый | 0,2–2,0 |
| Небольшой | 2,1–20 |
| Средний | 21–200 |
| Крупный | 201–2000 |
| Катастрофический | Более 2000 |

В летний период количество лесных пожаров максимально. Летом 2010 г., когда пожары охватили значительную часть территории страны, в зонах задымления средней полосы России умерло на 56 тыс. человек больше, чем в предыдущие годы.

Оползень — это смещение на более низкий уровень масс горных пород по склону под воздействием собственного веса и дополнительной нагрузки. Главными причинами возникновения оползней являются подмыв склона, его переувлажнение, сейсмические толчки и хозяйственная деятельность человека.

В результате одного или нескольких из указанных факторов нарушается равновесие склона, и он приходит в скользящее движение, которое продолжается до достижения склоном нового равновесного состояния. При этом перемещаются значительные массы пород, что может привести

к катастрофическим последствиям и приобретает характер стихийного бедствия. Оползни могут разрушать отдельные объекты и подвергать опасности целые населенные пункты, выводить из оборота сельскохозяйственные угодья, создавать опасность при эксплуатации карьеров, повреждать транспортные коммуникации, трубопроводы, энергетические сети и угрожать плотинам. Оползни образуются как на естественных склонах, так и в искусственных земляных сооружениях с крутыми откосами.

На оползневых склонах различают шесть основных элементов оползней (рис. 2.42).

Большую часть потенциальных оползней можно предотвратить, если своевременно и качественно осуществлять комплекс мероприятий, направленных на контроль, прогнозирование и предотвращение возникновения оползневых процессов.

Карст заключается в процессе растворения, выщелачивания или механическом размывании пород грунта подземными водами, в результате чего в толще земли образуются пустоты, пещеры, вертикальные воронки и колодцы, а на

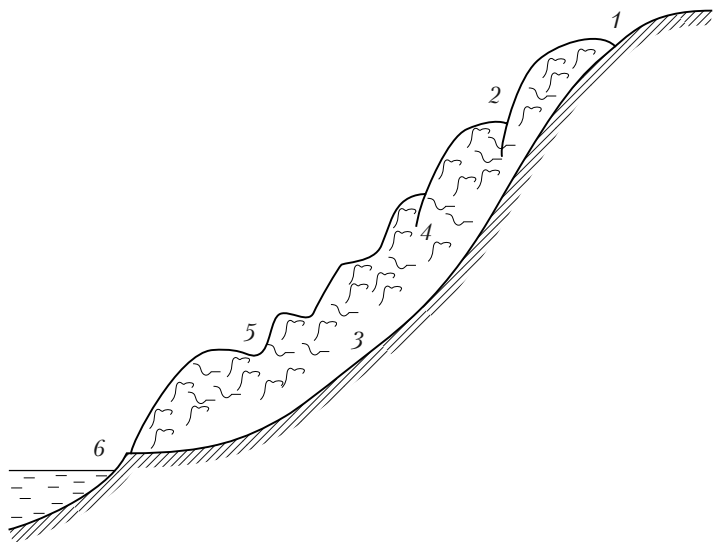


Рис. 2.42. Принципиальная схема оползневой массы:

1 — надоползневый уступ; 2 — трещины скольжения (оползневые ступеньки); 3 — плоскость скольжения; 4 — тело оползня; 5 — трещины выпучивания; 6 — нижняя граница оползня

поверхности земли создаются просадки и провалы. Карст образуется только при наличии в толще земли легко размываемых пород — известняков, доломитов, мела, гипса, а также некоторых рыхлых пород, как, например, лесса.

Образующиеся вследствие карстовых явлений на поверхности земли просадки и провалы изменяют естественный рельеф, создавая неровности с колодцами и воронками. Просадки и провалы вызывают разрушение зданий, коммуникаций и инженерных сооружений. Наличие карстовых явлений, возможность и вероятность возникновения просадок и провалов на поверхности земли, отсутствие уверенности в стабильности рельефа усложняют градостроительное использование территорий и приводят к планировочным ограничениям в жилой и промышленной застройке.

Просадки и провалы. Помимо рассмотренных карстовых явлений, на ряде территорий России и даже в некоторых городах наблюдаются просадки, а иногда провалы грунта.

Просадки представляют собой незначительные вертикальные смещения поверхности территории, возникающие в результате уплотнения грунта. При провалах вертикальные смещения грунта достигают нескольких десятков метров (до 50 и более). Явление просадочности может быть вызвано двумя факторами: хозяйственной деятельностью человека и свойствами некоторых горных пород. *Провалы* же обычно возникают вследствие образовавшихся в земных недрах пустот, нарушивших равновесие окружающих пород (подземные выработки полезных ископаемых). Просадки и провалы в районах горных подземных выработок имеют место в Свердловской области, в Кузбассе и некоторых других районах России.

Явление просадочности свойственно некоторым горным породам, в особенности лессу и лессовидным грунтам. В этом случае просадочные деформации рассматриваются как переход грунтов из недоуплотненного состояния в состояние нормальной для данного природного явления плотности, происходящей под влиянием инфильтрационной воды, замачивания грунта и его уплотнения. Лесс и лессовидные грунты сравнительно широко распространены на территории России. Мощность слоя лесса иногда достигает 10—20 м и более. Просадочность свойственна и некоторым другим породам (суглинки, глины). Оседание поверхности и просадки образуются также при откачке воды из песчаных водоносных слоев.

Многие города и рабочие поселки расположены на территориях с подземными выработками, осуществляемыми при добыче полезных ископаемых. В своем развитии выработки часто оказываются непосредственно под территорией города. В местах горных выработок равновесие в породах над выработками нарушается, происходит сдвигание и прогиб пластов, их обрушение и, как следствие, поверхность земли над выработками просаживается (оседает), а иногда даже проваливается. Установлено, что независимо от характера происхождения образование просадок и провалов зависит от геологических условий, глубины и размеров выработок. Так, близость к поверхности земли, большая ширина выработки и малая плотность породы в кровле способствуют быстрому образованию провалов, значительных по площади и глубине. Выработки, пройденные даже на сравнительно большой глубине, не могут считаться безопасными, хотя на поверхности земли просадки проявляются через сравнительно длительный срок.

Грозы. Они являются довольно распространенным и опасным атмосферным явлением. На всей Земле ежегодно проходит порядка 16 млн гроз и каждую секунду сверкает около 100 молний. Разряд молнии чрезвычайно опасен. Он может вызвать разрушения, пожары и гибель людей.

Установлено, что средняя продолжительность одного грозового цикла составляет примерно 30 мин, а электрический заряд каждой вспышки молнии соответствует 20–30 Кл (иногда до 80 Кл). На равнинной местности грозовой процесс включает образование молний, направленных от облаков к земле. Заряд движется вниз ступеньками длиной по 50–100 м, пока не достигнет земли. Когда до земной поверхности остается примерно 100 м, молния «нацеливается» на какой-либо возвышающийся предмет.

Своеобразным электрическим явлением является шаровая молния. Она имеет форму светящегося шара диаметром 20–30 см, движущегося по неправильной траектории и исчезающего беззвучно или со взрывом. Шаровая молния существует несколько секунд, но может вызвать разрушения и человеческие жертвы.

В Подмоскowie, например, ежегодно из-за грозковых разрядов в летний период происходит около 50 пожаров. Повторяемость гроз в мае на территории России: Санкт-Петербург — 2; Самара — 3; Москва — 3; Екатеринбург — 3; Ростов-на-Дону — 4; Новосибирск — 4; Сочи — 2; Красноярск — 2; Крас-

нодар — 5; Иркутск — 1; Волгоград — 4; Якутск, Мурманск — одна гроза в несколько лет.

Повторяемость гроз обычно возрастает на 10–15% в годы высокой солнечной активности.

Оценка опасности воздействия молнии основана на статистике частоты гроз с опасными молниями в данном районе и носит вероятностный характер. Такая оценка в середине 1980-х гг. была проделана для Москвы по результатам наблюдений 11 метеорологических станций (Внуково, Домодедово, Шереметьево, Быково, Центральная вычислительная станция и др.). Для расчетов было введено понятие «грозового сезона», в который вошли четыре месяца с мая по август — 123 дня. Число грозовых дней за сезон в Москве составляет в среднем 37 дней. За площадь Москвы был принят круг радиусом 20 км (рис. 2.43).

Из графика на рис. 2.43 видно, что грозу следует ожидать во второй половине дня, скорее всего с 12 до 18 часов местного времени. Немного реже она бывает в 21 час и в 3 часа ночи. С 5 до 8 часов утра гроза маловероятна, но в первой половине дня ее вероятность возрастает в 10 с лишним раз. Вторая кривая (более плавная) — результаты, полученные

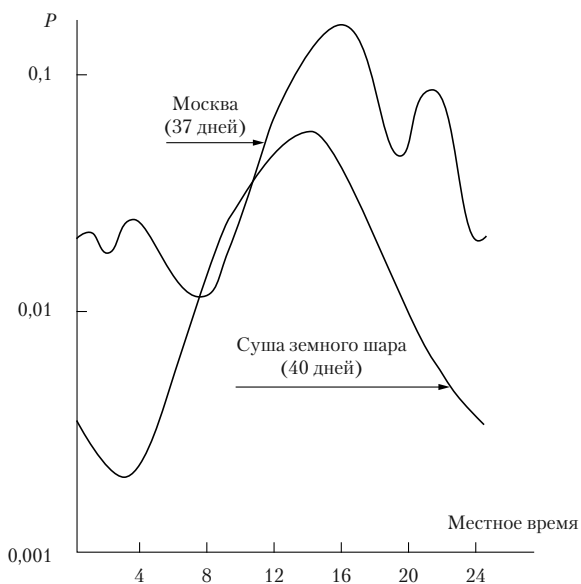


Рис. 2.43. Сравнительная вероятность гроз для Москвы

в институте дальней связи США для всей земной суши и грозового сезона в 40 дней. Анализ и сравнение приведенных графиков дают основание полагать, что наиболее вероятны грозы в период с 10 до 18 часов местного времени.

Существует два вида воздействия молнии на объекты: прямой удар и вторичные проявления молнии. Прямой удар сопровождается выделением большого количества теплоты и вызывает разрушение объектов и воспламенение паров ЛВЖ, различных сгораемых материалов, а также сгораемых конструкций зданий и сооружений.

Под вторичным проявлением молнии подразумеваются явления, которые сопровождаются проявлением разности потенциалов на металлических конструкциях, трубах и проводах внутри зданий, не подвергшихся прямому удару молний. Высокие потенциалы, наведенные молнией, создают опасность искрения между конструкциями и оборудованием. При наличии взрывоопасной концентрации паров, газов или пыли сгораемых веществ это приводит к воспламенению или взрыву.

Как следует из рассмотренного выше, многие стихийные процессы и явления, возникающие в природе, часто сопровождаются негативным взаимодействием с объектами техносферы (разрушение зданий, транспортных магистралей, взрывы и возгорания сооружений, прорыв плотин и т.п.). В этих случаях воздействие естественных опасностей на людей и окружающую среду, как правило, усиливается и поэтому их суммарное влияние целесообразно называть естественно-техногенным, а возникшие при этом опасности — **естественно-техногенными**.

Убедительным подтверждением значимости естественно-техногенных опасностей являются события в Японии в 2011 г. Начавшееся 11 марта 2011 г. землетрясение земной коры магнитудой 8,9 балла в Тихом океане породило цунами, двигавшееся со скоростью 400–600 км/ч, с высотой волны до 10 м, обрушившееся на остров Хонсю. Цунами разрушило инфраструктуру побережья (промышленные объекты, транспортную сеть) и спровоцировало ряд пожаров и взрывов. Землетрясения и цунами (естественные опасности) серьезно нарушили работу четырех блоков АЭС «Фукусима 1», создав повышенное радиационное загрязнение на обширной территории около АЭС (техногенные опасности).

Виды и количество крупнейших стихийных явлений в мире с 1950 по 2000 г приведены на рис. 2.44. Следует от-

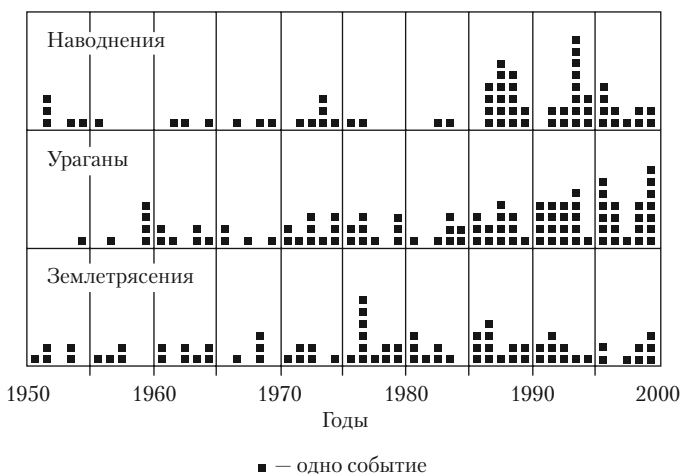


Рис. 2.44. Виды и число крупных стихийных явлений в год с 1950 по 2000 г.

метить устойчивую тенденцию к росту количества землетрясений, наводнений и ураганов в период 1998—2011 гг.

Анализ современного мира опасностей, возникающих из-за влияния на человека и окружающую его среду избыточных потоков веществ, энергии и информации, показывает рост номенклатуры опасностей, уровня и масштабов их воздействия. Негативное воздействие опасностей в наивысшей степени проявляется в условиях техносферы, где господствуют постоянно-действующие техногенные, антропогенные, антропо-

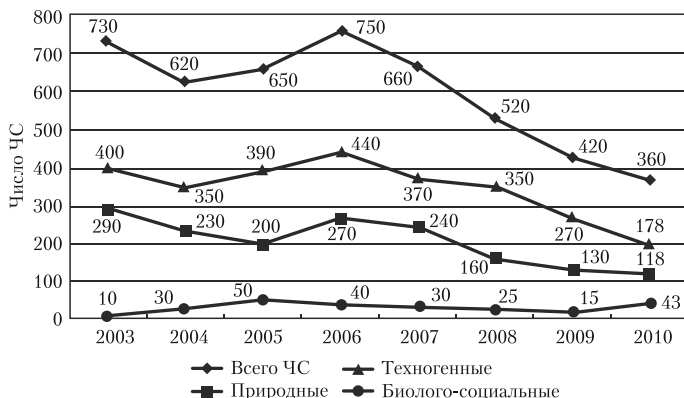


Рис. 2.45. Динамика ЧС за период 2003—2010 гг.

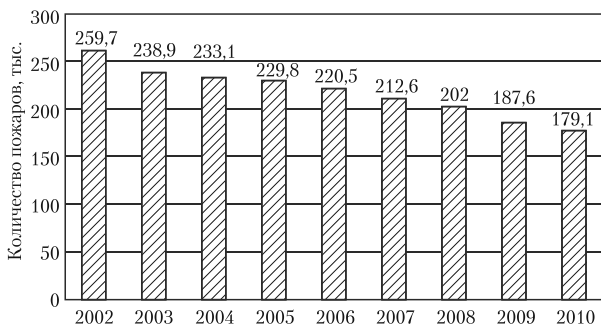


Рис. 2.46. Распределение количества пожаров в 2002–2010 гг.

генно-техногенные и естественные опасности. На рис. 2.45 и 2.46 показана динамика ЧС и пожаров в начале XXI в. в России.

В 2010 г. в городах произошло 62%, а в сельской местности — 38% пожаров.

Контрольные вопросы

1. Какие процессы определяют взаимодействие человека и природной среды?

2. Охарактеризуйте опасные зоны естественной радиации.

3. В чем состоит причина возникновения антропогенных опасностей?

4. Перечислите локально действующие на человека техногенные опасности.

5. Что такое «эффективная эквивалентная доза радиации»? В каких единицах она измеряется?

6. Какие источники ионизирующего излучения в быту вы знаете?

7. Что такое кислотные дожди и каковы причины их возникновения?

8. Что такое парниковый эффект? Проанализируйте основные теории, объясняющие его развитие.

9. Каковы техногенные воздействия на гидросферу?

10. В чем состоят основные техногенные воздействия на литосферу? Каковы последствия загрязнения почв?

11. В чем состоит опасность теплового загрязнения окружающей среды?

12. Назовите основные региональные и глобальные ЧС.

13. Какие виды пожаров вы знаете?

14. Чем опасны лесные и торфяные пожары?

15. Дайте определение понятия «естественно-техногенная опасность». Приведите примеры таких опасностей.

Глава 3

ЗАЩИТА ОТ ОПАСНОСТЕЙ

Любая биологическая система, находясь в динамически равновесном взаимодействии с окружающей средой и эволюционно развиваясь, увеличивает свое давление на среду. Это давление либо должно быть ограничено внешними факторами, либо наступит экологическая катастрофа.

*Закон максимума биогенной энергии
(В. И. Вернадский — Э. С. Бауэр)*

Расширение любых действий человека не должно приводить к социально-экономическим и экологическим катастрофам, подрывающим саму основу существования людей.

*Принцип разумной достаточности
и допустимого риска (Н. Ф. Реймерс)*

Риск и опасности в развитии цивилизации были, есть и будут. И нам придется приучить себя к мысли о необходимости жить под этим бременем. Но это означает лишь одно: человечеству необходимо научиться предельно снижать этот риск и опасности.

Академик Н. Н. Моисеев

Изучив материалы этой главы, студент должен:

- *знать*: важнейшие направления достижения достижения техносферной безопасности, принципы снижения техногенных опасностей, основные виды экобиозащитной техники для защиты от потоков масс и потоков энергии, принципы реализации коллективной и индивидуальной защиты работающих и населения, региональной защиты, защиты от чрезвычайных техногенных опасностей, от глобальных опасностей, принципы минимизации антропогенно-техногенных опасностей, современные виды экспертной оценки опасностей объекта экономики;

- *уметь*: определять варианты взаимного расположения опасных зон и зон пребывания человека на производстве и в окружающей среде;
- *владеть* навыком выбора профиля подготовки бакалавра в рамках направления 280700 «Техносферная безопасность».

3.1. Понятие «безопасность объекта защиты»

Безопасность объекта защиты — это состояние объекта, при котором воздействие на него всех потоков вещества, энергии и информации не превышает максимально допустимых для объекта значений.

Термин «безопасность» широко используется в технике, социологии, в праве и т.п. Словосочетания «безопасность труда», «безопасность АЭС», «безопасность движения», «радиационная безопасность», «экономическая безопасность» и т.п. привычны для широкого круга читателей, однако они не всегда имеют однозначное толкование и понимание. Например, когда говорят «безопасность труда», имеют в виду безопасное по отношению к человеку проведение производственного процесса. Здесь все однозначно и понятно. Но если говорят «безопасность АЭС», то в этом случае могут иметь в виду, с одной стороны, безопасность эксплуатации АЭС по отношению к человеку и окружающей среде, когда рассматривают совокупность систем «человек — АЭС», с другой — это можно понимать и как обеспечение безопасной эксплуатации АЭС, т.е. как регламентированное проведение работ на АЭС, имея в виду совокупность систем «АЭС — внешние факторы». В первом случае объектом защиты является человек — и это проблема БЖД, а во втором — сама АЭС — и это проблема сугубо техническая, связанная с правильным проектированием и эксплуатацией АЭС. Нормативами на обеспечение безопасности в первом случае являются нормы допустимого воздействия АЭС на людей, а во втором — требования к персоналу по соблюдению режимов работы АЭС, устройству АЭС и др. Чтобы правильно оценить принадлежность процесса обеспечения безопасности к его исполнителю, необходимо термин «безопасность» всегда рассматривать в сочетании с термином «объект защиты». Пользуясь этой схемой, можно всегда правильно оценить обязанности исполнителей и служб безопасности.

Термин «безопасность» имеет практическое значение лишь применительно к совокупности систем «источник опаснос-

ти — объект защиты». Опираясь на II и III принципы ноксологии, далее мы исследуем в основном лишь две совокупности систем: «техносфера — человек» применительно к достижениям БЖД и «техносфера — природа» для обеспечения ЗОС, принимая, соответственно, в качестве объектов защиты человека и природу.

3.2. Основные направления достижения техносферной безопасности

Безопасность работающих и населения. Численность пострадавших в зоне действия источника опасностей N_{Π} в общем виде можно рассчитать по формуле

$$N_{\Pi} = N_{\text{т}}R_{\text{тф}} + N_{\text{в}}R_{\text{вф}},$$

где $N_{\text{т}}$ — численность людей, находящихся в травмоопасных условиях; $N_{\text{в}}$ — численность людей, находящихся во вредных условиях; $R_{\text{тф}}$ — индивидуальный риск гибели людей от травмоопасных факторов; $R_{\text{вф}}$ — индивидуальный риск гибели людей от вредных факторов.

Из этого соотношения очевидно, что численность погибших можно снижать как за счет снижения индивидуальных рисков $R_{\text{тф}}$ и $R_{\text{вф}}$, так и за счет уменьшения численности людей, находящихся в опасных зонах.

В первом варианте решения идут по пути совершенствования источника опасности и улучшения его обслуживания: снижают его техногенный риск за счет совершенствования объекта производственного процесса, улучшения подготовки операторов и т.п. Снижение техногенных рисков любой системы неразрывно связано со значительными материальными затратами, чем ниже риск, тем выше затраты (рис. 3.1).

Во втором случае обычно используют: дистанционное управление; роботизацию вплоть до создания «безлюдного производства»; вывод производственных зон из селитебных районов и т.п.

В реальных условиях возможности снижения техногенного риска, бесспорно, ограничены, впрочем ограниченным является и второй вариант решения проблем БЖД, так как не все технические системы можно перевести на дистанционное управление, роботизировать и т.п.

Характерное распределение численности лиц, подверженных влиянию риска опасного воздействия в примыкаю-

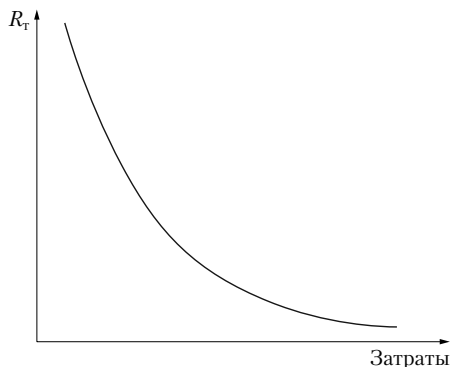


Рис. 3.1. Связь между величиной техногенного риска R_T и материальными затратами на его реализацию

щем к источнику пространстве, как правило, неравномерно (рис. 3.2).

Высоким рискам (зона А) обычно подвержена лишь малая часть работающих (операторы, обслуживающий персонал и т.п.), находящихся вблизи источника опасностей или на промышленной площадке. В зоне Б (санитарно-защитная или селитебная зоны) риск уменьшается по мере удаления здания от аварийного объекта. Для зоны Б характерно $R_{и} \leq R_{доп}$.

Полнее влияние техносферы на человека удобно анализировать, опираясь на принципиальную схему воздействия

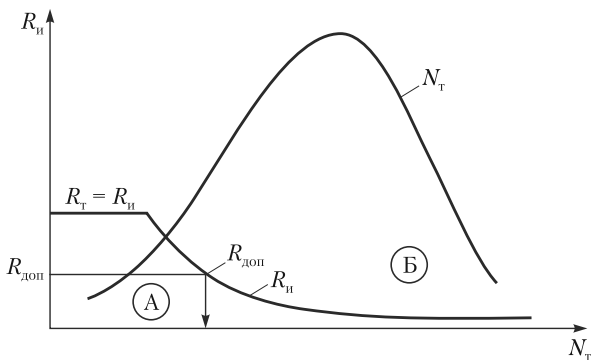


Рис. 3.2. Характерное распределение индивидуального риска и численности лиц, подверженных влиянию источника опасности:

А — зона недопустимого риска; Б — зона допустимого риска;
 R_T — техногенный риск источника

источников опасности на человека, представленную на рис. 3.3.

Из анализа процесса взаимодействия человека с техносферой следует, что здесь на человека негативно воздействуют:

- естественные факторы, а именно: изменения климата, освещенности земной поверхности, метеоусловия и стихийные явления в природе;
- техника и технологии, управляемые операторами и выделяющие в техносферу различные потоки (материальные и энергетические);
- городская среда (транспорт, объекты жилищно-коммунального хозяйства и т.п.);
- среда быта (технические средства, недоброкачественные продукты питания, бытовые отходы и т.п.).

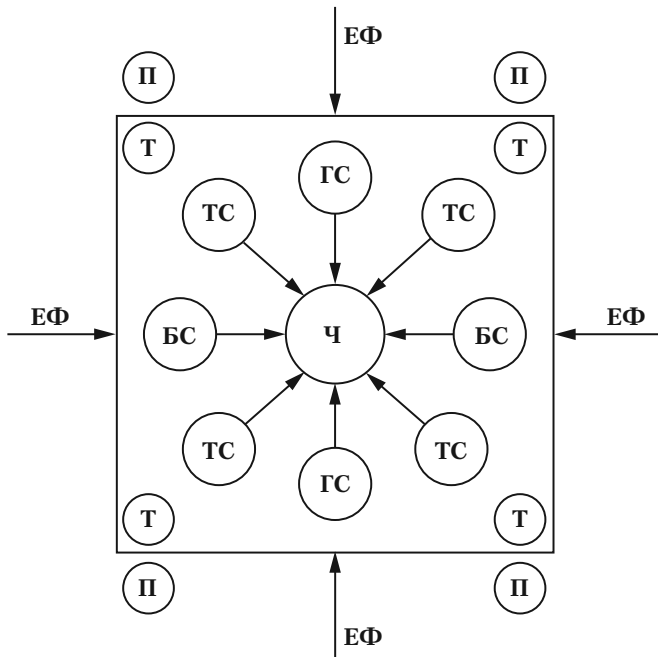


Рис. 3.3. Схема воздействия опасных факторов на человека в техносфере:

Источники опасности: БС – бытовая среда; ГС – городская среда; ЕФ – естественные негативные факторы; ТС – техногенная среда (объекты экономики); объекты защиты: Ч – человек (сообщество); П – природная среда; Т – техносфера

В современных условиях наиболее доступным решением задачи о минимизации людских потерь в техносфере являются:

- применение средств защиты от естественных опасностей;
- создание источников опасностей ограниченного влияния на людей;
- максимальное снижение численности лиц, подверженных воздействию источников опасности;
- применение средств и методов коллективной защиты от техногенных опасностей;
- применение устройств и средств индивидуальной защиты.

Оценку безопасности работающих и населения проводят:

- сравнением уровня потоков вредных опасностей с их предельно допустимыми значениями, достигая $\Pi \leq \text{ПДП}$;
- сравнением риска воздействия травмоопасностей с их допустимым значением, равным 10^{-6} чел./год.

Защита селитебных и природных зон. На селитебные и природные зоны негативно воздействуют:

- объекты экономики, выделяющие газообразные, жидкие и твердые отходы, в том числе химические и радиоактивные, при работе в штатных и аварийных ситуациях;
- городская среда, выделяющая отходы жилищно-коммунального хозяйства, отходы транспортных средств, ливневые сточные воды, снежную массу и т.п.;
- бытовая среда, выделяющая жидкие и твердые отходы.

Основное уравнение, связывающее массу M отходов экономики с численностью N населения и уровнем ВВП любого сообщества, а также с удельными отходами экономики m , приходящимися на единицу ВВП, можно записать в виде

$$M = N \cdot \text{ВВП} \cdot m.$$

Оценим общую тенденцию изменения массы отходов, поступающих в ОС на ближайшее будущее:

- численность населения Земли в 2008 г. составила 6,6 млрд чел. и будет непрерывно нарастать (в 2050 г. она составит примерно 9 млрд чел.);
- ВВП на душу населения практически во всех странах также прирастает в среднем на 2–4% в год;
- удельные отходы экономики в природную среду завязят во многом от способа их улавливания и переработки.

Общая тенденция изменения удельных отходов показана на рис. 3.4 в долях единицы по отношению к массе отходов, зафиксированной в 1970 г.

Анализ тенденции изменения массы отходов, непрерывно поступающих от объектов экономики, свидетельствует о том, что единственным способом уменьшения их массы в перспективе является сокращение приходящихся на единицу ВВП отходов. Предварительная оценка показывает, что необходимое значение величины m к 2030 г. должно составить 0,2–0,25 от общего количества отходов 1970 г., поскольку к этому времени показатели N и ВВП неизбежно возрастут по сравнению с их значениями в 2000 г.

В современных условиях основная задача защиты окружающей среды сводится к минимизации отходов техносферы за счет рационального использования природных ресурсов, а также за счет утилизации отходов.

Оценку качества селитебных и природных зон от действий обычно ведут с использованием следующих приемов:

- определение содержания твердых частиц, оксида углерода, соединений серы, азота и других веществ в атмосферном воздухе;
- определение мутности, насыщенности кислородом и его биологического потребления. Других характеристик воды в водоемах;
- определение содержания тяжелых металлов в почвах.

Индикаторами для биоты могут стать организмы, обитающие в пределах городской среды. Индикатором загрязнения вод служат стенобионты, существование которых предусматривает высокие требования к качеству вод. К ним относятся некоторые виды ракообразных. Индикатором за-

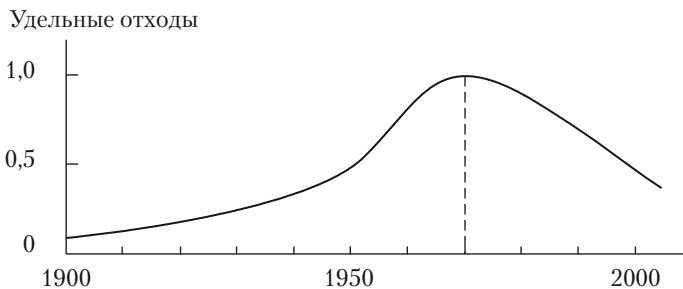


Рис. 3.4. Общая тенденция образования удельных отходов в XX в.

грязнения воздушной среды могут быть насекомые. Индикатором оценки состояния как воздушной среды, так и почв может служить состояние древесной растительности.

Интегральная оценка негативного воздействия всех внешних опасностей на человека проводится во многом по его средней продолжительности жизни и по изменению численности населения региона.

Анализ процессов взаимодействия систем «человек», «природа», «техносфера» и совокупностей опасностей, возникающих при этом, а также основ обеспечения безопасности, прежде всего человека и природы, позволяет сформировать основные принципы и подходы к реализации человеко- и природозащитной деятельности:

1) для реализации защитной деятельности целесообразно выделить следующие совокупности систем: «природа — человек», «техносфера — человек» и «техносфера — природа». Последнюю совокупность систем целесообразно рассматривать в двух вариантах: «техносфера — регион» и «техносфера — глобальное пространство земли»;

2) при выборе систем защиты от опасностей целесообразно все возможные негативные воздействия разделить на две принципиально отличные группы: I — постоянные (периодические), повседневно-действующие воздействия; II — чрезвычайно (спонтанно) действующие воздействия;

3) по размерам зон воздействия опасности нужно разделить на локальные, региональные и глобальные.

3.3. Опасные зоны и варианты защиты от опасностей

Принципиальные варианты взаимного расположения опасных зон и зон пребывания человека в условиях производства показаны на рис. 3.5.

Вариант I — безопасная ситуация, характерна для условий производства при дистанционном управлении технологическим процессом.

Вариант II — производственная ситуация, обычно возникающая при ремонте или наладке оборудования, при его периодическом обслуживании и характеризующаяся кратковременным пребыванием человека (оператора, наладчика и т.п.) в опасной зоне.

Вариант III — наиболее распространенная производственная ситуация, при которой работающий постоянно находится в опасной зоне (металлург у плавильной печи, токарь

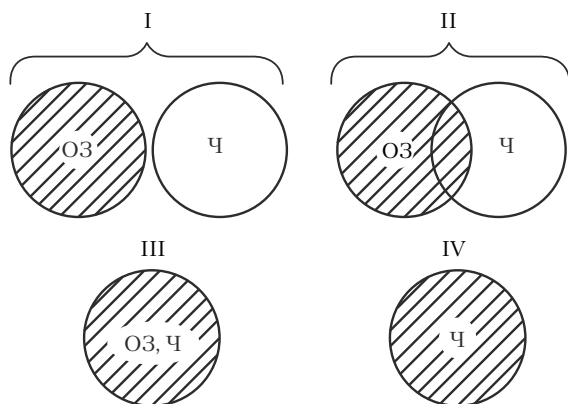


Рис. 3.5. Варианты взаимного положения опасной зоны (OZ) и зоны пребывания человека (Ч) в производственных условиях:

I – безопасная ситуация; II – ситуация кратковременной опасности;
 III – опасная ситуация; IV – условно безопасная ситуация

у станка и т.п.) и использует для своей защиты от опасностей средства индивидуальной защиты.

Вариант IV – условно безопасная ситуация, возникающая при авариях или в условиях ликвидации их последствий. Она характеризуется высоким уровнем опасностей и относительной непродолжительностью их действия. Спасатель в этих условиях действует непосредственно в опасной зоне и защищен от ее негативного воздействия изолирующими средствами индивидуальной защиты. Длительность его работы, как правило, определяется свойствами защитных средств.

Принципиальные варианты взаимного положения источников опасностей и опасных зон в природной среде обычно сводятся к следующим типовым схемам (рис. 3.6).

Вариант I – источник опасности расположен в природной среде и негативно воздействует на нее по своему периметру, ослабляя влияние по мере удаления от источника (регионы техносферы, полигоны, свалки, автономные промышленные зоны, зоны аварии на транспорте и т.п.).

Вариант II – сосредоточенный источник опасности (труба ТЭС, место сброса жидких отходов в водоем и т.п.) подает в природную среду отходы, которые рассеиваются в ней в непосредственной близости от источника.

Вариант III – источник опасности выделяет в природную среду отходы, которые, взаимодействуя с компонента-

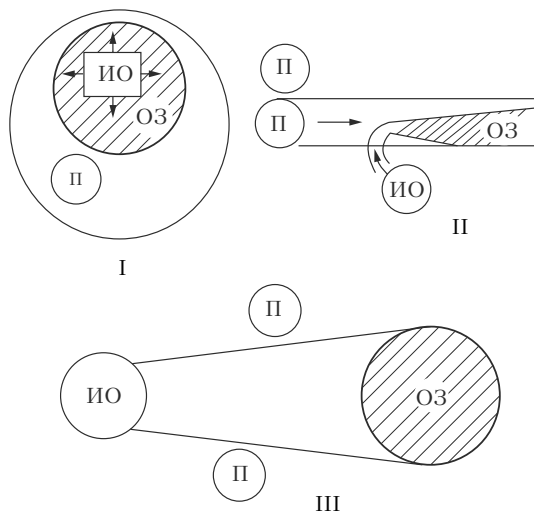


Рис. 3.6. Типовая схема взаимного положения источников опасностей и опасных зон в природной среде:

ИО — источник опасности; ОЗ — опасная зона; П — природная среда
 ми природной среды, создают более опасные вещества. Эти вещества образуют в природе опасные зоны, как правило, весьма удаленные от источника поступления отходов в среду (кислотные осадки, смог).

Из рассмотрения состояния техносферы и принципиальных вариантов взаимного расположения опасных зон и объектов защиты можно сформулировать основные подходы к защите от опасностей, а именно:

- 1) снижение опасностей в источнике их возникновения вплоть до полного устранения за счет уменьшения потоков веществ и энергии от источников к объектам защиты;
- 2) защита за счет увеличения расстояния между источником опасности и объектом защиты — защита зонированием;
- 3) защита за счет использования экобиозащитной техники;
- 4) защита применением средств и устройств индивидуальной защиты.

Снижение опасностей. Основным направлением защиты от опасностей является уменьшение или полное их устранение в источнике. Для этого разработчики технических систем и технологий должны максимально внедрять и правильно эксплуатировать специальные защитные устройства.

Данные устройства принято называть внешними средствами защиты. Они применяются только для уменьшения влияния источника опасности на человека и окружающую среду и не имеют практического значения для технологии основного процесса. Номенклатура защитных устройств многообразна. К ним относятся шумозащитные, взрыво- и пожарозащитные, электроразрядные, тормозные и другие устройства, конструктивно встроенные в машины и технологические процессы.

Характерными и весьма распространенными способами снижения опасности в источнике являются *устройства для защиты человека от поражения электрическим током*. Они широко используются в производственных условиях, на транспорте и т.п. Рассмотрим основные из них.

В нормальном режиме работы электрической цепи применяют по отдельности или в сочетании следующие меры защиты *от прямого прикосновения*:

- основную изоляцию токоведущих частей;
- защиту расстоянием (ограждения и оболочки; установку барьеров; размещение оборудования вне зоны досягаемости);
- сверхнизкое (малое) напряжение.

Основная изоляция токоведущих частей надежно их прикрывает и выдерживает все возможные воздействия в процессе ее эксплуатации. Удаление изоляции возможно только в результате ее разрушения.

В случаях, когда необходима защита от прямого прикосновения к токоведущим частям или приближения к ним на опасное расстояние, применяют оболочки, ограждения, барьеры или размещение вне зоны досягаемости, например расположением токоведущих частей на недоступной высоте. Ограждения, барьеры и оболочки должны обладать достаточной механической прочностью и надежно закрепляются. Вход за ограждения или вскрытие оболочки могут быть осуществлены при помощи ключа или инструмента либо после снятия напряжения с токоведущих частей. Инструменты выполняются из изолирующего материала.

Для размещения оборудования вне зоны досягаемости применяют изолирующие помещения, зоны, площадки (далее — «помещения»), т.е. такие помещения, где защита при прикосновении обеспечивается высоким сопротивлением пола и стен, а также отсутствуют заземленные проводящие части.

Сверхнизкое (малое) напряжение (СНН) — это напряжение, не превышающее 50 В переменного и 120 В постоянного тока. Оно применяется в целях уменьшения опасности поражения током при прямом и (или) косвенном прикосновениях. При наличии особой опасности в помещении эти значения снижаются.

СНН используют для питания электрифицированного инструмента, переносных светильников и местного освещения на станках в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и вне помещений. В случае особенно неблагоприятных условий работы в особо опасных помещениях (например, при выполнении работ в металлическом резервуаре) для питания переносных светильников применяют напряжение 12 В.

Для защиты от поражения током в случае *повреждения изоляции* применяют по отдельности или в сочетании следующие меры защиты:

- автоматическое отключение питания;
- уравнивание и выравнивание потенциалов;
- двойную или усиленную изоляцию;
- защитное электрическое разделение цепей;
- изолирующие (непроводящие) помещения, зоны, площадки;
- защитное заземление и зануление;
- устройства защитного отключения.

Автоматическое отключение питания осуществляется посредством автоматического размыкания цепи. В электроустановках, где применено автоматическое отключение питания, выполняют уравнивание потенциалов.

Уравнивание потенциалов — это электрическое соединение электропроводящих частей для достижения равенства их потенциалов, выполняемое в целях электробезопасности.

Выравнивание потенциалов — снижение разности потенциалов (шагового напряжения) на поверхности земли или пола при помощи защитных проводников, проложенных в земле, в полу или на их поверхности и присоединенных к заземляющему устройству.

Двойная изоляция — это изоляция в электроустановках напряжением до 1 кВ, состоящая из основной и дополнительной изоляции. Дополнительная изоляция независима от основной и служит в случае ее повреждения для защиты при косвенном прикосновении (рис. 3.7). При этом под косвенным прикосновением понимается прикосновение чело-

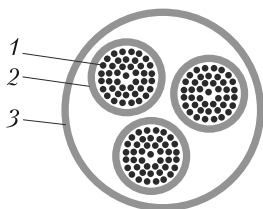


Рис. 3.7. Двойная изоляция кабеля:

1 — токоведущая жила; 2 — изоляция токоведущей жилы (основная изоляция); 3 — изоляционная оболочка (дополнительная изоляция)

века к открытым проводящим нетоковедущим частям электроустановки, оказавшимся под напряжением в случае повреждения изоляции.

Усиленная изоляция — это такая изоляция, которая обеспечивает степень защиты от поражения током, равноценную двойной изоляции.

Защитное электрическое разделение цепей — это отделение одной электрической цепи от других в электроустановках до 1 кВ с помощью изоляции.

Защитное заземление предназначено для устранения опасности поражения электрическим током в случае прикосновения к корпусу и к другим открытым проводящим частям электроустановок, оказавшимся под напряжением вследствие замыкания на корпус и по другим причинам (рис. 3.8).

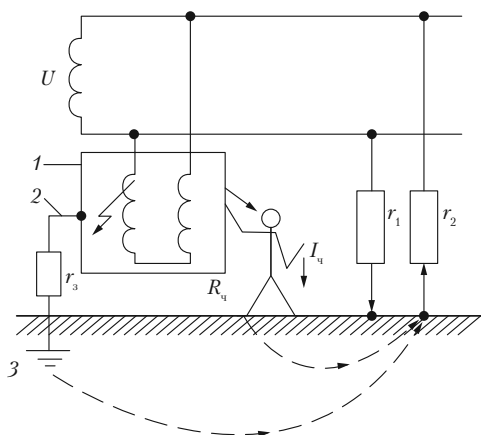


Рис. 3.8. Схема защитного заземления в однофазной двухпроводниковой сети

На рис. 3.8 мы видим, что все электроустановки 1 соединяются с землей с помощью заземляющих проводников 2, заземлителя 3, образующих в совокупности заземляющее устройство. Сопротивление заземляющих проводников должно быть малым.

Защитное заземление применяют в сетях напряжением до 1 кВ переменного тока: трехфазных с изолированной нейтралью и однофазных, изолированных от земли, а также в сетях напряжением свыше 1 кВ как с изолированной, так и с заземленной нейтралью.

С помощью защитного заземления уменьшается напряжение на корпусе относительно земли (напряжение прикосновения) до безопасного значения, следовательно, уменьшается и сила тока, протекающего через тело человека. При замыкании фазы трехфазной сети на корпус электроустановки расчетное напряжение прикосновения $U_{\text{пр}}$ между ним и землей будет максимальным и равным напряжению на заземляющем устройстве:

$$U_{\text{пр}} = I_3 r_3,$$

где I_3 — ток, протекающий через заземлитель с сопротивлением r_3 .

Тогда ток, протекающий через человека, стоящего на земле и прикоснувшегося к заземленному корпусу, будет равен

$$I_{\text{ч}} = \frac{3U_{\text{ф}} r_3}{r_{\text{из}} R_{\text{ч}}},$$

где $U_{\text{ф}}$ — фазное напряжение; $r_{\text{из}}$ — сопротивление изоляции; $R_{\text{ч}}$ — сопротивление человека.

Следовательно, $U_{\text{пр}}$ и $I_{\text{ч}}$ напрямую зависят от сопротивления заземления r_3 , которое не должно превышать 4 Ом в электроустановках напряжением до 1 кВ в сетях с изолированной нейтралью. В отдельных случаях допускается сопротивление заземляющего устройства до 10 Ом.

Защитное зануление применяется в электроустановках напряжением до 1 кВ и представляет собой преднамеренное соединение открытых проводящих частей электроустановок (в том числе их корпусов) с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока; с глухозаземленным выводом источника однофазного тока; с заземленной точкой источника в сетях постоянного тока. Это соединение выполняют посредством нулевого защитного проводника.

Зануление (рис. 3.9) превращает пробой на корпус в короткое замыкание (КЗ) между фазным и нулевым защитным проводниками и способствует протеканию тока I_k большой величины, обеспечивающего срабатывание аппарата защиты, автоматически отключающего поврежденную установку от питающей сети. Такой защитой могут быть плавкие предохранители или автоматические выключатели. Ток короткого замыкания должен быть такой величины, чтобы вызвать перегорание плавкой вставки предохранителя или срабатывание автоматического выключателя за время, не превышающее допустимое.

Наибольшее допустимое время защитного автоматического отключения равно 0,8; 0,4; 0,2; 0,1 с в зависимости от номинального фазного напряжения сети 127, 220, 380 и более 380 В соответственно.

Нулевой защитный проводник соединен с землей посредством заземления нейтрали (r_0) и повторных заземлителей (r_n), которые выполняются на концах воздушных линий длиной более 200 м. Сопротивление заземления нейтрали, общее сопротивление повторных заземлителей не должны превышать установленных малых значений (например, в сети 380/220 В соответственно 4, 10 и 30 Ом).

Защитное отключение — это система быстродействующей защиты, автоматически (за 0,2 с и менее) отключающая электроустановку при возникновении в ней опасности по-

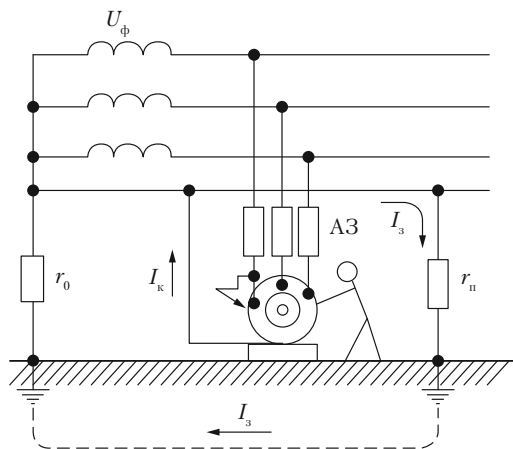


Рис. 3.9. Схема защитного зануления:

АЗ — аппарат защиты тока от короткого замыкания

ражения человека электрическим током. Защитное отключение применяется в тех случаях, когда невозможно или трудно осуществить защитное заземление или зануление либо когда высока вероятность прикосновения людей к изолированным токоведущим частям электроустановок.

Рассмотрим еще примеры использования средств обеспечения безопасности в источнике.

Для *защиты от высокого давления* при взрыве газа в помещениях применяют специальные вышибные оконные конструкции. Они аналогичны устройствам для сброса давления взрыва смесей газов и пылей, которые широко используют в промышленности (вышибные оконные проемы, легкобрасываемая кровля помещений).

В *транспортных средствах* широко используются ремни и подушки безопасности, откидные рулевые колонки и т.п.

Защитное зонирование. Для ослабления негативного влияния источников опасностей на население, селитебные и природные зоны широко используется защитное зонирование территорий и вывод предприятий из селитебных зон.

Объекты экономики, являющиеся источниками загрязнения атмосферного воздуха, должны иметь *санитарно-защитную зону (СЗЗ)*, отделяющую предприятие от жилой застройки. Территория СЗЗ предназначена для уменьшения отрицательного влияния предприятий и обеспечения требуемых гигиенических норм содержания загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы, для создания санитарно-защитного и архитектурно-эстетического барьера между территорией предприятия (группы предприятий) и территорией жилой застройки и др.

На территории СЗЗ можно размещать предприятия (сооружения) с производствами меньшего класса вредности, чем производство, для которого установлена санитарно-защитная зона, или здания подсобного и обслуживающего назначения, занимающие не более 50% площади СЗЗ. Это такие предприятия, как: пожарное депо, бани, прачечные, гаражи, склады, здания управления, конструкторское бюро, магазины, предприятия общественного питания, научно-исследовательские лаборатории, связанные с обслуживанием данного производства. Остальная территория СЗЗ должна быть озеленена.

К сожалению, в СЗЗ России в 2010 г (по данным советника РАН А. Яблокова) проживают более 3 млн человек.

СЗЗ около источников опасности могут быть установлены и с учетом негативного влияния других, например, энергетических воздействий опасного объекта. В табл. 3.1 приведено сопоставление размеров СЗЗ некоторых опасных объектов, рассчитанных по фактору вредных выбросов и шуму. Видно, что во многих случаях необходимые размеры СЗЗ существенно отличаются друг от друга. Реализуемое значение размеров СЗЗ должно соответствовать ее максимальному расчетному значению.

Экобиозащитная техника. Для защиты человека и (или) природы от опасностей широко применяют экобиозащитную технику. Она представляет собой защитные устройства, устанавливаемые на пути опасного потока от источника до защищаемого объекта.

Возможности применения экобиозащитной техники показаны на рис. 3.10.

Защитные устройства, реализуемые по варианту 1, обычно встраиваются в источник опасностей. К ним относятся, например, глушители шума, нейтрализаторы и сажеуловители ДВС; пыле- и газоуловители ТЭС и т.п. Устройства, реализуемые по варианту 2, обычно выполняются в виде регенерационных очистителей, экранов (защита от шума экранированием, применением лесопосадок; защита от ЭМП применением сетчатых ограждений и т.п.), а устройства, реализуемые по варианту 3, представляют собой кабины на-

Таблица 3.1

**Нормативные и расчетные размеры СЗЗ
по фактору вредных выбросов и шуму, не менее, м**

| Предприятие, завод и т.п. | Нормативные размеры СЗЗ по фактору вредных выбросов, не менее, м | Расчетные размеры СЗЗ по фактору шума, м |
|---------------------------|--|--|
| Метизный завод | 100 | 525 |
| Автомобильный завод | 100 | 285 |
| Прядильно-ткацкая фабрика | 50 | 475 |
| Типография | 50 | 355 |
| Домостроительный завод | 100 | 300 |
| Фабрика-химчистка | 100 | 120 |
| Автобусный парк | 100 | 475 |
| Трамвайное депо | 100 | 135 |

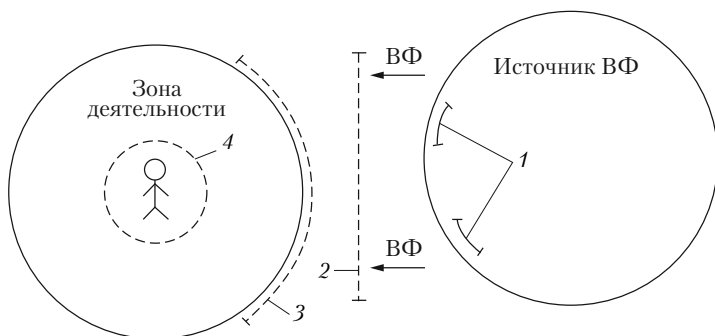


Рис. 3.10. Варианты использования экиобиозащитной техники:

1 — устройства, входящие в состав источника воздействий; 2 — устройства, устанавливаемые между источником и зоной деятельности; 3 — устройства для защиты зоны деятельности; 4 — средства индивидуальной защиты человека

блюдения или управления технологическим процессом. В качестве устройств, реализуемых по варианту 4, используют СИЗ человека.

Необходимо отметить, что в ведущих странах мира специальная экиобиозащитная техника находит весьма широкое применения.

В России находят применение теплозащитные экраны, глушители шума, средства пыле-, туманно- и газоулавливания, устройства электрозащиты, средства индивидуальной защиты и т.д. Ниже рассмотрим некоторые из них.

Устройства для очистки потоков веществ от примесей. Для решения задач очистки потоков масс от вредных примесей используют защитные устройства (ЗУ), работающие по принципу выделения вещества из потока. Их работа характеризуется эффективностью очистки потока (отделения примеси):

$$\eta = (c_{\text{вх}} - c_{\text{вых}}) / c_{\text{вх}}$$

где $c_{\text{вх}}$ и $c_{\text{вых}}$ — массовые концентрации примеси до и после ЗУ.

В ряде случаев для пылей используется понятие фракционной эффективности очистки:

$$\eta_i = (c_{\text{вх}i} - c_{\text{вых}i}) / c_{\text{вх}i}$$

Для оценки проницаемости процесса очистки используют коэффициент проскока веществ K через аппарат очист-

ки. Коэффициент проскока и эффективность очистки связаны соотношением $K = 1 - \eta$.

Гидравлическое сопротивление аппарата очистки Δp определяют как разность давлений газового потока на входе аппарата $p_{\text{вх}}$ и на входе из него $p_{\text{вых}}$. Значение Δp находят экспериментально или рассчитывают по формуле

$$\Delta p = p_{\text{вх}} - p_{\text{вых}} = \xi \rho W^2 / 2,$$

где ξ — коэффициент гидравлического сопротивления аппарата; ρ и W — плотность и скорость газа в расчетном сечении аппарата.

Если в процессе очистки гидравлическое сопротивление аппарата изменяется (обычно увеличивается), то необходимо регламентировать его начальное $\Delta p_{\text{нач}}$ и конечное значение $\Delta p_{\text{кон}}$. При достижении $\Delta p = \Delta p_{\text{кон}}$ процесс очистки нужно прекратить и провести регенерацию (очистку) аппарата. Последнее обстоятельство имеет принципиальное значение для фильтров. Для фильтров $\Delta p_{\text{кон}} = (2-5)\Delta p_{\text{нач}}$.

Мощность N побудителя движения потоков газов определяется гидравлическим сопротивлением и объемным расходом Q очищаемого газа:

$$N = k \Delta p Q / (\eta_{\text{м}} \eta_{\text{в}}),$$

где k — коэффициент запаса мощности, обычно $k = 1,1-1,15$; η — КПД передачи мощности от электродвигателя к вентилятору; обычно $\eta_{\text{м}} = 0,92-0,95$; $\eta_{\text{в}}$ — КПД вентилятора; обычно $\eta_{\text{в}} = 0,65-0,8$.

Широкое применение в качестве ЗУ для очистки газов от частиц получили циклоны, электрофильтры, скрубберы, туманоуловители, фильтры, реакторы и т.п.; для очистки жидкостей (сточных вод) — отстойники, гидроциклоны, фильтры, флотаторы, аэротенки и т.п.

Одно из таких ЗУ показано на рис. 3.11, где представлена конструктивная схема масляного ротационного фильтра для отсоса воздуха и его очистки от масляного тумана, выделяющегося при работе металлообрабатывающих станков с применением минеральных масел в качестве смазочно-охлаждающих жидкостей. Очищенный фильтром воздух возвращается в помещение цеха с концентрацией масла не более 5 мг/м^3 .

Устройства для защиты от потоков энергии. При решении задач защиты от потоков энергии выделяют источник, приемник и защитное устройство, которое уменьшает до допустимых уровни потоков энергии от источника к приемнику.

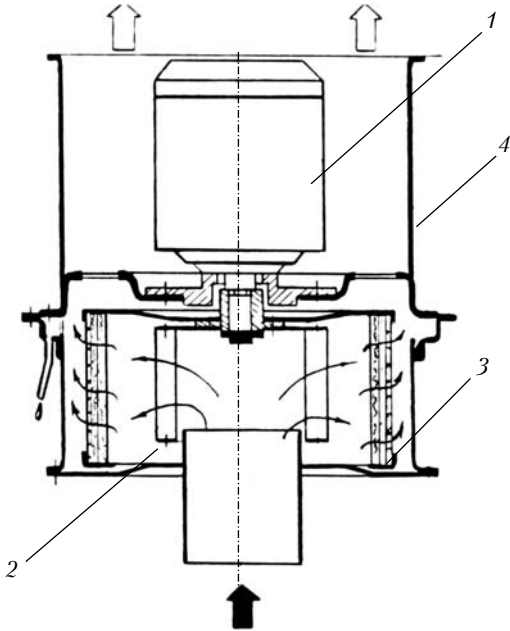


Рис. 3.11. Фильтр ротационный масляный:

1 – электродвигатель; 2 – вентиляторное колесо; 3 – перфорированный барабан с волокнистым фильтровальным материалом; 4 – корпус

В общем случае ЗУ обладает способностями отражать, поглощать и быть прозрачным по отношению к потоку энергии. Пусть из общего потока энергии \mathcal{E} , поступающего к ЗУ (рис. 3.12), часть \mathcal{E}_α поглощается, часть \mathcal{E}_0 отражается, а часть $\mathcal{E}_{\text{пр}}$ проходит сквозь ЗУ. Тогда ЗУ можно охарактеризовать следующими энергетическими коэффициентами: коэффициентом поглощения $\alpha = \mathcal{E}_\alpha / \mathcal{E}$, коэффициентом отражения $\beta = \mathcal{E}_0 / \mathcal{E}$, коэффициентом передачи $\tau = \mathcal{E}_{\text{пр}} / \mathcal{E}$.

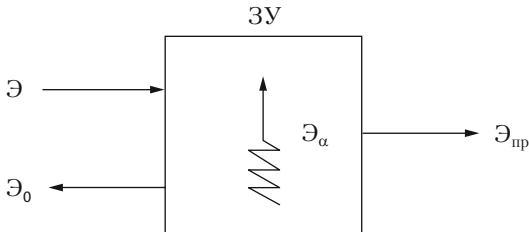


Рис. 3.12. Энергетический баланс защитного устройства

Если $\alpha = 1$, то ЗУ полностью поглощает энергию источника, при $\beta = 1$ ЗУ обладает 100% отражающей способностью, а $\tau = 1$ означает абсолютную прозрачность ЗУ, т.е. энергия проходит через устройство без потерь.

На практике защиты наибольшее распространение получили методы защиты изоляцией и поглощением.

Методы изоляции используют в случае, когда источник и приемник энергии, являющийся одновременно объектом защиты, располагаются с разных сторон от ЗУ. В основе этих методов лежит уменьшение прозрачности среды между источником и приемником, т.е. выполнение условия $\tau \rightarrow 0$. При этом можно выделить два основных метода изоляции: метод, при котором уменьшение прозрачности среды достигается за счет поглощения энергии ЗУ (т.е. условие $\tau \rightarrow 0$ обеспечивается условием $\alpha \rightarrow 0$ (рис. 3.13, *а*)), и метод, при котором уменьшение прозрачности среды достигается за счет высокой отражательной способности ЗУ (т.е. условие $\tau \rightarrow 0$ обеспечивается условием $\beta \rightarrow 0$ (рис. 3.13, *б*)).

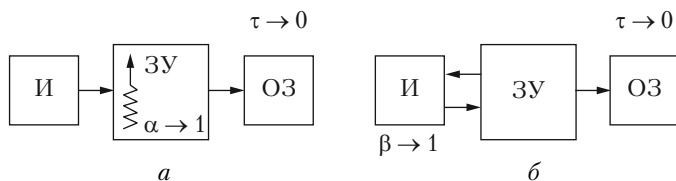


Рис. 3.13. Методы изоляции при расположении источника и приемника с разных сторон от ЗУ:

а — энергия поглощается; *б* — энергия отражается

В основе *методов поглощения* лежит принцип увеличения потока энергии, прошедшего в ЗУ. Принципиально можно различать как бы два вида поглощения энергии ЗУ: поглощение энергии самим ЗУ за счет ее отбора от источника в той или иной форме, в том числе в виде необратимых потерь (характеризуется коэффициентом α , рис. 3.14, *а*), и поглощение энергии в связи с большой прозрачностью ЗУ (характеризуется коэффициентом τ , рис. 3.14, *б*). Методы поглощения используют для уменьшения отраженного потока энергии; при этом источник и приемник энергии обычно находятся с одной стороны от ЗУ.

Характерный пример распределения энергии в ЗУ можно увидеть при анализе падения звуковой энергии на перегородку (рис. 3.15).

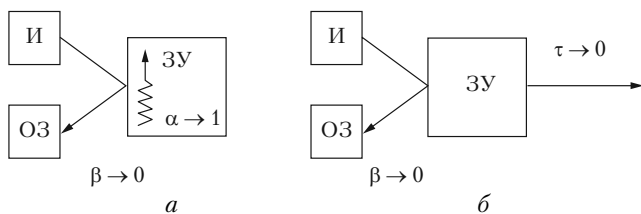


Рис. 3.14. Методы поглощения при расположении источника и приемника с одной стороны от ЗУ:

a – энергия поглощается; *б* – энергия пропускается

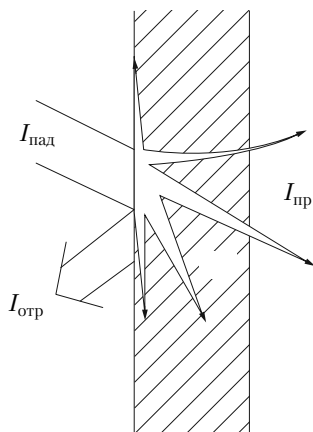


Рис. 3.15. Распределение звуковой энергии при падении на перегородку

Рассматривая процесс прохождения звука через препятствие (перегородку), можно видеть, что интенсивность падающего на препятствие звука $I_{\text{пад}}$ разделяется на энергию, отраженную от этого препятствия $I_{\text{отр}}$, поглощенную в нем $I_{\text{погл}}$ и прошедшую через препятствие $I_{\text{пр}}$. Очевидно, что имеет место соотношение

$$I_{\text{отр}} + I_{\text{погл}} + I_{\text{пр}} = I_{\text{пад}}$$

Поделив обе части этого уравнения на $I_{\text{пад}}$ и вводя обозначения: $\beta = I_{\text{отр}}/I_{\text{пад}}$; $\alpha = I_{\text{погл}}/I_{\text{пад}}$; $\tau = I_{\text{пр}}/I_{\text{пад}}$, приведем уравнение к виду

$$\alpha + \beta + \tau = 1.$$

При этом β определяет коэффициент отражения перегородки, α – ее коэффициент поглощения, а τ – коэффициент проходимости.

Эффективность защиты (дБ) определяют по формуле

$$\Delta \text{Э} = 10 \lg k_w.$$

Оценка степени защиты может осуществляться двумя способами:

1) определяют коэффициент защиты k_w в виде отношения

$$k_w = \frac{\text{Поток энергии в данной точке при отсутствии ЗУ}}{\text{Поток энергии в данной точке при наличии ЗУ}};$$

2) определяют коэффициент защиты в виде отношения

$$k_w = \frac{\text{Поток энергии на входе в ЗУ}}{\text{Поток энергии на выходе из ЗУ}}.$$

Широкое применение для снижения потоков энергии получили ЗУ в виде экранов и поглотителей энергии. Звукопоглощение реализуется путем установки звукопоглощающей облицовки и штучных звукопоглотителей. Конструктивные схемы некоторых ЗУ (штучных звукопоглотителей) для снижения шума показаны на рис. 3.16–3.18.

Устройства и средства индивидуальной защиты. На ряде объектов экономики существуют такие виды работ или условия труда, при которых работающий может получить

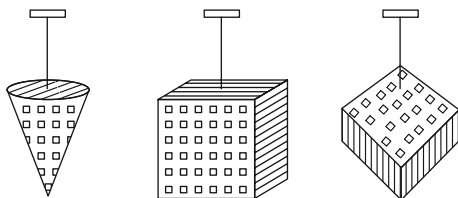


Рис. 3.16. Штучные звукопоглотители

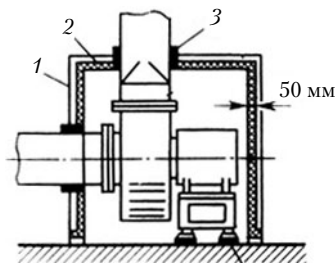


Рис. 3.17. Звукоизолирующий кожух вентиляционной установки:

1 — стенка; 2 — звукопоглощающий материал; 3 — вставка

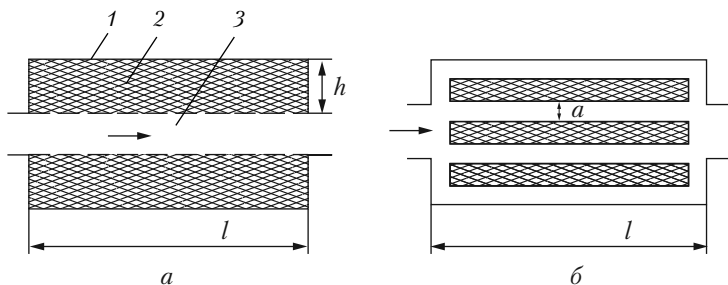


Рис. 3.18. Диссипативные глушители шума:

a — трубчатый (1 — корпус; 2 — звукопоглощающий материал; 3 — перфорированная труба); *б* — пластинчатый

травму или иное воздействие, опасное для здоровья. Еще более опасные условия для людей могут возникнуть в чрезвычайных ситуациях и ликвидации их последствий. В этих случаях для защиты человека необходимо применять средства индивидуальной защиты. Их использование должно обеспечивать максимальную безопасность, а неудобства, связанные с их применением, должны быть сведены к минимуму. Это достигается соблюдением инструкций по их применению. Последние регламентируют, когда, почему и как должны применяться СИЗ, каков должен быть уход за ними. Номенклатура СИЗ (рис. 3.19) включает обширный перечень средств, применяемых в производственных условиях (СИЗ повседневного использования), а также средств, используемых в чрезвычайных ситуациях (СИЗ кратковременного использования). В последних случаях применяют преимущественно изолирующие средства индивидуальной защиты (ИСИЗ).

Номенклатура таких ИСИЗ постоянно расширяется. Как правило, они обеспечивают комплексную защиту человека от травмоопасных и вредных факторов, создавая одно-



Рис. 3.19. Примеры средств индивидуальной защиты:

a — щиток из прозрачного поликарбоната для защиты лица и глаз; *б* — каска защитная; *в* — легкие наушники; *г* — респиратор без клапана

временно защиту органов зрения, слуха, дыхания, а также защиту отдельных частей тела человека. Для защиты от инфракрасного излучения высоких уровней используют отражающие ткани, на поверхности которых нанесен тонкий слой металла. Для работы в экстремальных условиях (тушение пожаров и др.) используются костюмы с повышенными теплозащитными свойствами.

Изолирующие электрозащитные средства (ЭЗС) разделяют на основные и дополнительные. *Основные ЭЗС* — это средства защиты, изоляция которых длительно выдерживает рабочее напряжение электроустановок, что позволяет с их помощью работать на токоведущих частях, находящихся под напряжением.

Указатели напряжения, изолирующие штанги, электроизмерительные клещи в соответствующем напряжении конструктивном исполнении являются основными изолирующими ЭЗС в электроустановках напряжением до 1 кВ и выше. Также к основным ЭЗС относятся: при напряжении выше 1 кВ устройства для обеспечения безопасности при проведении испытаний и измерений, средства для выполнения ремонтных работ, а при напряжении до 1 кВ — диэлектрические перчатки и ручные инструменты для работ под этим напряжением.

Дополнительные ЭЗС — это средства защиты, которые сами не могут при данном напряжении обеспечить защиту от поражения током и применяются исключительно совместно с основными ЭЗС (изолирующие подставки, резиновые коврики и т.д.)

Кроме ЭЗС при работах с электроустановками применяются средства индивидуальной защиты: очки, каски, противогазы, рукавицы, предохранительные монтерские пояса и страховочные канаты.

Применение СИЗ и ИСИЗ сопровождается определенными неудобствами: ограничением обзора, затруднением дыхания, ограничением в перемещении и т.п. В тех случаях, когда рабочее место постоянно, устранить эти неудобства удастся применением защитных кабин, снабженных системами кондиционирования воздуха, вибро- и шумозащитой, защитой от излучений и энергетических полей. Такие кабины применяют на транспортных средствах, в горячих цехах, машинных залах ТЭС и т.п.

Безопасное проведение работ обеспечивается также путем применения индивидуальных защитных устройств. Так,

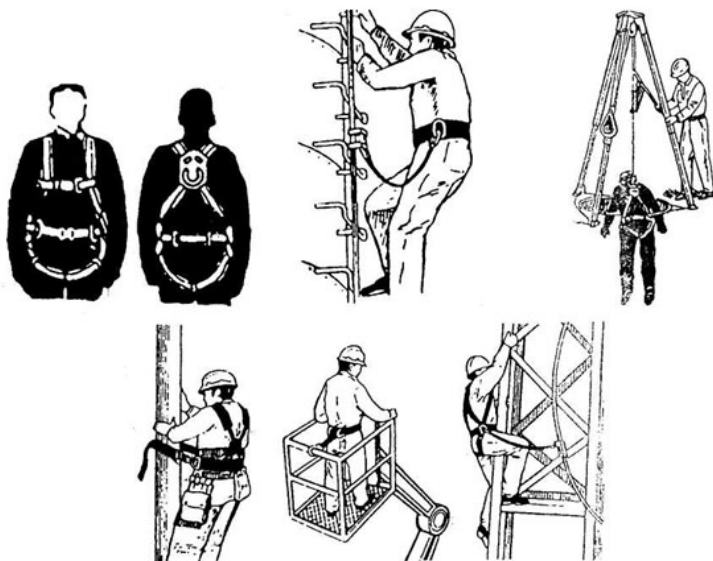


Рис. 3.20. Применение защитных устройств при работе на высоте и в колодцах

при работе на высоте, в колодцах и других ограниченных объемах необходимо использовать спасательные пояса, страховочные канаты (рис. 3.20), а также СИЗ.

3.4. Техника и тактика защиты от опасностей

Коллективная и индивидуальная защита работающих и населения от повседневных опасностей в техносфере.

Для реализации такой защиты человека целесообразно рассмотреть опасное взаимодействие систем «техносфера — человек», а также систем «природа — человек» для техносферных условий.

В совокупности систем «природа — человек» определяющим является негативное воздействие на человека естественных абиотических опасностей. По вполне понятным причинам это воздействие нельзя устранить полностью, но можно минимизировать применением защитных мероприятий и технических средств.

Реализация коллективной защиты человека от повседневного воздействия негативных абиотических факторов достигается за счет:

- устройства систем искусственного освещения;
- обеспечения допустимых параметров микроклимата;
- применения систем защиты человека от холода и перегрева;
- использования систем воздухо- и водоподготовки;
- контроля качества пищевых продуктов;
- устройства молниезащиты.

В совокупности систем «техносфера — человек» повседневное безопасное взаимодействие достижимо как за счет снижения опасностей техносферы, так и за счет минимизации антропогенного негативного влияния на техносферу.

Реализация коллективной и индивидуальной защиты человека устранением или снижением опасностей технических средств и технологий достигается:

- защитой от вредных веществ;
- защитой от вибрации, акустического шума, инфракрасного и ультразвука;
- защитой от ЭМП и ЭМИ, в том числе и от лазерного излучения;
- защитой от ионизирующих излучений;
- защитой от поражения электрически током;
- защитой от воздействий статического электричества;
- защитой от механического травмирования в бытовых и производственных условиях, при использовании средств транспорта и т.п.;
- применением средств индивидуальной защиты.

Технические средства и приемы защиты человека от опасностей производственной среды развиты и применяются довольно давно. Подробно они рассмотрены в работах по безопасности труда и БЖД.

Результатом их применения является соблюдение условий трудовой деятельности. **Условия труда** — совокупность факторов производственной среды и трудового процесса, оказывающих влияние на работоспособность и здоровье работника, — оцениваются по четырем классам. На рис. 3.21 показаны классы условий труда (в соответствии с Р 2.2.2006—05).

Первый класс — *оптимальные (комфортные) условия труда* обеспечивают максимальную производительность и минимальную напряженность организма человека.

Второй класс — *допустимые условия труда* — характеризуются таким уровнем факторов среды и трудового процесса, которые не превышают гигиенических нормативов для рабочих мест.



Рис. 3.21. Классы условий труда

Оптимальные и допустимые условия труда безопасны.

Третий класс — *вредные условия труда* — характеризуются наличием вредных производственных факторов, превышающих гигиенические нормативы и оказывающих неблагоприятное воздействие на организм работающего и (или) его потомство. Подразделяется на четыре степени вредности:

- 3.1 — вызывающие обратимые функциональные изменения организма;
- 3.2 — приводящие к стойким функциональным изменениям и росту заболеваемости;
- 3.3 — приводящие к развитию профессиональной патологии в легкой форме и росту хронических заболеваний;
- 3.4 — приводящие к возникновению выраженных форм профессиональных заболеваний с временной утратой трудоспособности.

Четвертый класс — *травмоопасные условия труда* — с риском возникновения тяжелых форм профессиональных заболеваний.

Вредные и травмоопасные условия труда опасны.

В последние годы значительно увеличилось влияние **бытовых опасностей**, таких как вредные вещества, ЭМП, шум, вибрации и др. Для защиты от них необходимо также строго соблюдать меры безопасности. Известно, что практически каждая современная квартира напичкана бытовой техникой и буквально опутана проводами. Ее обитатели постоянно находятся в зоне электромагнитного излучения, которое может негативно влиять на наше здоровье. Для защиты нужно помнить: от электромагнитного излучения защищает железобетонная стена. Кирпичные, гипсокартонные, деревянные перегородки — плохая защита. Наиболее опасно излучение, которое воздействует в течение длительного времени, например, во время сна или работы.

Защита от излучения бытовой техники может быть реализована путем ее правильной установки:

| Бытовая техника | Минимально допустимые расстояния от мест отдыха, м |
|--|--|
| Холодильник | 1–1,5 |
| Телевизор | 1,5–2 |
| Базы радиотелефонов | 0,5 |
| Сотовые телефоны | 1,5–2 |
| Трансформаторы и распределительные щитки | 3 |

Защита урбанизированных территорий и природных зон от опасного воздействия техносферы (региональная защита). В совокупности систем «техносфера – природа» основное негативное влияние оказывают отходы техносферы, приводящие к ухудшению региональной и глобальной природы, снижению качественного состояния селитебных зон.

Совершенствование объектов экономики и сферы быта с целью сокращения их отходов – сложный и довольно длительный процесс. Известно, что модернизация активно проводится начиная со второй половины XX в., поскольку к этому периоду времени абсорбционный потенциал природной среды во многих ее регионах был уже исчерпан.

Экспертная оценка опасностей объекта экономики и его продукции. Для оценки процесса взаимодействия проектируемого техногенного объекта с человеком, селитебной зоной и природой необходима его экспертная оценка. Процедура экспертизы проектов вновь создаваемых или реконструируемых объектов состоит из экологической экспертизы, экологического контроля, декларации промышленной безопасности и соблюдения технических регламентов.

Экологическая экспертиза. Широкое распространение получила так называемая экологическая оценка проектов (экологическая экспертиза), основополагающие требования к которой содержатся в гл. 5 Федерального закона от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (далее – Закон «Об охране окружающей среды»). Здесь указано несколько видов экологических нормативных требований, а именно:

1) нормативы предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных химических и биологических веществ, загрязняющих атмосферный воздух, воды, почвы;

2) нормативы допустимых выбросов (предельно допустимых выбросов) и допустимых сбросов (предельно допустимых сбросов) вредных химических веществ, а также вредных биологических веществ, загрязняющих атмосферный воздух, воды, почвы;

3) нормативы предельно допустимых уровней шума, вибрации, магнитных полей и иных вредных физических воздействий, обеспечивающих сохранение здоровья и трудоспособности людей, охрану растительного и животного мира, благоприятную для жизни окружающую природную среду;

4) нормативы предельно допустимого содержания радиоактивных веществ в окружающей природной среде и продуктах питания, предельно допустимого уровня радиационного облучения населения, не представляющих опасности для здоровья и генетического фонда человека;

5) предельно допустимые нормы применения агрохимикатов в сельском хозяйстве, обеспечивающий соблюдение нормативов предельно допустимых остаточных количеств химических веществ в продуктах питания;

6) экологические требования к продукции. Они устанавливаются на новую технику, технологии, материалы, вещества и другую продукцию, способную оказать вредное воздействие на человека и окружающую природную среду. Нормативы предельно допустимых воздействий должны быть соблюдены в процессе производства, хранения, транспортировки и использования продукции;

7) предельно допустимые нормы нагрузки на окружающую природную среду устанавливаются также при формировании территориально-производственных комплексов, развитии промышленности, сельского хозяйства, строительстве и реконструкции городов с учетом потенциальных возможностей окружающей среды, необходимости рационального использования территориальных и природных ресурсов;

8) нормативы санитарных и защитных зон устанавливаются для охраны водоемов и иных источников водоснабжения, курортных, лечебно-оздоровительных зон, населенных пунктов и других территорий от загрязнения и других вредных воздействий.

Нормативными документами для проведения экологической экспертизы являются технические регламенты, а при

их отсутствии — ГОСТ, ОСТ, СП, СН, СНиП, СанПиН и др.

Федеральный закон от 20 марта 2011 г. № 41-ФЗ «О внесении изменений в Градостроительный кодекс Российской Федерации и некоторые другие законодательные акты Российской Федерации» установил, что строительство любых объектов, в том числе атомных станций, металлургических заводов или нефтепроводов, может производиться без предварительной оценки их экологической опасности. Фактически он отменил государственную экологическую экспертизу и оценку воздействия на окружающую среду строительных и хозяйственных мероприятий, никак не связанных с жилищным строительством. Государственную экологическую экспертизу закон заменил предусмотренной Градостроительным кодексом РФ экспертизой проектной документации, оценивающей соответствие проектной документации требованиям технических регламентов (отсутствующих до настоящего времени).

Однако уже в мае 2010 г. на заседании Президиума Госсовета, посвященного охраны окружающей среды, вновь рассматривался вопрос об экологической экспертизе с целью возврата к ней. Президент РФ Д. А. Медведев высказал следующее мнение: «Если мы считаем, что утрата (экологической экспертизы. — *Прим. авт.*) привела к тяжелым последствиям, то давайте ее возродим».

Экологический контроль. Согласно Закону «Об охране окружающей среды» в Российской Федерации существует государственный, производственный и общественный экологический контроль (контроль в области охраны окружающей среды). Производственный экологический контроль, осуществляемый в целях обеспечения выполнения в процессе хозяйственной деятельности мероприятий по охране окружающей среды, может быть реализован в рамках системы экологического менеджмента.

С 2009 г. введен в действие ГОСТ Р 14.13—2007 «Экологический менеджмент. Оценка интегрального воздействия объектов хозяйственной деятельности на окружающую среду в процессе производственного экологического контроля». Стандарт распространяется на строящиеся, вводимые в эксплуатацию и действующие предприятия (по видам и объектам хозяйственной деятельности), способные оказывать существенное негативное влияние как на состояние окружающей среды, так и на предприятия (объекты хозяй-

ственной деятельности), которые могут подвергнуться негативному воздействию. Стандарт не распространяется на объекты хозяйственной деятельности, подведомственные оборонной и атомной промышленности.

В документе отмечается, что он устанавливает методы комплексного предотвращения и контроля загрязнений, вызываемых интегральным воздействием в процессе хозяйственной деятельности предприятий на окружающую среду на стадии производственного экологического контроля, включая методы предотвращения выбросов загрязнений в атмосферу, сбросов в водную среду или почву. В процессе производственного экологического контроля работники предприятия должны самостоятельно оценить, предпринимаются ли в хозяйственной деятельности все надлежащие профилактические действия, направленные на борьбу с интегральными негативными воздействиями данного предприятия на окружающую среду и, в частности, применяются ли наилучшие доступные технологии.

Декларация промышленной безопасности. Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» ввел понятие *опасного производственного объекта*. К опасным отнесены объекты, на которых:

1) получают, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются следующие опасные вещества: воспламеняющиеся вещества, окисляющие вещества, горючие вещества, взрывчатые вещества, токсичные и высокотоксичные вещества, вещества, представляющие опасность для окружающей среды;

2) используется оборудование, работающее под давлением более 0,07 МПа или при температуре нагрева воды более 115°C;

3) используются стационарно установленные грузоподъемные механизмы, эскалаторы, канатные дороги, фуникулеры;

4) получают 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.

Вероятность возникновения ЧС на таких объектах необходимо учитывать как при его проектировании, так и на всех стадиях последующей эксплуатации.

С целью осуществления контроля за соблюдением мер безопасности, оценки достаточности и эффективности мероприятий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций на промышленных объектах Правительство РФ постановлением от 1 июля 1995 г. № 675 «О декларации безопасности промышленного объекта Российской Федерации» ввело для предприятий, учреждений, организаций и других юридических лиц всех форм собственности, имеющих в своем составе производства повышенной опасности, обязательную разработку *декларации промышленной безопасности*. Приказом МЧС России и Госгортехнадзора России от 4 апреля 1996 № 222/59 введен в действие Порядок разработки декларации безопасности промышленного объекта Российской Федерации.

Декларация безопасности промышленного объекта является документом, в котором отражены характер и масштабы опасностей на промышленном объекте и выработанные мероприятия по обеспечению промышленной безопасности и готовности к действиям в техногенных чрезвычайных ситуациях. Декларация разрабатывается как для действующих, так и для проектируемых предприятий.

Как итоговый документ декларация безопасности включает следующие разделы: общая информация об объекте; анализ опасности промышленного объекта; обеспечение готовности промышленного объекта к локализации и ликвидации чрезвычайных ситуаций; информирование общественности; и приложения, включающие ситуационный план объекта и информационный лист.

Декларация безопасности действующего промышленного объекта с особо опасными производствами является обязательным документом, который разрабатывается организацией собственными силами (или организацией, имеющей лицензию на такой вид работ) и представляется в органы Госгортехнадзора России при получении лицензии на осуществление промышленной деятельности, связанной с повышенной опасностью производств.

Декларирование осуществляется для оценки достаточности и эффективности мер по предупреждению аварии и ликвидации ЧС на промышленном объекте.

Промышленный объект относят к объектам с повышенной опасностью в случаях:

- если на объекте находится вещество в количестве больше или равном указанному ниже предельному количеству:

| Вещество | Количество, т | Вещество | Количество, т |
|-------------------------------------|------------------|-------------------|------------------|
| Аммиак | 500 | Фтористый водород | 50 |
| Нитрат аммония | 2500 | Сернистый водород | 50 |
| Нитрат аммония в форме удобрения | 10 000 | Диоксид серы | 250 |
| Акрилонитрил | 200 | Триоксид серы | 75 |
| Хлор | 25 | Алкилы свинца | 50 |
| Оксид этилена | 50 | Фосген | 0,75 |
| Цианистый водород | 20 | Метилизоцианат | 0,15 |

• если опасное вещество, находящееся на объекте, относится к одному из видов, приведенных ниже, и его количество больше или равно указанному:

| Вещество | Количество, т |
|--|---------------|
| Воспламеняющиеся газы, включая сжиженные нефтяные газы | 200 |
| ЛВЖ | 50 000 |
| Высокотоксичные вещества (1-й класс) | 20 |
| Токсичные вещества (2-й класс) | 200 |
| Окисляющие вещества (5-й класс по ГОСТ 19433–88) | 200 |
| Взрывчатые вещества (1-й класс по ГОСТ 19433–88) | 50 |

• если на объекте применяются несколько опасных веществ разных видов опасности и количество каждого вещества меньше предельного, а сумма всех весовых отношение веществ на объекте к их предельному количеству больше или равна единице.

Декларация определяет безопасность объекта на этапах его ввода в эксплуатацию, эксплуатации и вывода из эксплуатации. В целях обеспечения государственного контроля за качеством проектов строительства потенциально опасных объектов установлен перечень таких объектов, а именно:

- ядерно- и (или) радиационно-опасные объекты (атомные электростанции, исследовательские реакторы, предприятия ядерно-топливного цикла, хранилища ядерного топлива и радиационных отходов;
- объекты хранения и уничтожения химических и других опасных отходов;
- гидротехнические сооружения 1 и 2-го классов;
- объекты обустройства нефтяных месторождений на шельфах морей;

- магистральные газо-, нефте- и продуктопроводы с давлением более 6 мПа;
- крупные склады для хранения нефти и нефтепродуктов (свыше 20 тыс. т) и изотермические хранилища сжиженных газов;
- объекты, связанные с производством или переработкой жидкофазных или твердых продуктов, обладающих взрывчатыми свойствами и склонных к спонтанному разложению с энергией возможного взрыва, эквивалентной 4,5 т тротила;
- предприятия по открытой и подземной (глубина разработки свыше 150 м) добыче и переработке (обогащению) твердых полезных ископаемых;
- тепловые электростанции мощностью свыше 600 МВт;
- морские порты, аэропорты с длиной основной взлетно-посадочной полосы 1800 м и более, мосты и тоннели длиной более 500 м, метрополитены;
- крупные промышленные объекты с численностью работающих более 10 тыс. чел.

Оценивая состояние промышленного объекта как вероятного источника техногенной аварии особо следует обращать внимание на склонность всех объектов к снижению их надежности в процессе эксплуатации. Средний уровень износа инженерных теплокоммуникаций многих городов России составляет 60%, а около 25% полностью отслужили свой срок.

Технические регламенты. Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», отменив разработку ведомственной нормативной документации и придав национальным стандартам рекомендательный характер, ввел в обращение новый документ — «технический регламент».

Технический регламент — документ, устанавливающий обязательные для применения и исполнения требования к объектам технического регулирования (продукции, зданиям, строениям и сооружениям, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации).

Цель принятия технических регламентов:

- защита жизни или здоровья граждан, имущества физических или юридических лиц, государственного или муниципального имущества;
- охрана окружающей среды, жизни или здоровья животных и растений;

- предупреждения действий, вводящих в заблуждение приобретателей.

В соответствии с вышеуказанным законом существуют два вида технических регламентов: общие технические регламенты и специальные технические регламенты.

Общие технические регламенты принимаются по вопросам безопасной эксплуатации и утилизации машин и оборудования; безопасной эксплуатации зданий, строений, сооружений и безопасного использования прилегающих к ним территорий; пожарной, биологической, экологической, ядерной и радиационной безопасности; электромагнитной совместимости. Требования общего технического регламента обязательны для применения и соблюдения в отношении любых видов продукции, процессов, производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации.

Специальные технические регламенты устанавливают требования только к тем отдельным видам продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки реализации и утилизации:

- в отношении которых цели, определенные для принятия технических регламентов, не обеспечиваются требованиями общих технических регламентов;

- степень риска причинения вреда которыми выше степени риска причинения вреда, учтенной общим техническим регламентом.

Требованиями специального технического регламента учитываются технологические и иные особенности отдельных видов продукции, процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации.

К началу 2010 г. приняты следующие технические регламенты: «О безопасности зданий и сооружений», «О безопасности лифтов», «О безопасности машин и оборудования», «О безопасности колесных транспортных средств», «О требованиях к выбросам автомобильной техникой, выпускаемой в обращение на территории Российской Федерации, вредных (загрязняющих) веществ» (базы данных заключений на шасси зарубежных автомобилей и другие информационные материалы), «О безопасности продукции, предназначенной для детей и подростков», «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту», «О требованиях пожарной безопасности» и др.

В соответствии с техническим регламентом «О требованиях пожарной безопасности», вступившим в силу 1 мая 2009 г., владельцы и арендаторы нежилых помещений должны представлять декларацию пожарной безопасности в территориальные органы пожарного надзора. Основная задача декларирования — подготовка собственника к эксплуатации своего объекта. Собственник обязан сообщить, что в здании есть система оповещения, сигнализации, пожаротушения и безопасной эвакуации. Для объектов оборонного комплекса, торговых центров, высотных зданий, объектов атомной промышленности необходимо делать расчет пожарного риска. Доля таких объектов невелика — 0,001%.

До вступления в силу соответствующих технических регламентов требования к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, установленные нормативными правовыми актами Российской Федерации и нормативными документами федеральных органов исполнительной власти, подлежат обязательному исполнению только в части, соответствующей указанным целям.

Разработка технических регламентов по существу реализует идею оценки безопасности продукции, объекта и т.п. *в их полном жизненном цикле*. Часто важным обстоятельством при оценке опасности любого проекта являются этапы демонтажа, утилизации и захоронения (например, демонтаж АЭС, утилизация и захоронение радиоактивных отходов, химического оружия и т.п.), а также воздействие объекта при авариях и стихийных явлениях.

В заключение подчеркнем, что процесс формирования безопасного жизненного пространства весьма сложен. Активное участие в нем должны принимать все государственные и общественные органы, частные предприниматели, населения и др. Особо следует отметить, что при вводе объектов экономики или технических средств в эксплуатацию необходимо руководствоваться следующим правилом: *экобиозащитную технику и иные меры защиты на объектах экономики необходимо вводить в эксплуатацию до или одновременно с началом реализации технологических процессов*. Только в случае своевременного ввода в эксплуатацию защитных мер гарантируется нормативный уровень защиты работающих, населения и природы от техногенных опасностей.

Этапы стратегии по защите от отходов техносферы. На I этапе (табл. 3.2) широко использовалась стратегия

Таблица 3.2

Этапы развития стратегий по обращению с отходами

| Этап/ начало внедрения | Стратегия обращения с отходами | Характеристика этапа |
|------------------------------|--|---|
| I 1950 — 1960-е гг. | Разбавление загрязнений | Технологии по рассеиванию отходов: строительство высоких труб для выбросов, удаление стоков в водоемы от береговой зоны и пр. |
| II 1970-е гг. | Концевые технологии (end-of-pipe) | Улавливание загрязнений в пылеуловителях и других очистительных установках, образование свалок и использование мусоросжигательных заводов |
| III 1980-е гг. | Вторичное использование отходов | Переработка отходов, утилизация промышленных и бытовых отходов |
| IV 1990-е гг. | Малоотходное производство — более чистое про- изводство (БЧП) | Интегрированная система предотвращения возникновения отходов на промышленном предприятии |
| V Начало XXI в. | Замкнутые про- мышленные циклы | То же при взаимодействии группы промышленных предприятий с целью уменьшения отходов и потребляемых ресурсов |

разбавления загрязнений в атмосферном воздухе и в водоемах. Но расчет на то, что рассеянные токсичные вещества превратятся в природной среде в нетоксичные, или на то, что их концентрации будут ниже предельно допустимых значений, не оправдался. Самоочищающая способность окружающей среды оказалась исчерпанной уже к началу 1960-х гг.

В 1970-е гг. (этап II) для борьбы с отходами начали применять *концевые технологии*, с помощью которых улавливались выбросы в атмосферу, очищались сточные воды, обезвреживались отходы, идущие на свалку. Благодаря использованию концевых технологий удалось значительно смягчить влияние объектов экономики и, прежде всего, промышленности на природную среду. В этот период началось нормирование выбросов и сбросов, возникла промышленная отрасль, производящая оборудование для защиты окружающей среды. Началось производство пылеуловителей, адсорберов и другого очистного оборудования.

Концевые технологии имеют ограниченную эффективность, требуют собственных расходов и не уменьшают производственные и бытовые отходы, а лишь переводят их из одной формы в другую (например, скруббер Вентури переводит пыль в шлам — смесь жидкости и твердых частиц).

Поскольку концевые технологии требуют свалочных емкостей, в конце 1970-х гг. (этап III) начинают развиваться *технологии вторичного использования отходов*, направленные, в конечном итоге, на создание малоотходного производства. Технологии вторичного использования снижают общее количество отходов и потребление нового сырья.

В 1990-е гг. берет начало принципиально новая стратегия по совершенствованию промышленных предприятий — стратегия создания *малоотходного производства* (полностью безотходное производство создать невозможно в принципе). Цель этой стратегии (этап IV) — экономически выгодное преобразование промышленного производства на основе локализации отходов в месте их образования и их использования с целью минимизации всех отходов. На рис. 3.22 показан принцип реализации такого производства.

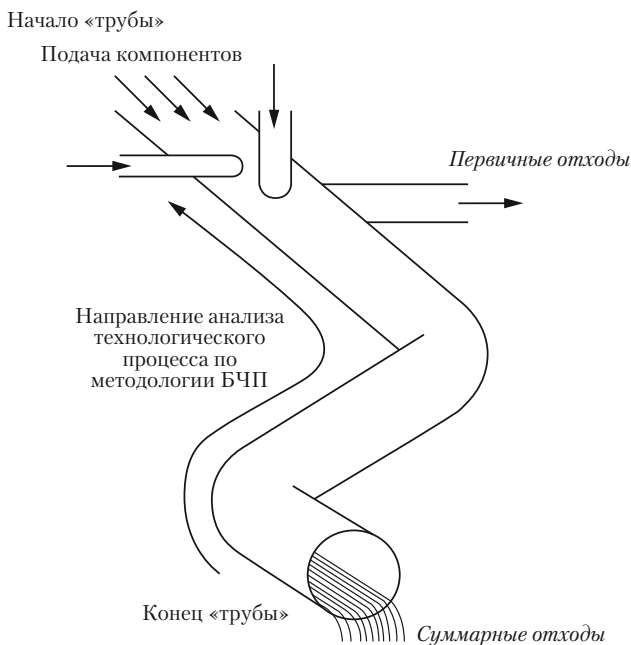


Рис. 3.22. Принцип реализации малоотходного производства

В результате стратегии малоотходного производства удастся уйти от принципа «загрязнитель — платит» к принципу «предотвращение загрязнения — выгодно».

Результаты внедрения малоотходного производства показывают, что в среднем 20—40% отходов и загрязнений можно избежать с использованием мер, не требующих капиталовложений (организационные меры и рационализация технологии). Снижения отходов еще на 30% можно достичь за счет капиталовложений в оборудование и технологии.

Кроме сокращения отходов, применение малоотходного производства позволяет сократить расходы на сырье, уменьшить расходы на концевые отходы, улучшить имидж предприятия, снизить негативное воздействие предприятия на человека и окружающую среду.

Наилучшие доступные технологии. В последние годы возникло и получило признание понятие *наилучшие из достигнутых современных технологий (НИДСТ)*. НИДСТ — это технология, основанная на последних достижениях науки и техники, направленная на снижение негативного воздействия на ОС и имеющая практическое применение с учетом экономических и социальных факторов.

При определении НИДСТ следует принимать во внимание следующие основные положения:

- наличие сравнимых технологических процессов, производственного оборудования или методов эксплуатации, которые были успешно апробированы на промышленном уровне;
- стимулирование вовлечения в хозяйственный оборот сбросов, выбросов и отходов, образующихся в процессе хозяйственной деятельности;
- исключение использования токсичного сырья;
- использование малоотходной технологии;
- объемы потребления и эффективность использования сырья (включая воду и энергоносители), применяемого в технологическом процессе;
- учет времени, необходимого для внедрения наилучших из доступных современных технологий;
- предотвращение аварий и сведение к минимуму их последствий для населения и ОС.

Вопрос выбора НИДСТ является ключевым для субъекта хозяйственной деятельности и должен соответствовать следующим основным требованиям:

1) оправданность применения данной технологии с точки зрения охраны человека и ОС, т.е. минимизация негативного техногенного воздействия;

2) соответствие технологии новейшим отечественным и зарубежным разработкам в данной отрасли производства;

3) экономическая и практическая приемлемость данной технологии для предприятия.

В России Федеральный закон «Об охране окружающей среды» позволяет, наряду со сложившейся практикой установления нормативов допустимых выбросов (ПДВ) и допустимых сбросов (ПДС) веществ, проводить техническое внедрение НИДСТ. Законом предусмотрено использование технологических нормативов, которые устанавливаются на основе *наилучших существующих технологий* (НСТ) с учетом экономических и социальных факторов. Терминологическая трактовка термина НИДСТ отличается от термина НСТ, применяемого в законе. Наилучшие из разработанных технологий часто могут быть недоступны для пользователей из-за отсутствия полного комплекта необходимого оборудования либо по финансовым причинам.

В Российской Федерации с 2010 г. приступили к разработке справочников НСТ, которые, по мнению Д. А. Медведева, должны носить «обязательный характер» для бизнеса.

Согласно ГОСТ 14.13—2007 «Экологический менеджмент. Оценка интегрального воздействия объектов хозяйственной деятельности на окружающую среду в процессе производственного экологического контроля» оценка работниками предприятия интегрального воздействия объекта хозяйственной деятельности на окружающую среду должна предусматривать оценку возможности использования НДТ (наилучшие доступные технологии, ранее — НИДСТ). С учетом возможных затрат и выгод необходимо принимать во внимание следующие ключевые соображения. НДТ должны быть ориентированы на комплексный подход к предотвращению или минимизации негативного техногенного воздействия и основаны на сопоставлении эффективности принимаемых мер по охране окружающей среды с затратами, которые несет хозяйствующий субъект для предотвращения или минимизации оказываемого им техногенного воздействия.

НДТ для объектов хозяйственной деятельности должны учитывать все технологические операции и соответствующее оборудование, а также специфику их воздействия на окружающую среду и затраты хозяйствующих субъектов.

При определении НДТ принимают во внимание следующие положения:

- использование малоотходных технологических процессов (технологические отходы должны составлять от 1,5 до 10% общего расхода сырья и материалов);
- использование токсичного сырья должно быть предельно уменьшено;
- сбросы, выбросы и отходы, образующиеся в процессе хозяйственной деятельности, должны быть по возможности вовлечены в хозяйственный оборот;
- используемые технологические процессы, производственное оборудование и методы его эксплуатации должны быть успешно апробированы на промышленном уровне;
- соответствие НДТ современному уровню научно-технического прогресса в контролируемой области;
- должно быть предусмотрено определение видов опасностей и снижение влияния на окружающую среду объемов выбросов, сбросов и отходов, других негативных воздействий, образующихся в процессе хозяйственной деятельности предприятий;
- должен быть четко обоснован период времени, необходимый для внедрения НДТ;
- должна быть произведена оценка объема потребления и эффективности использования первичного сырья (включая энергоносители), применяемого в технологическом процессе;
- должны быть предусмотрены возможности предотвращения аварийных ситуаций и сведения к минимуму их последствий;
- при внедрении НДТ должна быть использована информация, публикуемая специально уполномоченным государственным органом и международными организациями в области НДТ.

Дальнейшим развитием стратегии малоотходного производства является внедрение *замкнутых промышленных циклов (ЗПЦ)*. По своей стратегии малоотходного производства ориентировано на отдельные предприятия, тогда как стратегия ЗПЦ (этап V) возможна лишь при взаимодействии группы промышленных предприятий.

ЗПЦ — подход индустриального развития, основу которого составляют циклы и сети из производителей, потребителей и организаций, занимающихся переработкой отходов, направленные на сохранение ресурсов и предотвращение загрязнений.

Из анализа стратегий ясно, что наилучшим способом защиты территории региона от негативного влияния объектов экономики является минимизация их отходов до нормативно допустимых значений как за счет улучшения технологий, так и за счет использования внешних средств защиты, встроенных непосредственно в объекты.

Защита атмосферного воздуха от выбросов. Внешние средства защиты атмосферного воздуха от выбросов объектов экономики включают:

- очистку выбросов стационарных объектов экономики от примесей в специальных аппаратах и устройствах перед их поступлением в атмосферу;
- защитное зонирование территорий около объекта экономики;
- рассеивание очищенных выбросов в атмосферном воздухе;
- снижение и очистку выбросов автотранспорта.

Очистка отходящих газов от примесей. На объектах экономики применение получили следующие аппараты и устройства:

- сухие пылеуловители (циклоны, фильтры, электрофильтры, рукавные фильтры, адсорберы);
- аппараты мокрой очистки (скрубберы Вентури, барбажано-пенные пылеуловители, туманоуловители, абсорберы, хемосорберы);
- аппараты термической и каталитической нейтрализации газовых выбросов.

Для высокоэффективной очистки выбросов необходимо применять аппараты многоступенчатой очистки. В этом случае очищаемые газы последовательно проходят несколько автономных аппаратов очистки или один агрегат, включающий несколько ступеней очистки. Такие решения находят применение при высокоэффективной очистке газов от твердых примесей и при одновременной очистке от твердых и газообразных отходов.

Улавливание загрязнений в выбросах стационарных источников обеспечивает очистку выбросов на 65–70%; 50% уловленных примесей утилизируют.

Системы рассеивания выбросов. Процесс организованного выброса и распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе зависит от ряда факторов. К ним, прежде всего, относятся параметры выбрасываемых газов:

- 1) мощность выброса. По мощности выброса источники делят на мощные, крупные и мелкие. К мощным источникам

относятся, например, металлургические и химические заводы, заводы строительных материалов, тепловые электростанции. К мелким источникам — небольшие котельные, предприятия местной промышленности, трубы печного отопления;

2) температура выбрасываемых газов. Источники условно называют нагретыми, если температура выбрасываемой газовой смеси выше 50°C ; и холодными при более низкой температуре.

Весьма важными являются также геометрические параметры системы выброса и ее расположение в пространстве, а именно:

1) высота выброса. По высоте выбросов источники классифицируются на высокие (выше 50 м), средней высоты (от 10 до 50 м), низкие (2—10 м) и наземные (высотой менее 2 м);

2) геометрическая форма источника: точечная, линейная, плоская. Точечный источник выбрасывает загрязняющие вещества в атмосферу из отверстия; линейный источник — из щели или из ряда линейно расположенных отверстий, плоский источник — с площади. Точечные источники используют для удаления загрязнений через выбросные трубы, шахты, крышные вентиляторы и другие при условии, что выделяющиеся из них загрязняющие вещества при расщеплении не накладываются одно на другое на расстоянии двух высот здания. Линейные источники — это аэрационные фонари, открытые окна, близко расположенные вытяжные шахты и крышные вентиляторы;

3) расположение источника выброса. При расположении источника подразделяют на затененные и незатененные. Затененные, или низкие, расположенные в зоне аэродинамической тени, образующейся на здании или за ним на высоте меньшей, чем две с половиной высоты здания; в результате обдувания строения ветром. При этом внутри зоны создается область пониженного давления и возникает циркуляция воздуха, вовлекающая в эту зону выбросы. Незатененные, или высокие, свободно расположены в воздушном потоке. К ним относятся трубы, удаляющие загрязнения на высоту, превышающую две с половиной высоты здания.

По степени подвижности источники загрязнения подразделяются на стационарные и подвижные.

К метеорологическим факторам, определяющим величину концентрации примесей в факеле выброса, относятся: направление господствующих ветров, их скорость, температура и влажность атмосферного воздуха, наличие инверсии,

осадков и др. Влияние метеорологических условий на процесс рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере является по-разному при холодных и нагретых выбросах из высоких и низких труб, а также при наличии различных форм рельефа, создающих локальные микроклиматические особенности территории.

Важным фактором, влияющим на распространение примесей в атмосфере, является ветровой режим рассматриваемой территории. Скорость ветра по-разному влияет на рассеивание примеси, поступающей в атмосферу от различных типов источников выброса примесей. В зоне высоких источников выброса при слабом ветре концентрации примесей у земли уменьшаются за счет подъема факела выброса и уноса примеси вверх. Подъем примеси особенно значителен при нагретых выбросах. При сильном ветре начальный подъем примеси уменьшается, но происходит возрастание скорости переноса загрязняющих веществ по горизонтالي.

Быстрому рассеиванию выбросов из низких источников способствуют большие скорости движения воздуха. При штиле и слабом ветре в приземном слое формируются наибольшие концентрации загрязняющих веществ. При этом зоны более высоких концентраций примесей создаются в подветренных зонах по отношению к источникам выбросов.

Влияние скорости ветра на загрязнение атмосферы имеет сложный характер, и для каждого источника существует некоторая *опасная скорость ветра*, при которой наблюдается максимальная концентрация примесей в приземном слое атмосферы.

Опасная скорость ветра, например, для мощных источников выбросов с большим перегревом дымовых газов относительно окружающего воздуха (таких, как ТЭС) составляет 5—7 м/с, для металлургических предприятий — 2—4 м/с. Для низких источников со сравнительно малым объемом выбросов и при низкой температуре отходящих газов она близка к 0,5—1 м/с.

В реальных условиях поступление загрязняющих веществ в атмосферный воздух может носить и неорганизованный характер. *Неорганизованным* называется выброс в атмосферу в виде потоков газа, возникающих в результате нарушения герметичности оборудования в местах загрузки, выгрузки, перегрузки или хранения продукта, при работе транспортных средств с ДВС и т.п.

Для предотвращения опасных загрязнений в приземном слое атмосферы определяют предельно допустимый выброс (ПДВ) в атмосферу. Этот норматив устанавливается для каждого источника выброса так, чтобы содержание загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы от данного источника (или от совокупности источников с учетом перспективы их развития) при рассеивании вредных веществ в атмосфере не превышало норм по качеству воздуха. Нормативы допустимых выбросов определяются для каждого вещества отдельно.

Значение ПДВ (г/с) для одиночного источника с круглым устьем в случаях $C_{\phi} < \text{ПДК}$ определяется по формуле¹

$$\text{ПДВ} = \frac{(\text{ПДК} - C_{\phi})H^2\sqrt[3]{V_1\Delta T}}{AFmn\eta}.$$

Существенно повлиять на величину допустимых выбросов веществ (ПДВ) при проектировании источника может высота трубы (H), которая определяется по формуле

$$H = \sqrt{\frac{AMF\eta mn}{(\text{ПДК} - C_{\phi})\sqrt[3]{V_1\Delta T}}}.$$

Если из источника выбрасывается несколько различных загрязняющих веществ, то за высоту выброса принимается наибольшее из значений H , которые определены для каждого вещества в отдельности и для групп веществ с суммирующим вредным действием.

Увеличение высоты трубы всегда снижает уровень загрязнения приземного слоя. Однако такие решения допускаются только после полного использования всех доступных на современном уровне технических средств по сокращению выбросов. Их пользование на энергетических объектах труб высотой более 250 м, а на других производствах — более 200 м допускается только по специальному согласованию.

Если значение ПДВ по причинам объективного характера в настоящее время не может быть достигнуто, то вводится поэтапное снижение выбросов загрязняющих веществ от действующих предприятий до значений, обеспечивающих ПДК. На каждом этапе устанавливают лимиты допустимых выбросов — временно согласованный выброс (ВСВ).

Защитное зонирование. Ширина санитарно-защитной зоны (СЗЗ) от контура промышленной зоны до границы жилой

¹ Значения всех величин даны выше.

застройки устанавливается в зависимости от класса предприятия, условий осуществления технологического процесса, характера и количества выделяемых в окружающую среду загрязняющих веществ. Размер СЗЗ устанавливается:

- для предприятий с технологическими процессами — источниками загрязнения атмосферного воздуха вредными и неприятнопахнущими веществами — непосредственно от источника загрязнения атмосферы, а также от мест загрузки сырья или открытых складов;
- для тепловых электростанций, производственных и отопительных котельных — от дымовых труб.

В зависимости от класса размещаемого производства установлено пять вариантов санитарно-защитных зон, представленных в табл. 3.3.

Санитарно-защитная зона для предприятий и объектов может быть *увеличена* (но не более чем в три раза):

- 1) в случае использования неэффективных методов очистки выбросов в атмосферу;
- 2) при необходимости размещения жилой зоны с подветренной стороны по отношению к предприятию, в зоне возможного загрязнения;
- 3) в зависимости от розы ветров и других неблагоприятных метеорологических условий (частых штелей, туманов и др.);
- 4) в случае строительства новых, еще недостаточно изученных в санитарном отношении производств.

Размеры санитарно-защитной зоны могут быть *уменьшены*: при изменении технологии производства, совершенствовании технологического процесса, внедрении высокоэффективных и надежных в эксплуатации очистных устройств.

Уточнение размеров санитарно-защитных зон промышленных предприятий для различных направлений ветра проводится по формуле

$$l = l_0 \Phi,$$

где l_0 — величина санитарно-защитной зоны в соответствии с санитарным классом предприятия, м; Φ — фактор направленности ветра в конкретном направлении относительно среднегодовой розы ветров ($\Phi > 1$).

Вывод объектов экономики из селитебных зон. На современном этапе развития экономики считается целесообразной защита от опасных производственных объектов, осуществляемая их выводом из густонаселенных городов и регионов в зоны невысокой плотности населения.

Таблица 3.3

Санитарно-защитные зоны

| Класс предприятия | Размер СЗЗ, м | Примеры предприятий |
|-------------------|---------------|--|
| I | 1000 | Производство по переработке нефти, попутного нефтяного и природного газа, производство целлюлозы, производство стали мартеновским и конверторным способами с цехами по переработке отходов, угольные разрезы и др. |
| II | 500 | Станции подземной газификации угля, производство органических растворителей и масел, производство пластмасс на основе хлорвинила, пункты очистки, промывки и пропарки цистерн (при перевозке нефти и нефтепродуктов), производство синтетических моющих средств, производство автомобилей, производство стальных конструкций, производство цемента и др. |
| III | 300 | Производство никотина, производство по изготовлению шин, резинотехнических изделий, эбонита, а также резиновых смесей для них, химическая переработка руд редких металлов для получения солей сурьмы, висмута, лития, метизное производство, пересыпка сыпучих грузов крановым способом, домостроительный комбинат, производство железобетонных изделий и др. |
| IV | 100 | Производство бумаги из готовой целлюлозы и тряпья, производство мыла, производства солеваренные и солеразмольные, производства по переработке пластмасс (литье, экструзия, прессование, вакуумформование), производство олифы, полиграфические комбинаты, типографии с применением свинца, машиностроительные предприятия с металлообработкой, покраской без литья и др. |
| V | 50 | Производство сельхоздеталей, сборка мебели из готовых изделий без лакирования и окраски, производство ковров, валяльные мастерские и др. |

Так, в Москве давно одобрена идея вывода промышленных предприятий из центральной части города. Однако из 600 производств, которые еще в 1980-е гг. должны были покинуть город, к настоящему времени закрыты только шесть. Сейчас правительство Москвы приступило к формированию в столице так называемых промзон на территориях пустырей рядом с автомобильными и железнодорожными трассами. Предполагается создать 26 таких промзон.

Снижение выбросов автотранспорта. Для решения проблемы негативного влияния автотранспорта на состав атмосферы в городах и селитебных зонах используют нормирование и контроль токсичности выбросов.

Классификация топлива, принятая в России, определяется количеством серы в его составе. Так, в бензинах третьего класса содержится 150 мг/кг серы, четвертого класса — 50, а пятого — всего 10 мг/кг. Таким образом, чем выше класс топлива, тем ниже концентрация вредных веществ в его составе и в продуктах сгорания. Эта классификация соответствует международной европейской классификации «Евро».

Легкие автотранспортные средства массой от 0,4 до 3,5 т и числом пассажиров до 8, помимо места водителя, имеют в соответствии с действующими Правилами 83 ЕЭК ООН нормативные требования, приведенные в табл. 3.4.

Россия приняла нормы ЕЭК ООН в качестве национальных стандартов. Нефтяная компания «Лукойл» в 2005 г. приступила к поставке на рынок бензина по нормам ЕВРО-4, объем поставок — более 500 тыс. т, а с 2011 г. эта компания уже поставляет на рынок бензин по нормам ЕВРО-5. Однако по многим причинам российская промышленность не в состоянии производить продукцию, соответствующую нормативам ЕВРО-3 и тем более ЕВРО-4. С 22 апреля 2006 г. вступил в силу специальный технический регламент «О требованиях к выбросам автомобильной техникой, выпускаемой в обращение на территории Российской Федерации, вредных загрязняющих веществ», утвержденный поста-

Таблица 3.4

**Нормы токсичности выбросов с ОГ двигателей (дизелей)
серийных автомобилей полной массой до 3,5 т**

| Нормативный документ | Год введения | | Нормы выбросов, г/км | | |
|----------------------|--------------|----------|----------------------|-----------------------------------|-----------------|
| | в Европе | в России | СО | СН _x + NO _x | твердые частицы |
| ОСТ 37.001.054–86 | — | 1990 | 13,33 | 4,94 | — |
| EURO-1 | 1992 | 1999 | 6,9 | 1,7 | 0,25 |
| EURO-2 | 1995 | 2006 | 1,5 | 1,2 | 0,17 |
| EURO-3 | 1999 | 2011 | 0,95 | 0,86 | 0,10 |
| EURO-4 | 2005 | — | 0,74 | 0,46 | 0,06 |
| EURO-5 | 2009 | — | 0,740 | 0,350 | 0,005 |
| EURO-6 | 2015 | — | 0,740 | 0,215 | 0,005 |

новлением Правительства РФ от 12 октября 2005 г. № 609. Этим документом была установлена необходимость соблюдения норм Евро-2 на территории России. В то же время иностранные производители, создающие совместные предприятия на территории России, обязаны соблюдать нормы ЕЭК ООН в объеме и в сроки, принятые в ЕС.

Для реализации нормативных требований используются следующие пути:

- совершенствование конструкции двигательной установки, направленное на увеличение полноты сгорания топлива, на уменьшение расхода топлива, на уменьшение трения в двигателе и т.п.;
- применение дополнительного оборудования для повышения экологических показателей автомобиля (нейтрализаторов, сажеуловителей, поглотителей паров топлива);
- рациональный выбор топлива.

В настоящее время широкое распространение получило снижение токсичности выбросов автотранспорта за счет применения дополнительных устройств. Рассмотрим некоторые из них.

Каталитические нейтрализаторы применяют для подавления в отработавших газах CO , C_nH_m и NO_x . Эффективность подавления выбросов (рис. 3.23) зависит от массового соотношения воздуха и топлива в ДВС.

Конструктивно нейтрализаторы исполняют в двух вариантах: окислительные (рис. 3.24) и трехкомпонентные.

Схема установки нейтрализатора в ДВС показана на рис. 3.25.

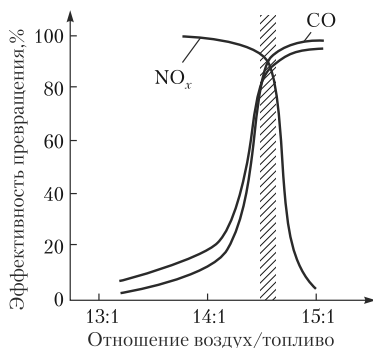


Рис. 3.23. Зависимость эффективности каталитического преобразования от отношения воздух/топливо для катализаторов из благородных металлов

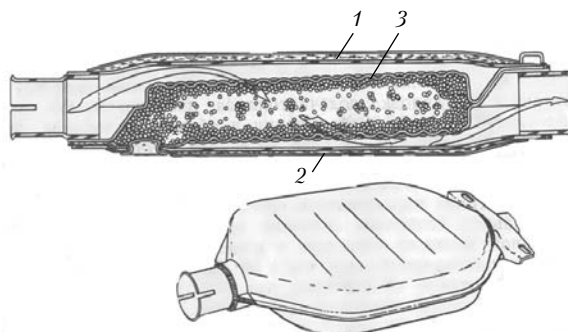


Рис. 3.24. Поперечное сечение нейтрализатора, осуществляющего окисление на гранулах:

1 – изоляция; 2 – заглушка; 3 – гранулы катализатора

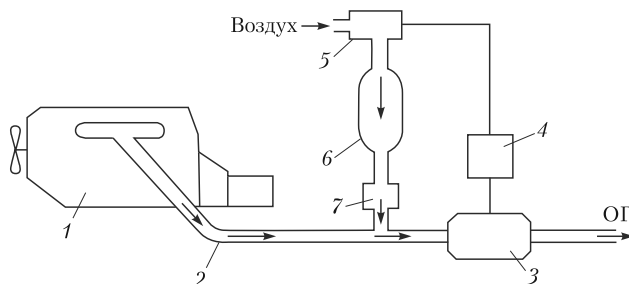


Рис. 3.25. Схема установки каталитического нейтрализатора:

1 – ДВС; 2 – выхлопная труба; 3 – нейтрализатор; 4 – измеритель температуры; 5 – регулятор расхода воздуха; 6 – ресивер; 7 – обратный клапан

Эффективность нейтрализаторов можно оценить по данным табл. 3.5.

Для улавливания сажи известно несколько конструкций устройств, использующих как принцип электростатической очистки, так и метод фильтрации.

Одним из лучших конструктивных решений для снижения содержания твердых частиц в выхлопе дизелей считается ус-

Таблица 3.5

Эффективность использования нейтрализаторов в автомобилях

| Автомобиль | Концентрация токсических веществ | | |
|--------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| | NO _x , мг/м ³ | C _n H _m , % | CO, мг/м ³ |
| Без нейтрализатора | 1759 | 100 | 9100 |
| С нейтрализатором | 283 | 46 | 3500 |

тановка фильтров регенеративного типа. Фильтр (рис. 3.26, *а*) представляет собой сотовую конструкцию с ячейками прямоугольного сечения. Материал фильтра — пористый кордиерит обладает достаточной механической прочностью, стойкостью к агрессивным химическим веществам, сопротивлением к оплавлению и образованию трещин при тепловых воздействиях, а также термической стабильностью.

Фильтр (рис. 3.26, *б*), выполненный в виде нескольких последовательно расположенных пористых перегородок, обладает повышенной эффективностью очистки.

Эффективность сажеулавливания должна составлять более 0,9 при ресурсе работы уловителя до 10 000 км с периодической его регенерацией.

Для предотвращения выбросов паров бензина из топливной системы, основная часть которых поступает в атмосферу, когда двигатель не работает, на автомобилях устанавливают систему обезвреживания испарений топлива из карбюратора и топливного бака, состоящую из трех основных узлов (рис. 3.27): герметичного топливного бака 1 со специальной емкостью 2 для компенсации теплового расширения топлива; крышкой 3 топливно-заправочной горловины бака с двусторонним предохранительным клапаном для предотвращения чрезмерного давления или разрежения в баке; адсорбера 4 для поглощения паров топлива при выключенном двигателе с системой возврата паров во впускной тракт двигателя во время его работы. В качестве адсорбента используют активированный уголь.

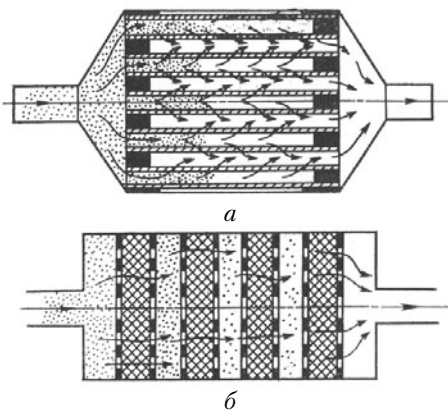


Рис. 3.26. Схемы фильтров-сажеуловителей с сотовой (*а*) и многослойной (*б*) насадкой

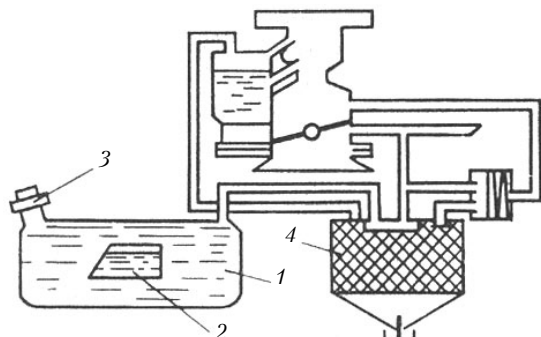


Рис. 3.27. Схема улавливания паров топлива бензинового ДВС

Для защиты от аэродинамического шума двигателей широко используют глушители (рис. 3.28).

Перспективным направлением в повышении экологических показателей ДВС является рациональный выбор топлива (табл. 3.6).

Горючие газы, применяемые в настоящее время в качестве топлива, разделяются на два вида: природный газ и нефтяные газы. Высокое октановое число и хорошие экологические характеристики определили их преимущественное использование в двигателях с принудительным зажиганием.

Одним из наиболее популярных альтернативных видов топлива являются спирты. Это, прежде всего, метиловый (метанол) и этиловый (этанол) спирты. Наиболее перспективным считается метанол, производство которого возможно из любого сырья, содержащего углерод. Наибольшее количество метанола в России производится из природного газа.

Наиболее перспективным из эфиров по экономическим и экологическим показателям являются метил-трет-бути-

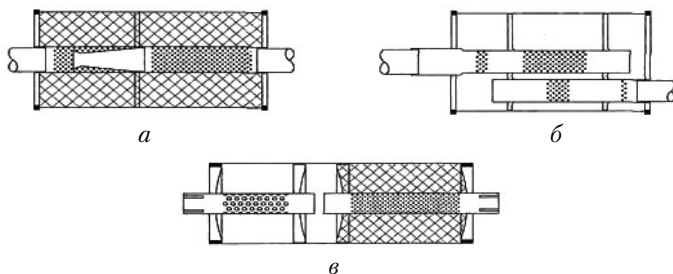


Рис. 3.28. Конструкции автомобильных глушителей:

а — активный; б — реактивный; в — комбинированный

Таблица 3.6

Свойства топлив, используемых в автомобильных двигателях

| Топливо | Элементный состав, % (по массе) | | | | | Н _и *, мДж/кг |
|---|---------------------------------|------|------|------|------|-----------------------------|
| | С | Н | О | N | S | |
| Водород | — | 100 | — | — | — | 119,6 |
| Природный газ | 71,0 | 23,2 | 0,4 | 5,3 | 0,1 | 46,9 |
| Сжиженный нефтяной газ | 84,0 | 16,0 | — | — | 0,01 | 45,5 |
| Метанол CH ₃ OH | 37,5 | 12,5 | 50,0 | — | — | 19,6 |
| Диметиловый эфир CH ₃ OCH ₃ | 52,5 | 13,0 | 34,8 | — | — | 28,8 |
| Бензин | 85,5 | 14,5 | — | — | 0,02 | 44,0 |
| Дизтопливо | 86,5 | 13,3 | — | 0,02 | 0,2 | 41,3 |
| Мазут | 85,6 | 11,3 | 0,5 | 0,3 | 2,3 | 40,9 |

* Н_и — теплота сгорания низшая (массовая).

ловый эфир (МТБЭ) и диметиловый эфир (ДМЭ). Первый используется как кислородсодержащий компонент, заменяющий в бензинах тетраэтилсвинец, повышающий их детонационную стойкость и уменьшающий выбросы сажи и монооксида углерода. Диметиловый эфир является простейшим эфиром, имеет формулу CH₃OCH₃ и вырабатывается, в первую очередь, из природного газа.

Сегодня разработка автомобильных двигателей, работающих на окислении водорода кислородом, считается наиболее перспективным направлением. Однако водород в природе встречается, в основном, в связанном виде. Промышленно водород производится тремя способами: электролизом воды, конверсией метана при температуре 900°C или пропуском паров воды над раскаленным углем при температуре более 1000°C — это весьма энергоемкие производства. При современных технологических возможностях производства водорода это топливо экономически неконкурентоспособно, в качестве топлива для автомобильных поршневых двигателей водород, несмотря на свои экологические достоинства, также неперспективен из-за малой плотности.

Существенно уменьшить выбросы отработавших газов автомобилей можно также за счет совершенствования автотранспортной инфраструктуры. К наиболее значимым мероприятиям в этой сфере следует отнести:

- выбор рационального парка автомобилей, их маршрутов и скоростного режима движения;

- совершенствование улично-дорожной сети в городах;
- совершенствование методов управления движением.

Принципиально снизить выбросы автотранспорта может массовое использование электромобилей. По прогнозам специалистов, к 2030 г. почти половина автотранспорта будет представлена экологически чистыми электромобилями. На сегодня внедрение этого вида транспорта сдерживает его высокая стоимость, причем 70% цены электромобиля приходится на его батарею.

Защита гидросферы от стоков. При выборе схемы и технологического оборудования станций очистки необходимо знать расход сточных вод и концентрацию содержащихся в них примесей, а также допустимый состав сточных вод, сбрасываемых в водоемы. Допустимый состав сточных вод рассчитывают с учетом Правил охраны поверхностных вод. Правила устанавливают нормы на ПДК веществ, состав и свойства воды водоемов.

Расчет допустимой концентрации примесей C_0 в сточных водах, сбрасываемых в водоемы, проводят в зависимости от преобладающего вида примесей сточных вод и характеристик водоема. При преобладающем содержании взвешенных веществ их допустимая концентрация составляет

$$C_0 \leq C_{\text{в}} + n\text{ПДК},$$

где $C_{\text{в}}$ — концентрация взвешенных веществ в воде водоема до сброса в него сточных вод, кг/м³; n — кратность разбавления сточных вод в воде водоема, характеризующая часть расхода воды водоема, участвующую в процессе перемешивания и разбавления сточных вод; ПДК — предельно допустимая концентрация взвешенных веществ в воде водоема, кг/м³.

Условия смешения сточных вод с водой озер и водохранилищ существенно отличаются от условий их смешения в реках и каналах. Допустимая концентрация примесей сточных вод в начальной зоне смешения в озерах уменьшается более существенно, и их полное перемешивание происходит на значительно больших расстояниях от места выпуска, чем в реках и каналах.

Способы и методы очистки сточных вод. Для очистки сточных вод применяют механические, химические, физико-химические и биологические методы. Выбор метода зависит от требований к качеству очищенных сточных вод, от места расположения предприятия и т.д.

В сооружениях для *механической очистки* сточных вод (рис. 3.29) сначала отделяются наиболее крупные загрязне-

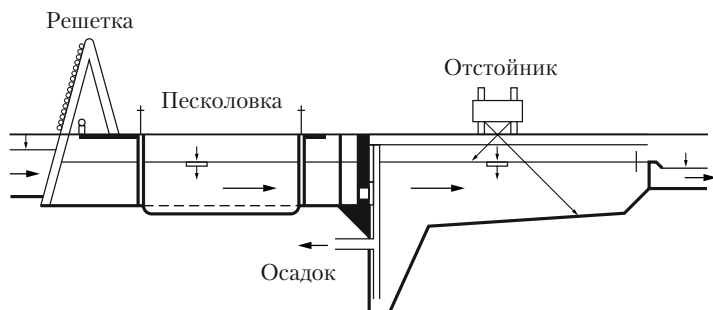


Рис. 3.29. Схема механической очистки воды

ния на решетках и ситах, устанавливаемых в голове очистных сооружений, а затем в песколовках, где из сточных вод выпадают взвеси с размером фракции, как правило, более 0,15–0,2 мм. Основное количество взвешенных веществ удаляется в отстойниках.

Решетки устанавливают на очистных сооружениях обычно с прозорами 16–20 мм, хотя в последнее время появились решетки с меньшими прозорами, вплоть до 4 мм. Обычно решетки устанавливают под углом 60° к горизонту.

К *химическим методам очистки* сточных вод чаще всего относят нейтрализацию, окисление и восстановление. Эти методы применяют для удаления растворенных веществ перед подачей воды на биологическую очистку.

Сточные воды, содержащие кислоты или щелочи, нейтрализуют путем смешения кислых и щелочных стоков, добавлением реагентов, подаваемых в различных агрегатных состояниях. При этом количество добавляемого реагента определяется доведением рН сточных вод до значения 6,5–8,5.

Для проведения процесса окисления используют озон, что позволяет в ряде случаев успешно очищать сточные воды от фенола, нефтепродуктов, мышьяка и других токсичных веществ. Достаточно эффективно для очистки сточных вод от сероводорода, гидросульфида, цианидов использование хлора и веществ, содержащих активный хлор.

Методы *физико-химической обработки* сточных вод обычно включают флотацию, адсорбцию, ионный обмен и др. Схема процесса пневматической флотации показана на рис. 3.30.

В последние годы флотация широко используется для очистки вод от ПАВ. Применение пневматических флотомашин наиболее распространено при флотации тонкозернистых пульп и оборотных жидкостей. Аэрация жидкостей

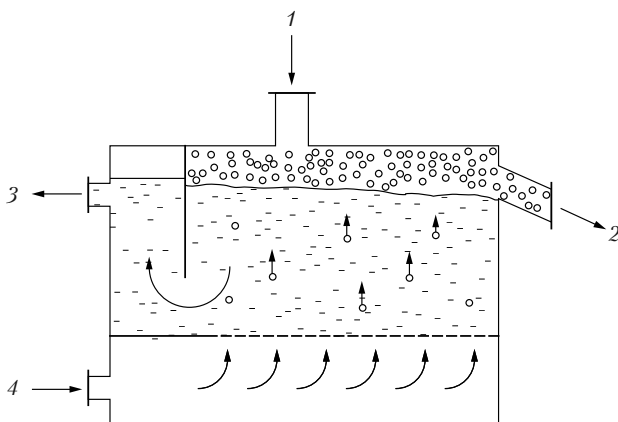


Рис. 3.30. Схема пневматической флотационной очистки сточных вод:

1 — сточная вода; 2 — пенный продукт; 3 — очищенная вода; 4 — воздух

в этом случае осуществляется путем пропускания воздуха или какого-либо газа через различные пористые элементы, например керамику, пористую резину.

Наряду с флотацией для очистки сточных вод используют адсорбционную технологию с использованием в качестве адсорбента чаще всего активированных углей. Это позволяет получать остаточные концентрации основных ингредиентов ниже нормативных значений. Например, концентрация нефтепродуктов в очищенной воде после адсорбционной очистки не превышает в большинстве случаев 0,05 мг/л, что соответствует ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения.

Наиболее широко распространенным способом очистки сточных вод является *биологический*, который известен уже более 100 лет. В биологической очистке использованы особенности микроорганизмов. При такой очистке сточные воды, после механической и, возможно, физико-химической очистки, смешивают с активным илом. Смешение осуществляют в специальных сооружениях — аэротенках, представляющих собой открытые емкости достаточно большого объема с расположенными в них аэраторами барботажного, механического, струйного или другого типа. В результате достаточно длительного (в течение 10–36 ч) контактирования микроорганизмов с водой в условиях аэрации воздухом происходит биоразложение органических примесей, не удаленных на предыдущих стадиях очистки.

Сооружения биологической очистки в естественных условиях подразделяют на поля фильтрации и биологические пруды. На полях фильтрации сточная вода проходит через слой почвы, содержащий в большом количестве аэробные бактерии, получающие кислород из воздуха. В процессе фильтрации через слой почвы органические загрязнения сточных вод задерживаются в нем. При этом образуется биологическая пленка с большим количеством микроорганизмов различных видов. Задержанные на биопленке органические вещества аэробными микроорганизмами доводятся до минеральных соединений. Эти процессы наиболее интенсивно происходят в почве на глубине приблизительно 0,1–0,4 м. В результате биохимических процессов углерод органических веществ превращается в углекислоту, а азот аммонийных солей превращается в нитраты и нитриты.

В искусственных условиях применяют аэротенки, а также биофильтры. На рис. 3.31 изображен трехкоридорный аэротенк, где очищаемая вода с активным илом «змейкой» движется по коридорам аэротенка со скоростью, которая выбирается из расчета времени пребывания сточных вод в аэротенке,

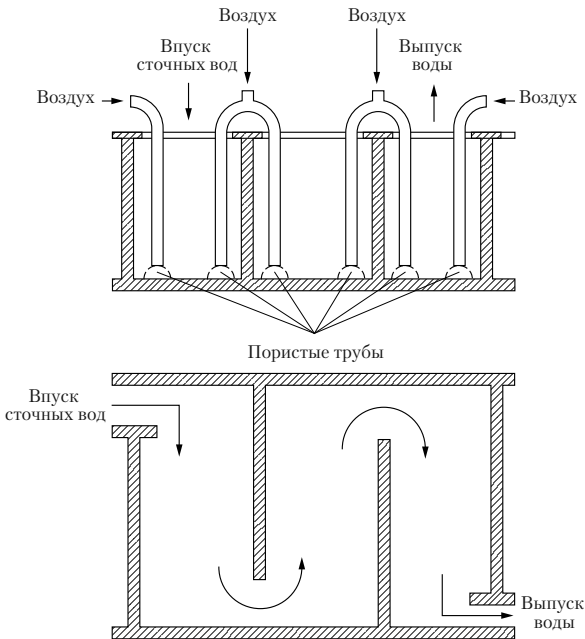


Рис. 3.31. Схема трехкоридорного аэротенка

т.е. примерно 6—30 ч, в зависимости от требуемой степени очистки.

Очистка поверхностных сточных вод. Для исключения загрязнения почв и грунтов и подземного водоносного горизонта на территории промышленных предприятий, в том числе предприятий энергетики (ТЭЦ, ГРЭС и т.д.) и транспорта (автотранспортные подразделения, мойки автомобилей и др.), должны быть в обязательном порядке сооружены локальные очистные установки поверхностных сточных вод. Такие установки, как правило, включают приемную решетку, песколовку, отстойники, флотатор, фильтры доочистки. Эффективность работы локальных очистных сооружений поверхностных сточных вод во многом зависит от технического уровня устройств, с помощью которых происходит извлечение нефтепродуктов. В настоящее время разработан комбинированный флотатор усовершенствованной конструкции, позволяющий извлечь до 95% содержащихся в воде нефтепродуктов. Очищенная сточная вода с содержанием нефтепродуктов не более 0,05 мг/л может быть сброшена на рельеф или в расположенный рядом водоем.

Защита земель и почв от загрязнения. Защита почв от загрязнения имеет специфические особенности, а именно:

- основные источники загрязнения почвы — осаждение выбросов промышленных предприятий и средств транспорта, а также загрязнения от мест ликвидации и захоронения промышленных и бытовых отходов;
- в почве происходит накопление веществ, поскольку она является малоподвижной средой и миграция загрязнений в почве происходит гораздо медленнее, чем в атмосфере и гидросфере;
- влияние загрязнения почвы на человека проявляется косвенно через качество сельскохозяйственной продукции, а влияние на фауну и флору — непосредственное;
- характер и степень влияния загрязнения почв на человека и биосферу изучены много хуже, чем влияние загрязнений атмосферы и гидросферы.

Защита почвы достигается за счет снижения процессов седиментации веществ из атмосферы и рационального использования удобрений и пестицидов в сельском хозяйстве.

Внесение удобрений компенсирует изъятие растениями из почвы фосфора, калия и других веществ. Однако вместе с удобрениями в почву вносятся тяжелые металлы и соединения, которые содержатся в удобрениях как примеси. К ним от-

носятся: кадмий, медь, никель, свинец, хром и др. Выведение этих примесей из удобрений — трудоемкий и дорогой процесс. Особую опасность представляет использование в качестве удобрений осадков промышленных сточных вод, как правило, насыщенных отходами гальванического и других производств.

Для защиты земель используют сбор отходов и их последующую утилизацию или организованное захоронение. Правовые основы обращения с отходами определяются Федеральным законом от 24 июня 1998 г. № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления», который устанавливает две цели:

- 1) предотвращение вредного воздействия отходов на здоровье человека и окружающую природную среду;
- 2) вовлечение отходов в хозяйственный оборот в качестве дополнительных источников сырья.

Сейчас технически возможно использовать две трети образующихся отходов, причем капитальные вложения при переработке вторичного сырья примерно в четыре раза меньше, чем первичного. Эколого-экономический эффект использования вторичного сырья на примере трех видов продукции представлен в табл. 3.7.

Твердые промышленные отходы (ТПО). Большая доля в общем объеме твердых отходов принадлежит металлическим отходам. Вторичные ресурсы металлов складываются из лома (43%) и отходов (57%). Ломом называются изношенные и вышедшие из употребления детали и изделия из металлов. Отходы — металлы, получаемые при механической обработке литья и других заготовок, а также брак, не поддающийся исправлению в процессе производства.

Таблица 3.7

Эффективность использования вторичного сырья по отношению к производству из первичного сырья, %

| Достижимый эффект | Сталь из железного лома | Стекло из стеклобоя | Бумага из макулатуры |
|-------------------------|-------------------------|---------------------|----------------------|
| Сокращение загрязнения: | | | |
| воздуха | 86 | 14 | 73 |
| воды | 76 | — | 35 |
| земель и почвы | 57 | 79 | 39 |
| Экономия: | | | |
| энергии | 74 | 6 | 70 |
| воды | 40 | 50 | 61 |
| первичных ресурсов | 90 | 54 | 100 |

Основные операции первичной переработки металлоотходов: сортировка, разделка и механическая обработка. Сортировка заключается в разделении лома и отходов по видам металлов. Разделка лома состоит в удалении неметаллических включений. Механическая обработка включает рубку, резку, пакетирование и брикетирование на прессах. Брикетированию подвергается сухая неокисленная стружка одного вида, не содержащая посторонних примесей. Каждая партия металлоотходов должна сопровождаться удостоверением о взрывобезопасности и безвредности.

Отходы древесины широко используются для изготовления древесно-стружечных плит.

В Российской Федерации за счет использования вторичного сырья производится 30% стали, 25% бумаги, 20% цветных металлов. Однако существуют пределы в утилизации отходов. По мере увеличения доли вторичного сырья в материальных циклах идет накопление примесного вещества. Например, в стали, выплавленной из металлолома, накапливается медь, цинк, кобальт. При увеличении степени утилизации отходов требуются большие затраты энергии на очистку и сепарацию данного вида отхода. Из этой закономерности следует вывод о принципиальной недостижимости 100% утилизации отходов и создании абсолютно безотходного производства.

На большинстве предприятий пластмассы и древесные отходы входят в состав промышленного мусора, при этом разделение мусора на отдельные его компоненты оказывается экономически нецелесообразным. В настоящее время создаются новые технологии обработки, утилизации и ликвидации промышленного мусора. Качественный и количественный состав промышленного мусора любого предприятия примерно стабилен, поэтому технология переработки мусора разрабатывается применительно к конкретному предприятию.

Примерный перечень компонентов не утилизируемых ТПО приведен ниже:

| Наименование | % масс |
|---------------------------------|--------|
| Нефтегесодержащие отходы | 9,5 |
| Гальваношламы | 0,6 |
| Отходы лакокрасочных материалов | 0,3 |
| Отходы бумаги | 5,8 |

Окончание таблицы

| Наименование | % масс |
|------------------------------|--------|
| Древесные отходы | 42,8 |
| Отходы полимерных материалов | 1,8 |
| Отходы резины | 1,4 |
| Отходы стекла | 1,6 |
| Текстильные отходы | 0,4 |
| Производственный мусор | 35,8 |

Руководитель объекта экономики обязан организовать сбор, временное хранение отходов на территории предприятия, рассчитать норматив образования отходов, согласовать лимит на размещение отходов и составить паспорт опасных отходов.

Обработку твердых отходов целесообразно проводить в местах их образования, что сокращает затраты на погрузочно-разгрузочные работы, снижает безвозвратные потери при перевалке и транспортировке. Нетоксичные отходы используются для засыпки оврагов, в качестве изолирующего материала на свалках бытовых отходов, при строительстве дорог и дамб. Часть токсичных отходов III и IV класса опасности, слаборастворимых в воде, допускается для совместного складирования и сжигания с твердыми бытовыми отходами при условии соблюдения санитарно-гигиенических требований.

Токсичные ПО в соответствии должны подвергаться обработке на специальном региональном полигоне, где осуществляют прием, учет и сбор токсичных ПО их обезвреживание и захоронение.

Статистика промышленных стран Европы показала, что подавляющее количество токсичных ПО (до 80%) — органического происхождения. По физическому состоянию ТПО делятся на:

- твердые органического происхождения — 50–60%;
- пасты и шламы органического происхождения — 10–45%;
- жидкие органические отходы — 10–15%;
- шламы, содержащие органические и минеральные загрязнения, — 6–8%;
- отходы неорганические — 8–10%.

Наиболее распространенными методами обезвреживания отходов в настоящее время являются:

1) для отходов органического происхождения — сжигание при высоких температурах — 900–1100°С (при наличии га-

логеносодержащих соединений до 1200–1400°С). При этом методе большая часть всех токсичных отходов обезвреживается, а объем несгоревших остатков может быть доведен до 10% их первоначального объема;

2) для неорганических веществ — физико-химическая обработка, которая приводит к образованию безвредных, нерастворимых в воде соединений.

Твердые бытовые отходы (ТБО). Морфологический состав городских ТБО приведен ниже:

| Наименование | % масс |
|-----------------------------|--------|
| Бумага, картон | 38,2 |
| Пищевые отходы | 36,5 |
| Дерево, листья | 1,8 |
| Текстиль | 4,9 |
| Кожа, резина | 0,6 |
| Прочие полимерные материалы | 7,0 |
| Кости | 1,0 |
| Металл черный и цветной | 3,7 |
| Стекло | 4,4 |
| Камни, керамика | 0,7 |
| Прочие | 0,2 |

Влажность ТБО составляет 42–48%, плотность — 0,2 т/м³. В мировой практике известно более 20 методов переработки ТБО, включая их переработку, однако наибольшее практическое распространение получили следующие методы:

- складирование на свалке или полигоне;
- сжигание;
- компостирование;
- комплекс компостирования и сжигания.

Полигон ТБО — наиболее простое и дешевое сооружение, его устраивают там, где основанием могут служить глины и тяжелые суглинки. Основная масса ТБО вывозится на такие свалки, которые являются источниками загрязнения почвы, грунтовых вод и атмосферы, там плодятся множество мух, крыс, птиц, бродячих животных.

Самая серьезная проблема свалок — это загрязнение грунтовых вод. Вода с растворенным в ней загрязнителями называется фильтратом, в котором наряду с остатками разлагающейся органики, красителей и другими химикатами присутствует железо, ртуть, свинец, цинк и другие металлы

из ржавеющих консервных банок, разряженных батареек и других электроприборов.

Вторая проблема (особенно на полигонах) — образование метана. У захороненного мусора нет доступа к кислороду. Поэтому его разложение идет с образованием биогаза, на $\frac{2}{3}$ состоящего из легковоспламеняющегося метана. Образуясь в толще захоронения отходов, он может распространяться в земле горизонтально, проникать в подвалы зданий, тоннели коммуникаций, накапливаться там и взрываться. Метан губит и растительность в местах захоронения отходов.

На рис. 3.32 представлена схема современного полигона для захоронения отходов с системой защиты окружающей среды.

Могильник расположен на возвышенности, значительно выше уровня грунтовых вод. Дно его изолировано уплотненным слоем глины, на котором находится слой щебня для отвода фильтрата и метана. Один слой мусора укладывает-

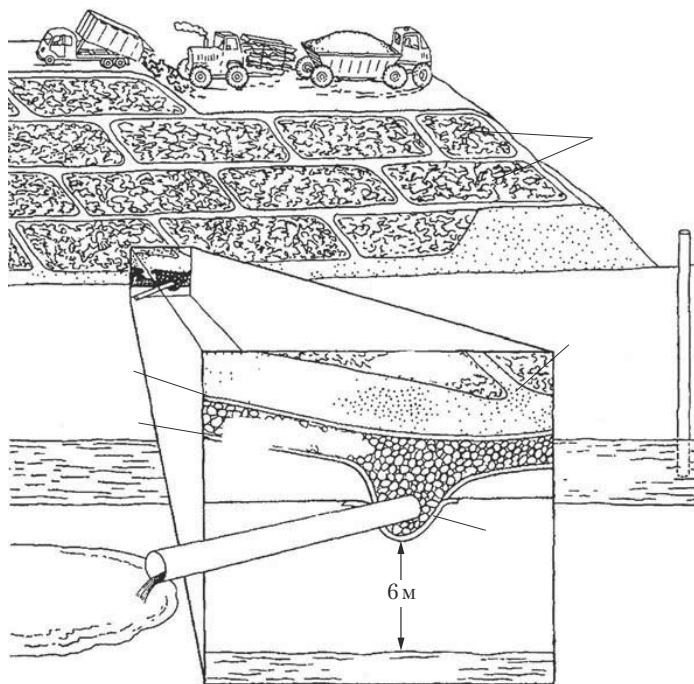


Рис. 3.32. Система защиты грунтовых вод на свалке

ся на другой, уплотняется, засыпается грунтом так, что получается пирамидообразная насыпь, с которой стекает вода. Могильник окружен скважинами, с помощью которых ведется мониторинг загрязнения грунтовых вод. По периметру всей территории полигона ТБО устраивается легкое ограждение, осушительная траншея глубиной более 2 м или вал высотой не более 2 м.

К 2010 г. страны ЕС предполагали на 100% запретить захоронение ТБО на полигонах (пока эту идею реализовать не удалось). Такие отходы будут либо сжигать, либо перерабатывать. В Москве до 80% ТБО отправляется на свалки, которые уже через три — пять лет исчерпают свой ресурс (площадь свалок составляет около 800 га).

Мусоросжигательные заводы (МСЗ) получили значительное распространение в странах с высокой плотностью населения и дефицитом свободных площадей. В Москве в настоящее время работают четыре таких завода, а создание еще шести заводов запланировано к 2012 г.

Главный недостаток МСЗ — трудность очистки от примесей, отходящих в атмосферу газов, особенно от диоксинов. Для снижения экологической опасности приходится предусматривать многоступенчатую *газоочистку*, что существенно увеличивает капитальные затраты.

Высокая степень очистки дымовых газов полностью достигается за счет установки реактора, в котором активированный уголь улавливает диоксины, фураны и соединения тяжелых металлов; известковое молоко нейтрализует SO_2 , HF , HCl ; концентрация NO_x существенно снижается за счет системы впрыска карбамида; рукавный фильтр улавливает летучую золу.

Образующиеся при сжигании ТБО шлак, зола и нерастворимые соли кальция из реактора перерабатываются в строительные материалы. Утилизация вырабатываемой теплоты (30 т пара в час) позволяет полностью обеспечить потребности завода в тепловой и электрической энергии.

Мусороперерабатывающие заводы, работающие по *технологии компостирования*, эксплуатируются во многих европейских странах. При этой технологии ТБО сортируются, обезвреживаются и превращаются в компост — органическое удобрение, используемое, например, для городского озеленения или в качестве биотоплива для теплиц.

Комплексные заводы включают в себя технологические линии по компостированию влагосодержащих органичес-

ких фракций, сжиганию сухих фракций и вторичному использованию других фракций ТБО. Такая технология может быть осуществлена только при активном участии всего населения, когда первичная сортировка отходов ведется населением раздельно в специальные контейнеры для пищевых отходов, стекла, полимеров, макулатуры и т.п.

Сравнительные экономические показатели различных технологий обезвреживания и утилизации ТБО представлены в табл. 3.8.

Таблица 3.8

Относительные затраты на различные технологии обезвреживания ТБО, разы

| Показатель | Технологический процесс | | | |
|--------------------------|----------------------------|--------------------------------|-----------------|----------------------------|
| | складирование на полигонах | сжигание с утилизацией теплоты | компостирование | компостирование + сжигание |
| Капитальные вложения | 1 | 10 | 4 | 7 |
| Эксплуатационные затраты | 1 | 10 | 7 | 10 |

Одним из перспективных способов переработки ТБО считается технология *гидросепарирования отходов*, нашедшая применение в Австралии и Израиле. При этом разделение ТБО на отдельные компоненты осуществляется в водной среде, что оправдано экономически (в три раза дешевле, чем сжигание) и экологически (в десять раз меньше загрязнений).

В нашей стране в связи с недостаточным количеством полигонов для складирования и захоронения промышленных и бытовых отходов широко распространена практика размещения их в местах неорганизованного складирования, что представляет особую опасность для окружающей среды.

Так, например, сейчас на территории России всего шесть крупных предприятий, перерабатывающих на промышленной основе «вторичную» ртуть и ртутьсодержащие приборы (лампы, термометры, тонометры), и около 40 небольших производств, принимающих на переработку только люминесцентные лампы.

Защита от энергетических потоков. Для защиты от шума широкое распространение получили экраны, устанавливаемые на местности, и глушители шума систем выбросов

газов в окружающую среду. Эффективны лесопосадки, большое значение имеет рельеф местности и т.п.

Защита от вибраций достигается в основном за счет виброизоляции, виброгашения (установки на фундамент) и вибродемпфирования источников вибраций. Под вибродемпфированием понимается мероприятие, при котором целенаправленно увеличиваются потери в колебательной системе.

В большинстве промышленных стран установлены пределы *теплового загрязнения*. Они относятся, как правило, к режимам водоемов, так как по сложившейся технологии отвода тепловых отходов водоемы (реки, озера, моря) принимают основную часть сбросной теплоты и наиболее страдают от теплового загрязнения. В Европе принято, что вода водоема не должна подогреваться больше чем на 3°C по сравнению с естественной температурой водоема. В США нагрев воды в реках не должен превышать 3°C , а в озерах — $1,6^{\circ}\text{C}$, в прибрежных водах морей и океанов — $0,8^{\circ}\text{C}$ летом и 2°C в остальное время. В России, согласно Правилам охраны поверхностных вод, утвержденным письмом Госкомприроды СССР от 21 февраля 1991 г. № 5/15-12, летняя температура воды в результате сброса сточных вод не должна повышаться более чем на 3°C по сравнению со среднемесячной температурой воды самого жаркого месяца года за последние 10 лет. Для водоемов, в которых обитают холодноводные рыбы (лососевые и сиговые), температура не должна повышаться более чем на 5°C с общим повышением не более чем до 20°C летом и 5°C зимой.

Если говорить о масштабах теплового загрязнения атмосферы, то показательны такие оценки: от промышленного центра с населением 2 млн человек, с электростанциями суммарной мощностью 4600 МВт и нефтехимическими заводами шлейф тепловых загрязнений распространяется на 80–120 км при ширине зоны загрязнения 50 км и высоте около 1 км.

Борьба с тепловым загрязнением с инженерной точки зрения идентична работе по энергосбережению. Чем выше уровень энергосберегающей работы, тем более эффективно ведется борьба с тепловым загрязнением.

В проблеме теплового загрязнения присутствует и, по-видимому, будет присутствовать такой аспект: всегда стремиться найти полезное применение тепловым отходам, а не просто сбрасывать теплоту. Например, избыточное тепло может использоваться для орошения сельскохозяйственных земель, в тепличном хозяйстве, для подогрева свежей воды, поступающей на электростанцию и т.д.

Защита от электромагнитных излучений. Основной путь защиты от ЭМИ в окружающей среде — защита расстоянием. Для защиты населения от воздействий ЭМИ устанавливаются санитарно-защитные зоны (СЗЗ) и зоны ограничения застройки. Внешняя граница СЗЗ определяется на высоте 1,8—2,0 м от поверхности земли по нормативным ПДУ.

Зона ограничения застройки — территория, где на высоте более 2 м от поверхности земли превышает нормативный ПДУ. Внешняя граница этой зоны определяется по максимальной высоте зданий перспективной застройки, на уровне верхнего этажа которых уровень ЭМИ не превышает нормативного ПДУ.

В табл. 3.9 приведены размеры СЗЗ и расстояния от границы населенных пунктов до высоковольтных ЛЭП.

При проектировании жилых и административных зданий, расположенных в зоне действия ЭМИ, учитывается экранирующая способность строительных конструкций. Так, ЭМИ с длиной волны $\lambda = 3$ см при прохождении кирпичной стены толщиной 70 см ослабляется на 21 дБ, т.е. плотность потока мощности уменьшается более чем в 100 раз.

Напряженность ЭМП может быть уменьшена удалением жилой застройки от ЛЭП, применением экранирующих устройств (железобетонные заборы), посадкой деревьев и кустарников высотой не менее 2 м. Машины и механизмы на пневматическом ходу, находящиеся в СЗЗ ЛЭП, должны быть

Таблица 3.9

Размеры СЗЗ и расстояния от границы населенных пунктов до высоковольтных ЛЭП

| Расстояние, м | Напряжение высоковольтных ЛЭП, кВ |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| Размеры СЗЗ | |
| 75 (20*) | 330 |
| 150 (30) | 500 |
| 250 (40) | 750 |
| 300 (55) | 1150 |
| До границы населенных пунктов | |
| 250 | 750 |
| 300 | 1150 |

* Значения, указанные в скобках, допускаются в сельской местности при ограничении длительности работ, заземлении машин, инструктаже населения.

заземлены, например, посредством металлической цепи, соединенной с кузовом (рамой) машины и касающейся земли.

Защита от радиоактивных отходов. По агрегатному состоянию они подразделяются на жидкие, твердые и газообразные.

К жидким радиоактивным отходам относятся не подлежащие дальнейшему использованию органические и неорганические жидкости, пульпы и шламы, в которых удельная активность радионуклидов более чем в 10 раз превышает значения уровней вмешательства при поступлении с водой, приведенные в НРБ-99/2009.

К твердым радиоактивным отходам относятся отработавшие свой ресурс радионуклидные источники, не предназначенные для дальнейшего использования материалы, изделия, оборудование, биологические объекты, грунт, а также отвержденные жидкие радиоактивные отходы, в которых удельная активность радионуклидов больше значений, приведенных в приложении к НРБ-99/2009, а при неизвестном радионуклидном составе удельная активность составляет больше:

- 100 кБк/кг — для источников бета-излучения;
- 10 кБк/кг — для источников альфа-излучения;
- 1,0 кБк/кг — для трансурановых радионуклидов.

К газообразным радиоактивным отходам относятся не подлежащие использованию радиоактивные газы и аэрозоли, образующиеся при производственных процессах с объемной активностью, превышающей допустимую объемную активность, значения которой приведены в НРБ-99/2009.

Радиоактивные отходы подразделяются по удельной активности на три категории: низкоактивные, среднеактивные и высокоактивные (табл. 3.10).

Таблица 3.10

Классификация жидких и твердых радиоактивных отходов

| Категория отходов | Удельная активность, кБк/кг | | |
|-------------------|------------------------------|--|----------------------------|
| | бета-излучающие радионуклиды | альфа-излучающие радионуклиды (исключая трансурановые) | трансурановые радионуклиды |
| Низкоактивные | Менее 10^3 | Менее 10^2 | Менее 10 |
| Среднеактивные | От 10^3 до 10^7 | От 10^2 до 10^6 | От 10 до 10^5 |
| Высокоактивные | Более 10^7 | Более 10^6 | Более 10^5 |

Газообразные радиоактивные отходы подлежат выдержке и (или) очистке на фильтрах с целью снижения их активности до уровней, регламентируемых допустимым выбросом, после чего могут быть удалены в атмосферу.

Система обращения с жидкими и твердыми радиоактивными отходами включает их сбор, сортировку, упаковку, временное хранение, кондиционирование (концентрирование, отверждение, прессование, сжигание), транспортирование, длительное хранение и (или) захоронение.

Сбор радиоактивных отходов должен производиться в специальные сборники непосредственно в местах их образования отдельно от обычных отходов с учетом: категории отходов; агрегатного состояния (твердые, жидкие); физических и химических характеристик; природы (органические и неорганические); периода полураспада радионуклидов, находящихся в отходах (менее 15 суток, более 15 суток); взрыво- и огнеопасности; принятых методов переработки отходов.

Для первичного сбора твердых радиоактивных отходов могут быть использованы пластиковые или бумажные мешки, которые затем загружаются в сборники-контейнеры. Для временного хранения и выдержки сборников с радиоактивными отходами, создающими у поверхности дозу гамма-излучения более 2 мГр/ч, должны находиться специальные защитные колодцы или ниши. Извлечение сборников отходов из колодцев и ниш необходимо производить с помощью специальных устройств, исключающих переоблучение обслуживающего персонала.

Жидкие радиоактивные отходы должны собираться в специальные емкости. Их следует, по возможности, концентрировать и отверждать там, где они образуются или в специализированной организации по обращению с радиоактивными отходами, после чего направлять на захоронение.

Запрещается сброс жидких радиоактивных отходов в хозяйственно-бытовую и ливневую канализацию, водоемы, поглощающие ямы, колодцы, скважины, на поля орошения, поля фильтрации, в системы подземного орошения и на поверхность земли.

Временное хранение радиоактивных отходов различных категорий должно осуществляться в отдельном помещении либо на специально выделенном участке, оборудованном в соответствии с требованиями, предъявляемыми к помещениям. Хранение радиоактивных отходов следует осуществлять в специальных контейнерах.

Радиоактивные отходы, содержащие радионуклиды с периодом полураспада менее 15 суток, собираются отдельно от других радиоактивных отходов и выдерживаются в местах временного хранения для снижения активности до уровней, не превышающих допустимых значений. После такой выдержки твердые отходы удаляются как обычные промышленные отходы, а жидкие отходы могут использоваться в системе оборотного хозяйственно-технического водоснабжения или сливаться в хозяйственно-бытовую канализацию.

Самовоспламеняющиеся и взрывоопасные радиоактивные отходы должны быть переведены в неопасное состояние до отправки на захоронение, при этом должны быть предусмотрены меры радиационной и пожарной безопасности. Передача радиоактивных отходов из организации на переработку или захоронение должна производиться в специальных контейнерах. Уровни радиоактивного загрязнения на поверхностях упаковки (контейнера) не должны превышать значений, приведенных в табл. 3.11.

Эффективная доза облучения населения, обусловленная радиоактивными отходами, включая этапы хранения и захоронения, не должна превышать 10 мкЗв/год.

Таблица 3.11

Допустимые уровни радиоактивного загрязнения поверхности контейнеров и транспортных средств, частиц/см² в мин

| Объект загрязнения | Вид загрязнения | | | |
|---|-------------------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| | снимаемое (не фиксируемое) | | не снимаемое (фиксируемое) | |
| | альфа-активные радионуклиды | бета-активные радионуклиды | альфа-активные радионуклиды | бета-активные радионуклиды |
| Наружная поверхность охранной тары контейнера | Не допускается | Не допускается | Не регламентируется | 200 |
| Наружная поверхность вагона-контейнера | Не допускается | Не допускается | Не регламентируется | 200 |
| Внутренняя поверхность охранной тары контейнера | 1,0 | 100 | Не регламентируется | 200 |
| Наружная поверхность транспортного контейнера | 1,0 | 100 | Не регламентируется | 200 |

Защита от чрезвычайных техногенных опасностей.

При чрезвычайных ситуациях на первое место выходят задачи защиты населения и территорий от чрезвычайно высоких уровней потоков негативного воздействия, ликвидации последствий ЧС, реабилитации пострадавших и восстановление повседневной жизнедеятельности.

К чрезвычайным техногенным и стихийным опасностям регионального масштаба относят:

- аварии на радиоактивно-опасных объектах с выбросом радиоактивных веществ;
- взрывы и пожары;
- аварии на химически опасных объектах;
- аварии в топливно-энергетических системах;
- аварии на очистных сооружениях;
- аварии в системах ЖКХ;
- обрушение зданий и сооружений;
- гидродинамические аварии;
- крупные транспортные аварии;
- стихийные природные явления.

Особенности загрязнения окружающей среды при авариях на радиационно-опасных объектах. Ввиду того, что аварийные ситуации являются максимально опасными на АЭС, рассмотрим особенности загрязнений местности в случае аварий на объектах с ядерными компонентами на примере атомных станций.

Выбросы и истечения радиоактивных веществ из реактора характеризуются следующими основными поражающими факторами:

- газо-аэрозольная смесь радионуклидов распространяется в виде облака на сотни километров и испускает мощный поток ионизирующих излучений;
- радиоактивное загрязнение местности имеет длительный характер в результате разброса высокоактивных осколков ядерного топлива на территории АЭС и осадения радиоактивных частиц из газо-аэрозольного облака.

При авариях на АЭС радиоактивное загрязнение имеет следующие особенности:

1) радиоактивное загрязнение местности и атмосферы имеет сложную зависимость от исходных параметров (типа и мощности реактора, времени его работы, характера аварии и т.д.) и метеоусловий, вследствие чего прогнозирование его возможных масштабов весьма затруднительно и носит ориентировочный характер;

2) смесь выбрасываемых из реактора радиоактивных веществ обогащена долгоживущими радионуклидами (плутоний-239, стронций-90, цезий-137 и др.), причем относительный вклад в общую активность излучающих изотопов с течением времени будет увеличиваться. В результате большие площади на длительное время окажутся загрязненными опасными радионуклидами, которые в последующем могут быть вовлечены в миграционные процессы на местности;

3) малые размеры радиоактивных частиц (средний размер около 2 мкм) способствуют их глубокому проникновению в микротрещины и краску, что затрудняет проведение работ по дезактивации;

4) пылеобразование приводит к поступлению в организм через органы дыхания мелкодисперсных продуктов деления;

5) осаждение высокоактивных осколков конструкций реактора и графита происходит как на территории АЭС, так и в виде пятен по следу облака;

6) стационарный характер источника загрязнения, продолжительность выбросов во времени на небольшую высоту (до 1,5–2 км) и частые изменения метеоусловий приводят к азимутальной неравномерности загрязнения местности, изменению уровней радиации в отдельных районах во времени и образованию радиоактивных зон загрязнения в виде пятен.

Особенности загрязнения окружающей среды при авариях на химически опасных объектах. Основными особенностями химических аварий является их непредсказуемость и внезапность, быстрое формирование облака АХОВ, распространяющегося на окружающую территорию, недостаточная контролируемость или полная неконтролируемость возникающих и протекающих при аварии процессов и сложностью обстановки, в которой должны проводиться *аварийно-спасательные и другие неотложные работ (АС и ДНР)*. Кроме того, в зависимости от типа АХОВ загрязненный воздух или проникает в подвальные и другие заглубленные помещения и первые этажи зданий, или поднимается в верхние этажи зданий и верхние слои атмосферы. В связи с этим могут пострадать не только персонал аварийного объекта, но и население, проживающее по соседству с ним, а также окружающая природная среда. С другой стороны, поведение АХОВ при авариях во многом зависит от способа их хранения или транспортирования.

На ХОО обычно сосредоточено и значительное количество различных легковоспламеняющихся химически не-

пасных веществ. Кроме того, многие АХОВ сами относятся к легковоспламеняющимся веществам (аммиак, окись этилена, синильная кислота, окись углерода и др.), некоторые из них взрывоопасны (гидразин, окислы азота и др.), а некоторые, хотя и негорючи, но представляют значительную опасность в пожарном отношении (хлор, фосген, двуокись серы и др.). Эти обстоятельства следуют учитывать при возникновении аварий и пожаров на предприятиях. Более того, сам пожар может способствовать выделению различных ядовитых веществ. Например, горение полиуретана и других пластмасс приводит к выделению синильной кислоты, фосгена, окиси углерода, различных изоцианатов, иногда диоксида и др. в опасных концентрациях, особенно в закрытых помещениях.

Таким образом, объекты с химически опасными компонентами могут быть источниками залповых выбросов АХОВ в атмосферу, сброса АХОВ в водоемы; «химического» пожара с поступлением токсических веществ в окружающую среду; разрушительных взрывов; химического заражения объектов и местности в районе аварии и на следе распространения облака АХОВ; обширных зон задымления в сочетании с токсичными продуктами.

Последствия химических аварий представляют собой совокупность результатов поражающего воздействия АХОВ и других сопутствующих поражающих факторов на объекты, население и окружающую природную среду. В результате химической аварии образуется зона химического заражения. Это территория, в пределах которой распространены или привнесены химически опасные вещества в концентрациях или количествах, создающих опасность для жизни и здоровья людей, животных и растений в течение определенного времени. Размеры этой зоны зависят от типа АХОВ, их выброшенного количества, метеоусловий и топографической особенности местности. Внешние границы зоны химического заражения обычно соответствуют пороговому значению токсодозы при ингаляционном воздействии на человека.

Организация защиты от ЧС. По тяжести последствий и масштабу распространения ЧС подразделяются на локальные, объектовые, местные, территориальные, региональные, федеральные и трансграничные.

К *локальной (частной)* относится ЧС, в результате которой пострадало не более 10 человек, либо нарушены условия,

жизнедеятельности не более 100 человек, либо материальный ущерб составляет не более 1000 минимальных размеров оплаты труда на день возникновения чрезвычайной ситуации, и зона чрезвычайной ситуации не выходит территориально и организационно за пределы территории производственного объекта или объекта социального назначения.

Объектовые ЧС ограничиваются пределами производственного или иного объекта и могут быть ликвидированы его силами и ресурсами (в том числе силами специализированных формирований).

К *местной* ЧС относятся ситуации, в результате которых пострадало свыше 10, но не более 50 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности свыше 100, но не более 300 человек, либо материальный ущерб составляет свыше 1000, но не более 5000 минимальных размеров оплаты труда на день возникновения чрезвычайной ситуации и зона чрезвычайной ситуации не выходит за пределы населенного пункта, города, района, области, края, республики и устраняется их силами, средствами и другими ресурсами.

К *территориальной* относится чрезвычайная ситуация, в результате которой пострадало свыше 50, но не более 500 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности свыше 300, но не более 500 человек, либо материальный ущерб составляет свыше 5000, но не более 0,5 млн минимальных размеров оплаты труда на день возникновения чрезвычайной ситуаций и зона чрезвычайной ситуации не выходит за пределы субъекта РФ.

К *региональной* относится чрезвычайная ситуация, в результате которой пострадало свыше 50, но не более 500 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности свыше 500, но не более 1000 человек, либо материальный ущерб составляет свыше 0,5 млн но не более 5 млн минимальных размеров оплаты труда на день возникновения чрезвычайной ситуации и зона ЧС распространяется на несколько областей (краев, республик) или экономических районов.

К *федеральной (национальной)* относится чрезвычайная ситуация в результате которой пострадало свыше 500 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности свыше 1000 человек, либо материальный ущерб составляет свыше 5 млн минимальных размеров оплаты труда на день возникновения чрезвычайной ситуации и зона чрезвычайной ситуации охватывает обширную территорию страны, но не выходит за ее границы

К *трансграничной (глобальной)* относится чрезвычайная ситуация, поражающие факторы которой выходят за пределы Российской Федерации, либо чрезвычайная ситуация, которая произошла за рубежом и затрагивает территорию Российской Федерации.

Постановлением Правительства РФ в 1992 г. была создана Российская система предупреждения и действий в ЧС, которая в 1995 г была преобразована в Единую государственную систему предупреждения и ликвидации ЧС (РСЧС) для защиты населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера. Сегодня деятельность Единой государственной системы предупреждения и ликвидации ЧС регламентируется постановлением Правительства РФ от 30 декабря 2003 г. № 794.

В зависимости от обстановки, масштаба прогнозируемой или возникшей ЧС решением соответствующих органов исполнительной власти в пределах конкретной территории устанавливается один из следующих режимов ее функционирования.

При отсутствии угрозы возникновения чрезвычайных ситуаций на объектах, территориях или акваториях органы управления и силы единой системы функционируют в режиме *повседневной деятельности*.

Решениями руководителей федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций, на территории которых могут возникнуть или возникли чрезвычайные ситуации, либо к полномочиям которых отнесена ликвидация чрезвычайных ситуаций, для соответствующих органов управления и сил единой системы может устанавливаться один из следующих режимов функционирования:

- *режим повышенной готовности* — при угрозе возникновения чрезвычайных ситуаций;
- *режим чрезвычайной ситуации* — при возникновении и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Основными мероприятиями, проводимыми органами управления и силами единой системы, являются:

1) в режиме повседневной деятельности: изучение состояния окружающей среды и прогнозирование чрезвычайных ситуаций; сбор, обработка и обмен в установленном порядке информацией в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций и обеспечения пожарной безо-

пасности; разработка и реализация целевых и научно-технических программ и мер по предупреждению чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности; планирование действий органов управления и сил единой системы, организация подготовки и обеспечения их деятельности; подготовка населения к действиям в чрезвычайных ситуациях; пропаганда знаний в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций и обеспечения пожарной безопасности; руководство созданием, размещением, хранением и восполнением резервов материальных ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций; проведение в пределах своих полномочий государственной экспертизы, надзора и контроля в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций и обеспечения пожарной безопасности; осуществление в пределах своих полномочий необходимых видов страхования; проведение мероприятий по подготовке к эвакуации населения, материальных и культурных ценностей в безопасные районы, их размещению и возвращению соответственно в места постоянного проживания либо хранения, а также жизнеобеспечению населения в чрезвычайных ситуациях; ведение статистической отчетности о чрезвычайных ситуациях, участие в расследовании причин аварий и катастроф, а также выработке мер по устранению причин подобных аварий и катастроф;

2) в режиме повышенной готовности: усиление контроля за состоянием окружающей среды, прогнозирование возникновения чрезвычайных ситуаций и их последствий; введение при необходимости круглосуточного дежурства руководителей и должностных лиц органов управления и сил единой системы на стационарных пунктах управления; непрерывный сбор, обработка и передача органам управления и силам единой системы данных о прогнозируемых чрезвычайных ситуациях, информирование населения о приемах и способах защиты от них; принятие оперативных мер по предупреждению возникновения и развития чрезвычайных ситуаций, снижению размеров ущерба и потерь в случае их возникновения, а также повышению устойчивости и безопасности функционирования организаций в чрезвычайных ситуациях; уточнение планов действий (взаимодействия) по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и иных документов; приведение при необходимости сил и средств единой системы в готовность к реагированию на чрезвычайные ситуации, формирование оперативных групп

и организация выдвижения их в предполагаемые районы действий; восполнение при необходимости резервов материальных ресурсов, созданных для ликвидации чрезвычайных ситуаций; проведение при необходимости эвакуационных мероприятий;

3) в режиме чрезвычайной ситуации: непрерывный контроль за состоянием окружающей среды, прогнозирование развития возникших чрезвычайных ситуаций и их последствий; оповещение руководителей федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций, а также населения о возникших чрезвычайных ситуациях; проведение мероприятий по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций; организация работ по ликвидации чрезвычайных ситуаций и всестороннему обеспечению действий сил и средств единой системы, поддержанию общественного порядка в ходе их проведения, а также привлечению при необходимости в установленном порядке общественных организаций и населения к ликвидации возникших чрезвычайных ситуаций; непрерывный сбор, анализ и обмен информацией об обстановке в зоне чрезвычайной ситуации и в ходе проведения работ по ее ликвидации; организация и поддержание непрерывного взаимодействия федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций по вопросам ликвидации чрезвычайных ситуаций и их последствий; проведение мероприятий по жизнеобеспечению населения в чрезвычайных ситуациях.

Большинство ЧС характеризуется внезапностью возникновения и скоротечностью развития, а следовательно, и крайне ограниченным временем на организацию и проведение мероприятий по защите. С целью максимального снижения людских и материальных потерь в любых условиях обстановки, на предприятиях, в учреждениях и организациях (далее — объект) независимо от их организационно-правовой формы, заблаговременно разрабатывается план действий по предупреждению и ликвидации ЧС в мирное время. План действий определяет: объем, сроки, организацию и порядок выполнения мероприятий по предупреждению ЧС или снижению размеров ущерба и потерь от ЧС, выполнение неотложных мероприятий по защите работников, населения, сельскохозяйственных животных, растений, материальных

ценностей от последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий, а также организацию и ведение АС и ДНР. План включает два раздела:

1) краткая оценка возможной обстановки на объекте при возникновении аварий, катастроф и стихийных бедствий. Первый раздел обычно разделяют на два подраздела:

1.1) перечень потенциальных опасностей на территории объекта и прилегающей к нему местности. В этом подразделе указываются: краткая характеристика объекта; предприятия, на которых возможны крупные аварии, производственные катастрофы, создающие опасность для нашего объекта; железнодорожные узлы, станции, где грузятся и через которые транзитом следуют вагоны с ХОВ и другими опасными грузами; территория, неблагоприятная в эпидемиологическом, эпизоотическом отношении; численность работников, попадающих в зоны поражения и ориентировочные потери; возможный ущерб промышленного и сельскохозяйственно-производства;

1.2) перечень мероприятий, осуществляемых на объекте по предупреждению и снижению последствий крупных производственных аварий, катастроф и стихийных бедствий и их ориентировочный объем. Здесь указываются: мероприятия сил объектового звена и их ориентировочный объем по предупреждению или снижению последствий крупных производственных аварий, катастроф и стихийных бедствий, по защите населения, сельскохозяйственных животных и растений, материальных ценностей, а также проведению АС и ДНР;

2) выполнение мероприятий при угрозе и возникновении крупных производственных аварий, катастроф и стихийных бедствий. Второй раздел условно можно разделить на шесть подразделов:

2.1) мероприятия при угрозе возникновения крупных производственных аварий, катастроф и стихийных бедствий (режим повышенной готовности). В этом подразделе определяются: порядок оповещения органов управления, руководящего состава, работников и населения об угрозе возникновения ЧС; объем, сроки, привлекаемые силы и средства, порядок осуществления мероприятий по предупреждению или снижению воздействия ЧС; приведение в готовность сил и средств, имеющихся защитных сооружений, других заглубленных помещений, герметизация наземных зданий и сооружений с целью подготовки к укрытию в них работни-

ков; подготовка к выдаче и выдача работникам средств индивидуальной защиты; приведение в готовность автотранспорта и загородной зоны для эвакуации или отведения работников объекта; проведение мероприятий по медицинской и противоэпидемиологической защите; проведение профилактических противопожарных мероприятий и подготовка к безаварийной остановке производства;

2.2) мероприятия при возникновении крупных производственных аварий, катастроф и стихийных бедствий (чрезвычайный режим). Этот подраздел должен включать в себя следующее: порядок оповещения органов управления, руководящего состава, работников и населения, проживающего на прилегающей к объекту территории о возникновении ЧС; организация разведки в зоне ЧС и прогнозирование обстановки; приведение в готовность и развертывание сил и средств объекта, привлекаемых к АС и ДНР, их состав, сроки готовности и предназначение, организация работ; защита работников; защита сельскохозяйственных животных, продукции животноводства и растениеводства (и другие мероприятия, их объемы, сроки, порядок осуществления и привлекаемые силы и средства);

2.3) обеспечение действий сил и средств объекта, привлекаемых для проведения АС и ДНР, а также для осуществления мероприятий по защите работников объекта, сельскохозяйственных животных, продукции животноводства и растениеводства, материальных ценностей. В этом подразделе указываются: мероприятия по всестороннему обеспечению лиц, привлекаемых для проведения АС и ДНР;

2.4) проведение АС и ДНР по устранению непосредственной опасности для жизни и здоровья людей, восстановлению жизнеобеспечения работников объекта. В подразделе предусматривается, какие силы привлекаются для проведения АС и ДНР, восстановления жизнеобеспечения помимо объектовых формирований, кто отвечает за приведение их в готовность;

2.5) взаимодействие с органами военного командования;

2.6) управление проводимыми мероприятиями и действиями в ЧС. Определяется порядок занятия комиссией по ЧС пункта управления, организация доведения информации до органов управления ГО и ЧС города (района). Доведение обстановки до работников и определение порядка их действий и правил поведения в очаге ЧС, организация свя-

зи со своими формированиями, а также с прибывшими с других объектов.

Защита от глобальных опасностей. Защита человека и природы от глобального негативного воздействия техносферы носит во многом правовой характер. Она основана, прежде всего, на принятии различных международных соглашений, протоколов и конвенций, направленных на регламентацию деятельности мирового содружества по снижению негативного влияния техносферы на природу и человека.

Начиная с 1970-х гг. в мире развернулось движение, направленное на решение проблем защиты (охраны) окружающей среды.

К основным проблемам глобального воздействия техносферы на ОС относят:

- перенос загрязнений атмосферного воздуха на большие расстояния;
- закисление окружающей среды, обусловленное кислотными осадками;
- парниковый эффект и потепление климата;
- разрушение озонового слоя;
- воздействие тропосферного озона;
- радиоактивное загрязнение атмосферы, гидросферы и литосферы;
- загрязнение околоземного космического пространства.

Перенос загрязнений на большие расстояния. Многие загрязняющие вещества (аэрозоли, оксиды серы, ДДТ и др.) могут переноситься в атмосфере на значительные расстояния.

После чернобыльской катастрофы, показавшей практическую необходимость использования прогностических методов, которые учитывают процессы переноса, миграции и накопления загрязняющих веществ в континентальном и глобальном масштабах, в исследованиях по этой проблематике участвуют МАГАТЭ и Европейская экономическая комиссия (ЕЭК) ООН. Для оценки таких событий используются математические модели переноса, трансформации, циркуляции потенциально опасных веществ в атмосфере и их последующего выпадения на поверхность Земли.

С целью наведения международного порядка в 1979 г. под эгидой ЕЭК разработана и принята *Конвенция «О трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния»*. Конвенция имеет чрезвычайное значение для улучшения экологической обстановки на европейском континенте.

Кислотные дожди. Большое внимание уделяется сокращению выбросов соединений серы как мере борьбы с подкислением природной среды. В 1985 г. подписан *Протокол по сокращению выбросов соединений серы или их трансграничных потоков*. Обязательства России по этому документу должны были быть выполнены к 1993 г. Россия выполнила их досрочно к 1989 г. благодаря переводу топливно-энергетического комплекса на природный газ.

В 1994 г. Россия подписала еще один Протокол относительно дальнейшего сокращения выбросов серы. Обязательства по этому Протоколу предусматривали уменьшение выбросов серы на европейской территории России на 38% к 2000 г. и на 40% — в период к 2005–2010 гг. по отношению к уровню 1980 г. Эти обязательства также были фактически выполнены раньше, чем планировалось.

В 1988 г. был подписан *Протокол об ограничении выбросов оксидов азота или их трансграничных потоков*. Согласно Протоколу не позднее 31 декабря 1994 г. они не должны были превышать уровень годовых национальных выбросов за 1987 г. Это обязательство также выполнено Россией досрочно — к 1991 г. за счет спада производства.

Парниковый эффект. Важной вехой в мировой экологической политике, направленной на стабилизацию выбросов парниковых газов, была третья сессия Конференции сторон — участников рамочной конвенции по изменению климата ООН в Киото (Япония) в 1997 г. Протокол, подписанный в Киото (Киотский протокол), явился, несомненно, событием в мировой экологической политике. Основные предпосылки и позиции Протокола сводятся к следующему.

Поскольку использование невозобновляемых ресурсов, которые являются ограниченными, растет экспоненциально, так же как и население Земли, их применение должно находиться в состоянии равновесия с возможностями воспроизводства и переработки отходов экосистем. Для большинства малых газовых составляющих в атмосфере возможность переработки уже сейчас меньше желаемой, что подтверждается ростом концентраций долгоживущих парниковых газов. Отсюда вытекает центральная задача — снижение общих выбросов долгоживущих парниковых газов индустриально развитыми странами.

Согласно протоколу развитые страны и страны с переходной экономикой (включая Россию), подписавшие Про-

токол, должны в целом к 2008—2012 гг. сократить выбросы парниковых газов не менее чем на 5% от уровня 1990 г. Для достижения указанного снижения суммарного уровня парниковых газов необходимо, чтобы в среднем за период 2008—2012 гг. уровень выбросов в США был снижен на 7%, в Японии — на 6%, в странах Европейского союза — на 8% ниже уровня 1990 г. Поскольку у России разрешенный уровень выбросов парниковых газов на период 2008—2012 гг. установлен в 100% от уровня 1990 г., то от нее не требуется снижать выбросы в указанный период, но мы и не имеем права их превысить. В настоящее время выбросы России почти на 25% ниже уровня 1990 г. (Россия ратифицировала Киотский протокол в 2004 г.). К сожалению, такая индустриально развитая страна, как США, Киотский протокол подписала, но не ратифицировала.

На встрече лидеров «большой восьмерки» в Италии в июле 2009 г. было принято решение о сокращении к 2050 г. выбросов CO_2 на 50%, а в ведущих странах до 80% (Россия по экономическим соображениям не подписала итоговый протокол).

Однако существует и иная точка зрения на причину роста температуры воздуха на нашей планете. Ряд ученых считают, что он обусловлен изменением солнечной активности, вследствие чего и наблюдается повышенное поступление CO_2 в атмосферу из биоты (моря, океаны, растительность). При такой трактовке процесса роста поступлений CO_2 в атмосферу Земли учение о техногенном влиянии на климат через парниковый эффект становится неочевидным. Эта позиция во многом подтверждается сравнением масс CO_2 , поступающего в атмосферу: техногенные поступления по массе значительно уступают естественным.

С учетом вышесказанного становится понятно, почему Международная конференция по проблеме климата, состоявшаяся в Копенгагене (Дания) в декабре 2009 г, не пришла к согласованному мнению по вопросу влияния на климат парникового эффекта техногенного происхождения.

В декабре 2011 г. в ЮАР вновь обсуждался Киотский протокол, Канада отказалась подписать итоговый документ, а США, Китай и Индия высказались против таких протоколов в будущем из-за необходимости развития своей промышленности.

Проблема озонового слоя. В 1985 г. в Вене была принята Конвенция об охране озонового слоя, а в 1987 г. в Монреале подписан международный Протокол о сокращении выбросов

озоноразрушающих веществ. Протокол предусматривал сокращение выбросов фреонов: на 20% — в 1993 г. и еще на 30% — к 1998 г. Данные мониторинга показывают, что, несмотря на ограничительные меры, принятые мировым сообществом в рамках Венской конвенции и Монреальского протокола, озоновый слой продолжает истощаться с более высокой интенсивностью, чем предполагалось: в пределах 0,5—0,7% в год от общего содержания. В отдельных районах количество озона в стратосфере сократилось в еще большей степени; в частности, в Антарктиде за период 1979—1992 гг. — примерно на 50% (1% уменьшения приводит к увеличению интенсивности ультрафиолетового излучения у поверхности Земли на 1,5%).

Аномалии озона, как по уровню его дефицита, так и по размерам затронутой территории, наблюдались в России в 1995 и в 1998 гг. По данным Росгидромета, в феврале 1995 г. над всем Северным полушарием, а особенно над рядом районов Восточной Сибири, вплоть до Урала, зарегистрировано рекордное уменьшение концентрации озона — до 40%, сохранявшееся в течение 25 суток. К середине марта в отдельных районах оно достигло 50%. По сравнению с началом десятилетия произошло смещение районов наибольшего дефицита озона из западных областей в Сибирь и Якутию.

Размер «озоновой дыры» над Южным полушарием в 1995 г. составил 10 млн км², что по площади равно Европе и в два раза больше той же «дыры» в 1993—1994 гг. В 1998 г. уменьшение концентрации озона над Антарктидой оказалось рекордным; весной площадь озоновой дыры превышала 10 млн км², а осенью — 25 млн км². Модельные оценки показывают, что снижения содержания «хлорина», приводящего к разрушению озонового слоя, можно ожидать лишь в следующем десятилетии.

Фреоновая гипотеза разрушения озонового слоя является доминирующей, однако ряд исследователей придерживаются иной теории происхождения «озоновых дыр». Суть этой теории состоит в следующем: в ядре Земли растворено огромное количество водорода, который непрерывно прорывается из недр через рифтовые разломы (рифты) и поступает в атмосферу. В верхних слоях атмосферы водород, а также поступающие через рифты метан и соединения азота взаимодействуют с озоном, образуя зоны его пониженной концентрации — «озоновые дыры». Если эта теория верна, то техногенные фреоны малоопасны для озонового слоя,

а усилия и затраты на создание новой техники и заменителей фреонов — бессмысленны.

Проблема тропосферного озона. Тропосферный озон долгое время не привлекал к себе пристального внимания. Интенсивные исследования начались в 1970-е гг., но лишь в конце 1980-х гг. она получила высокий приоритет. В этот период стало ясно, что для концентрации приземного озона характерна тенденция к росту. В начале XX в., по данным систематических озонметрических наблюдений, проведенных во Франции, она составляла 20 мкг/м³, а в 1980-х гг. в наименее загрязненных районах Западной Европы — уже 40—90 мкг/м³. Тенденцию к увеличению концентраций приземного озона объясняют антропогенными причинами — развитием теплоэнергетики, транспорта, химической промышленности и т.д., вызывающими рост эмиссии в атмосферу некоторых химических предшественников озона, в основном оксидов азота, соединений метана, оксида углерода, летучих органических соединений.

Повышенные концентрации озона могут негативно влиять на здоровье человека (табл. 3.12). Сравнение с негативным влиянием диоксида серы на растения показало, что влияние фотооксидантов значительно более существенно и, по мнению специалистов, является континентальной проблемой для Европы.

Радиоактивное загрязнение земного и околоземного пространства. Главными источниками глобального радиоактивного загрязнения являются испытания ядерного оружия, аварии на атомных электростанциях и на предприятиях, а также радиоактивные отходы. Естественная радиоактивность, включая радон, также вносит вклад в уровень радиоактивного загрязнения.

Таблица 3.12

**Воздействие фотохимических оксидантов (O₃ и др.)
на человека и растительность**

| Концентрация оксидантов, мкг/м ³ | Экспозиция, ч | Эффект воздействия |
|---|---------------|--------------------------------------|
| 100 | 4 | Повреждение растительности |
| 200 | — | Раздражение глаз |
| 250 | 24 | Обострение респираторных заболеваний |
| 600 | 1 | Ухудшение спортивных показателей |

Начало атомной эры человечества связывают с испытаниями ядерного оружия в США и СССР, которые впервые были проведены во второй половине XX в. (табл. 3.13).

В 1960-х гг. в атмосферу Земли поступило большое количество радионуклидов, которые затем через пищу попадали в организмы людей. После заключения в 1963 г. *Соглашения о запрещении испытаний ядерного оружия* в трех средах (в атмосфере, космическом пространстве и под водой) концентрация радиоактивных веществ в пище стала быстро снижаться.

Новым явлением, атрибутом XX в., стали аварии на атомных электростанциях. Первые аварии на АЭС и атомных предприятиях произошли в 1957 г.: в Уиндскейле (Великобритания) и на Южном Урале (предприятие «Маяк», СССР). В 1967 г. снова случилась авария на предприятии «Маяк», а в 1983 г., авария на атомной станции в Три-Майл-Айленде (США). Крупнейшей аварией XX столетия считают Чернобыльскую (1986 г.). Она не только привела к радиоактивному загрязнению огромных территорий, облучению многих миллионов людей, но и нанесла огромный моральный вред обществу, которое потеряло веру в надежность атомной энергетики в целом. В XXI в. крупная авария, по масштабам сравнимая с чернобыльской, произошла в Фукусиме (Япония).

Загрязнение мусором околоземного космического пространства (ОКП). К настоящему времени бесконтрольное исполь-

Таблица 3.13

Ядерные взрывы, произведенные в СССР и США

| Тип взрыва | Среда, подвергшаяся загрязнению | Количество взрывов | |
|------------------------------|---|--------------------|--------------------|
| | | СССР | США |
| Наземный | Тропосфера, земная поверхность | 32 | 84 (+36 на баржах) |
| Воздушный | Стратосфера, тропосфера, земная поверхность | 177 | 78 |
| Высотный, космический | Стратосфера, околоземное космическое пространство | 5 | 12 |
| Подводный | Водная масса | 5 | 5 |
| Наземный (с выбросом грунта) | Литосфера, тропосфера, земная поверхность | 5 | 9 |
| Подземный глубокий | Литосфера | 491 | 806 |

зование ОКП привело к его загрязнению огромным количеством мусора, состоящего из используемых технических средств. Опасность этого мусора уже начали осознавать специалисты в области космических аппаратов, поскольку столкновение с ним в космосе стало реальной угрозой. Фрагменты космического мусора накапливаются на высотах более 400 км; они занесены в соответствующий каталог и за ними ведется постоянное слежение. Сейчас в ОКП находится (по данным из разных источников) от 6 до 8 тыс. каталогизированных объектов искусственного происхождения размером более 10 см, наблюдаемых с Земли.

Более половины каталогизированных объектов в ОКП являются следствием взрывов космических аппаратов и ступеней ракет-носителей. Существует, однако, большое количество мелких осколков, поток которых на много порядков превышает поток естественных метеорных тел. Это десятки тысяч фрагментов размером менее 10 см и сотни тысяч более мелких (менее 1 см) осколков «космического мусора». Согласно прогнозам, при нынешних темпах загрязнения суммарное количество твердых частиц размером более 1 см вырастет за 100 лет более чем в два раза.

Обломки крупных космических объектов (орбитальная станция «Мир») после истечения срока эксплуатации или в результате аварий (космический аппарат «Фобос-Грунт») могут достигать земной поверхности.

Знание свойств ОКП необходимо для обеспечения надежной работы космических систем и безопасности космонавтов.

Выделяют следующие виды воздействия человека на ОКП:

- выброс химических веществ в результате работы ракетных двигателей;
- загрязнение твердыми фрагментами, космическим мусором (отработавшими спутниками, элементами стыковочных узлов, разгонными блоками и т.п.);
- проникновение загрязняющих веществ из приземной атмосферы;
- радиоактивное загрязнение и жесткое излучение от ядерных энергетических установок, используемых на космических аппаратах.

Наиболее опасным с точки зрения изменения свойств ОКП считают выброс химических веществ. Специалисты считают, что сохранение ОКП как внешней защитной оболочки Земли возможно только при ограничении числа пус-

ков и принципиального изменения технических средств и методов выведений космических аппаратов на орбиту.

В число мер по снижению техногенного воздействия на ОКП входят:

- полный отказ от санкционированного подрыва отработавших космических аппаратов на орбите;
- оптимизация схем выведения на орбиту космических аппаратов с использованием промежуточных орбит, снижающих негативные последствия запуска;
- повышение сроков активного существования и точности стабилизации космических аппаратов;
- перевод отработавших космических аппаратов на орбиты «захоронения», расположенные выше области геостационара и др.

Есть основания считать, что в противном случае ОКП может оказаться полностью замусоренным.

3.5. Минимизация антропогенно–техногенных опасностей

При анализе воздействий потоков, создаваемых человеком как личностью, следует иметь в виду, что негативное влияние собственно человека на природу и общество ограничено потреблением природных ресурсов, его незначительной физической силой и естественными отходами. Даже в условиях демографического взрыва это влияние не представляет пока серьезной угрозы для человечества и природы нашей планеты.

Однако антропогенное негативное воздействие, возникающее из-за вероятных ошибочных действий операторов технических систем или из-за преднамеренных отрицательных действий человека, обычно многократно усиливается компонентами техносферы, что и приводит к серьезным авариям и катастрофам (авария на ЧАЭС, разлив нефти в Мексиканском заливе и т.п.).

Более заметна и достаточно негативна антропогенная деятельность при обращении с огнем и химическими веществами, бытовыми отходами. Место возникновения и время реализации антропогенных и антропогенно-техногенных опасностей, как правило, предопределить довольно трудно. Очевидно только одно: там, где есть человек, всегда может возникнуть опасная ситуация.

Минимально опасное взаимодействие человека с техникой достигается как за счет совершенствования техники, так

и за счет учета антропометрических особенностей человека, сохранения его работоспособности правильным выбором режимов труда и отдыха; обучения и профессионального отбора.

Подготовка работающих. В соответствии с законодательством Российской Федерации работодатель обязан обеспечить инструктаж, обучение и проверку знаний работником норм, правил и инструкции по охране труда. Предусмотрено проведение пяти видов инструктажа.

При поступлении на работу отдел охраны труда проводит *вводный инструктаж*.

Перед первичным допуском к работе все принятые (в том числе учащиеся, проходящие производственную практику) непосредственно на рабочем месте проходят *первичный инструктаж* по охране труда. Рабочие допускаются к самостоятельной работе только после проверки теоретических знаний и приобретенных навыков безопасных способов работы.

После начала самостоятельной работы все работники не реже чем раз в полгода проходят *повторный инструктаж*.

Внеплановый инструктаж проводят в следующих случаях:

1) при введении в действие новых или переработанных стандартов, правил;

2) инструкций по охране труда, а также изменений к ним;

3) при изменении технологического процесса, замене или модернизации оборудования, приспособлений и инструмента, исходного сырья, материалов и других факторов, влияющих на безопасность труда;

4) при нарушении работающими или учащимися требований безопасности труда, которые могут привести или привели к травме, аварии, взрыву или пожару, отравлению;

5) по требованию органов надзора;

6) при перерывах в работе — для работ, к которым предъявляют дополнительные (повышенные) требования безопасности труда более чем на 30 календарных дней, а для остальных работ — 60 дней.

Целевой инструктаж проводят при выполнении разовых работ, не связанных с прямыми обязанностями по специальности (погрузка, выгрузка, уборка территории, разовых работы вне предприятия, цеха и т.п.); при ликвидации последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий; при производстве работ, на которые оформляются наряд-допуск, разрешение и другие документы; при проведении экскурсий на пред-

приятии, организации массовых мероприятий с учащимися (экскурсии, походы, спортивные соревнования и др.).

Минимизация антропогенно-техногенных опасностей достигается, если на объектах экономики используется только квалифицированный персонал. С этой целью на предприятиях создается специальная система обучения работников. Обучению и проверке знаний подлежат:

- руководители и специалисты предприятий, а также лица, занимающиеся предпринимательской деятельностью, связанные с организацией, руководством и проведением работы непосредственно на рабочих местах и производственных участках с осуществлением надзора и технического контроля за проведением работ (например, на основании действующего правового акта Ростехнадзора России введено обязательное обучение руководителей и специалистов в области обеспечения экологической безопасности);
- инженеры и педагогические работники профессиональных образовательных учреждений.

Дополнительные требования к обеспечению безопасности отдельными нормативно-правовыми актами по охране труда предусмотрены для работ, к которым предъявляются повышенные требования безопасности и установлен особый порядок допуска работников к их выполнению. К таким работам относятся: эксплуатация и ремонт электроустановок, котлов, сосудов, работающих под давлением, обслуживание газового хозяйства, грузоподъемных машин и лифтов, выполнение верхолазных, электрогазосварочных, погрузочно-разгрузочных операций, деятельность, связанная с применением радиоактивных веществ, взрывчатых материалов, пиротехнических средств.

Работники, которые допускаются к работам повышенной опасности, должны проходить предварительный и периодический медицинские осмотры в медицинском учреждении.

Профессиональный отбор операторов во многом связан с оценкой их профессиональной совместимости с технической системой. К операторам технических систем предъявляются особые требования.

Критерием быстрой реакции оператора является время решения задачи, т.е. время от момента поступления сигнала до момента окончания управляющих воздействий. Обычно это время $t_{\text{он}}$ прямо пропорционально количеству перерабатываемой человеком информации:

$$t_{\text{он}} = a + bN,$$

где a — скрытое время реакции, т.е. промежуток времени от момента появления сигнала до реакции на него оператора (обычно $a = 0,2–0,6$ с); b — время переработки единицы информации ($b = 0,15–0,35$ с); N — количество перерабатываемой информации, ед.

Средняя скорость переработки единицы информации характеризует быстроту действий оператора и зависит от его психологических особенностей, типа задач, технических и эргономических особенностей систем управления. Обычно пропускная способность оператора составляет две — четыре единицы информации в секунду.

Надежность оператора определяет его способность выполнять в полном объеме возложенные на него функции при определенных условиях работы. Надежность деятельности оператора характеризуют его безошибочность, готовность, восстанавливаемость, своевременность и точность.

Безошибочность оценивается вероятностью безошибочной работы, которая определяется как на уровне отдельной операции, так и в целом на уровне всего объема работы. Вероятность P безошибочного выполнения операций применительно в фазе устойчивой работы определяется на основе статистических данных по формуле

$$P_j = (N_j - C_{отj})N_j,$$

где N_j — общее число выполняемых операций; $C_{отj}$ — число допущенных при этом ошибок. Обычно $P = 0,9–0,995$.

Коэффициент готовности характеризует вероятность включения человека-оператора в работу в любой произвольный момент времени:

$$K_{он} = 1 - (t_0/t),$$

где t_0 — время, в течение которого человек не может принять поступившую к нему информацию; t — общее время работы человека-оператора.

Восстанавливаемость оператора оценивается вероятностью исправлений им допущенной ошибки:

$$P_{в} = P_{к}P_{обн}P_{н},$$

где $P_{к}$ — вероятность выдачи сигнала контрольной системой; $P_{обн}$ — вероятность обнаружения сигнала оператором; $P_{н}$ — вероятность исправления ошибочных действий при повторном выполнении всей операции. Этот показатель позволяет оценить возможность самоконтроля оператором своих действий и исправления допущенных ошибок.

Своевременность действий оператора оценивается вероятностью выполнения задачи в течение заданного времени. Эта вероятность может быть определена по статистическим данным как

$$P_{\text{св}} = (N - N_{\text{нс}})/N,$$

где N и $N_{\text{нс}}$ — общее и несвоевременно выполненное число задач.

Точность — степень отклонения измеряемого оператором количественного параметра системы от его истинного значения. Количественно точность оценивается погрешностью, с которой оператор измеряет, оценивает, устанавливает или регулирует данный параметр:

$$A = A_{\text{н}} + A_{\text{оп}},$$

где $A_{\text{н}}$ — истинное или номинальное значение параметра; $A_{\text{оп}}$ — фактическое измеряемое или регулируемое оператором значение этого параметра.

Значение показателей, превысившее допустимые пределы, является ошибкой, что следует учитывать при оценке надежности оператора.

Профессиональный отбор работающих по отдельным специальностям (шоферы, лица, работающие на высоте, операторы и др.) предусматривает установление их физической и психофизиологической пригодности к безопасному выполнению работ. Особое внимание при этом уделяется учету физических возможностей, антропометрических данных (рост, длина рук и т. п.), психофизиологических данных (темперамент, способность к концентрации внимания, к восприятию большого объема информации, реакция на внешнее воздействие психологическая устойчивость и т.п.)

Профессиональный психологический отбор работников ставит задачу выявить людей, у которых процесс обучения дает максимальный эффект при минимальном времени обучения. Профессиональная пригодность определяется положительной мотивацией к данной специальности; высоким порогом ощущения опасности; быстротой реакции на экстремальную ситуацию, хорошим глазомером, устойчивостью, концентрацией и распределением внимания; нормальным состоянием двигательного аппарата, высокой пропускной способностью анализаторов и т.д.

Операторы и диспетчеры сложных систем управления проходят тестирование на определение общего и структурно-логического объема памяти, способности к concentra-

ции внимания как одномоментно, так и в течение рабочего дня, в том числе при наличии разного рода неблагоприятных воздействий (звуковых, световых), способности к переключению внимания. Кроме того, применительно к ним проводят оценку избирательности внимания, выявления склонности к принятию решений, связанных с риском. Оценка объема памяти ведется по таблицам, содержащим различную визуальную информацию (геометрические фигуры, наборы цифр, тексты), после ознакомления с содержанием которых испытуемый по возможности быстро воспроизводит эту информацию по памяти.

Особое внимание обращается на изучение быстроты реакции испытуемых. Для этой цели разработан рефлексометр РЦП-3, предназначенный для измерения простой и сложной реакции человека на световые и звуковые раздражители. Анализатор сенсомоторной координации АСК-3 позволяет оценивать общее время реагирования и точность реагирования. Измеритель критической частоты световых мельканий ИКЧ-2 позволяет выявлять степень утомляемости (в частности, зрительной) отдельных лиц в процессе труда. Разработаны и тесты на исследование глазомера.

Специфика отдельных технологических процессов предъявляет дополнительные требования в части их психических возможностей, антропометрических данных, состояния здоровья. Соответствие этим требованиям выявляется в рамках медицинских освидетельствований, которые проводят для работающих во вредных условиях труда, а также при работах с повышенной опасностью травмирования. Система медицинских осмотров определена приказами Минздравсоцразвития России. Она предусматривает предварительные, перед поступлением на работу, и периодические, в ее процессе, освидетельствования, цель которых выявить наличие медицинских противопоказаний к этой работе.

Подготовка инженерно-технических работников (ИТР). Для успешной реализации мер по сохранению жизни и здоровья людей, работающих и проживающих в условиях техносферы, значительную, если не сказать определяющую, роль играет уровень знаний каждого человека об опасностях окружающего мира и способах защиты от них.

Ныне действующая система подготовки учащихся средних школ, студентов колледжей и вузов, а также специалистов в области безопасности и защиты окружающей среды создана в России в 1990-е гг. Сегодня она включает изучение

курса «Основы безопасности жизнедеятельности» (ОБЖ) учащимися средней школы и дисциплин «Безопасность жизнедеятельности» и «Экология» студентами, а также подготовку ИТР по направлениям «Безопасность жизнедеятельности» и «Защита окружающей среды». В настоящее время такая подготовка ведется в более чем 200 вузах страны. В вузах педагогического профиля ведут подготовку учителей курса ОБЖ. С сентября 2011 г. вузы РФ начали подготовку бакалавров и магистров по укрупненному направлению «Техносферная безопасность». В рамках нового ФГОС ВПО по укрупненному направлению «Техносферная безопасность» заявлены следующие профили подготовки бакалавров: безопасность жизнедеятельности в техносфере, безопасность технологических процессов и производств, защита в чрезвычайных ситуациях, пожарная безопасность, инженерная защита окружающей среды, охрана природной среды и ресурсосбережение, управление устойчивым развитием.

Подготовка научных работников. Научные организации и высшие учебные заведения страны постоянно ведут подготовку кандидатов и докторов наук для человеко- и природо-защитной деятельности. В номенклатуре научных специальностей высшей аттестационной комиссии есть две группы: 03.00.15 «Экология» и 05.26.00 «Безопасность деятельности человека».

В период с 2000 по 2006 г. только по группе специальностей 05.26.00 были успешно выполнены, защищены и утверждены ВАК более 120 диссертаций на соискание степени доктора наук.

В настоящее время в России организованы и ведут работу более 60 диссертационных советов по направлению 05.26.00 «Безопасность деятельности человека» и около 30 советов по направлению 03.00.15 «Экология».

Контрольные вопросы

1. Что входит в понятие «безопасность объекта защиты»?
2. Назовите варианты взаимного расположения опасных зон и зон пребывания человека.
3. Дайте определение понятия «защитное зонирование»?
4. Что такое НДТ?
5. Как разделяют ЧС по масштабу распространения?
6. Назовите режимы функционирования РСЧС.
7. По каким критериям ведется профессиональный отбор операторов технических систем?

Глава 4

МОНИТОРИНГ ОПАСНОСТЕЙ

Не надо никогда безвольно ждать,
Где и когда опасность проявится,
Стараться надо нам ее предугадать,
И с ней заранее решительно сразиться.

Ш. Чипашвили

Изучив материалы этой главы, студент должен:

- *знать*: сущность мониторинга опасностей, основные объекты мониторинга опасностей (источники опасностей, население и работающие, окружающая среда), современные действующие системы мониторинга;
 - *уметь* определять необходимые системы мониторинга в рамках определенных ситуаций.
-

4.1. Системы мониторинга

Система наблюдения и оценки состояния опасностей, их влияния на человека и природу весьма многообразна. Она включает:

- объектовый и аэрокосмический мониторинг источников опасностей; контроль безопасности оборудования и продукции, неразрушающий технический контроль, аттестацию рабочих мест;
- мониторинг здоровья работающих и населения (оценка воздействия на человека опасных факторов техносферы, таких как вибрация, шум, ЭМП и ЭМИ, радиация и др.);
- мониторинг окружающей среды (глобальный, государственный, региональный, локальный, фоновый).

Мониторинг источника опасностей. Организация мониторинга источников (МИ) загрязнения на объектах осуществляется с целью получения оперативной и систематической информации о состоянии окружающей среды, а также для обеспечения технологической и экологической безопасности на самих контролируемых объектах. По дан-

ным МИ можно оценивать не только собственно параметры окружающей среды, но и косвенно судить по их характеристикам о работоспособности, а также о характере режима функционирования («штатный» или аварийный) технологического оборудования на объекте, являющегося главным источником опасности для его персонала и проживающего вокруг населения.

В ГОСТ Р 14.13—2007 особо отмечается, что проведение хозяйствующим субъектом производственного экологического контроля является основой обеспечения экологической безопасности и общим условием комплексного природопользования, несоблюдение которого влечет за собой ответственность в соответствии с законодательством. Указанный контроль должен проводиться самостоятельно субъектами, осуществляющими хозяйственную деятельность, оказывающую негативное воздействие на окружающую среду. При необходимости могут быть привлечены организации, имеющие право проводить экологический контроль. В обоих случаях производственный экологический контроль осуществляется хозяйствующим субъектом за счет собственных средств и иных источников финансирования.

Субъекты в целях организации и осуществления производственного экологического контроля должны разработать, согласовать со специально уполномоченным государственным органом в области охраны окружающей среды и утвердить в установленном порядке инструкцию по осуществлению производственного контроля в области охраны окружающей среды. Руководитель объекта хозяйственной деятельности должен назначить должностное лицо, ответственное за проведение производственного экологического контроля, а при необходимости создать подразделение, которое будет проводить производственный экологический контроль. Отсутствие у хозяйствующего субъекта подразделения, соответствующего указанным целям, не освобождает его от обязанности проведения производственного экологического контроля.

Мониторинг выбросов промышленных предприятий и транспортных средств сводится к определению их фактической величины и сопоставлению ее с величиной ПДВ. Применительно к промышленным предприятиям правила установления ПДВ определены ГОСТ 17.2.3.02—78. Контролю подлежат выбросы, поступающие от дымовых труб, вытяжных систем плавильных и разливающих агрегатов, су-

шильных установок, нагревательных и электротермических печей кузнечно-прессовых и термических цехов, шихтовых дворов, участков очистки и обрубки отливок, участков приготовления формовочных и стержневых смесей, цехов механической обработки материалов, сварочных постов и оборудования для резки металлов и сплавов, отделений для нанесения химических, электрохимических и лакокрасочных покрытий и др.

Организация МИ наиболее наглядно может быть показана на примерах опасных производственных объектов (ОПО).

Категория опасности предприятия (КОП) имеет первостепенное значение для организации мониторинга источников загрязнения и во многом определяет его задачи.

Рекомендации по делению промышленных предприятий на категории опасности в зависимости от масс и видового состава выбрасываемых загрязняющих веществ предписывают оценивать КОП по соотношению

$$\text{КОП} = \sum_{i=1}^n (M_i/\text{ПДК}_i)^{a_i},$$

где M — масса выбросов i -го вещества (т/год); ПДК — среднесуточная ПДК i -го вещества ($\text{мг}/\text{м}^3$) в воздухе населенных мест; n — количество загрязняющих веществ, выбрасываемых предприятием; a_i — коэффициент, учитывающий класс опасности i -го вещества (1-й класс — $a = 1,7$; 2-й класс — $a = 1,3$; 3-й класс — $a = 1,0$; 4-й класс — $a = 0,9$).

При отсутствии официально принятой среднесуточной ПДК для расчетов берут максимально разовую ПДК или соответствующий ориентировочный безопасный уровень вредности (ОБУВ), или уменьшенные в 10 раз ПДК *воздуха* рабочей зоны.

Категория опасности предприятия оценивается суммой категорий опасности загрязняющих веществ. Предприятия при этом делятся на четыре категории опасности:

- особо опасные (1-я категория) — при КОП > 1 000 000;
- опасные (2-я категория) — при КОП от 10 000 до 1 000 000;
- малоопасные (3-я категория) — при КОП от 1000 до 10 000;
- практически безопасные (4-я категория) — при КОП < 1000.

Предприятия 1-й категории опасности относительно малочисленны. Но они имеют высокие значения массы выбро-

сов и (или) выбросы загрязняющих веществ 1-го класса опасности. К ним в первую очередь относят объекты, связанные с производством, хранением, переработкой и уничтожением АХОВ, высокотоксичных промышленных отходов и отравляющих веществ.

Для повышения надежности система мониторинга ОПО обычно дублируется на две подсистемы:

- 1) автоматических приборов контроля загрязняющих веществ;
- 2) пробоотбора и лабораторного анализа проб, взятых вблизи источника загрязнения.

Обе подсистемы работают во взаимодействии, дополняя друг друга и увеличивая эффективность и надежность всей системы в целом.

Характерной особенностью мониторинга источников загрязнения на особо опасном объекте является сочетание двух одновременно решаемых задач: обеспечение безопасности персонала и окружающей среды.

На рис. 4.1 приведена схема мониторинга ОПО по уничтожению отравляющего вещества. Капсула с ОВ окружается герметичным или полугерметичным вентилируемым и контролируемым защитным боксом, находящимся в также полугерметичном вентилируемом и контролируемом рабочем помещении, расположенном на охраняемой и контролируемой рабочей территории (промплощадке), вокруг которой создается контролируемая санитарно-защитная зона (СЗЗ).

Мониторинг источников имеет широкое распространение, поскольку Ростехнадзором России в Едином государственном реестре ОПО зарегистрировано свыше 233 000 опасных производственных объектов, 29 000 гидротехнических сооружений, 40 000 — АЗС, в том числе около 8000 взрывоопасных и пожароопасных объектов, 150 000 км магистральных газопроводов, 62 000 км нефтепроводов, 25 000 км продуктопроводов, 30 000 водохранилищ, несколько сотен накопителей промышленных стоков и отходов, 60 крупных водохранилищ емкостью более 1 млрд м³.

В отдельных случаях мониторинг источников проводят с применением аэрокосмической техники и методов неразрушающего контроля технических систем.

Аэрокосмический мониторинг. Для мониторинга протяженных объектов (так называемых линейных объектов, у которых размеры по одной координате значительно больше, чем

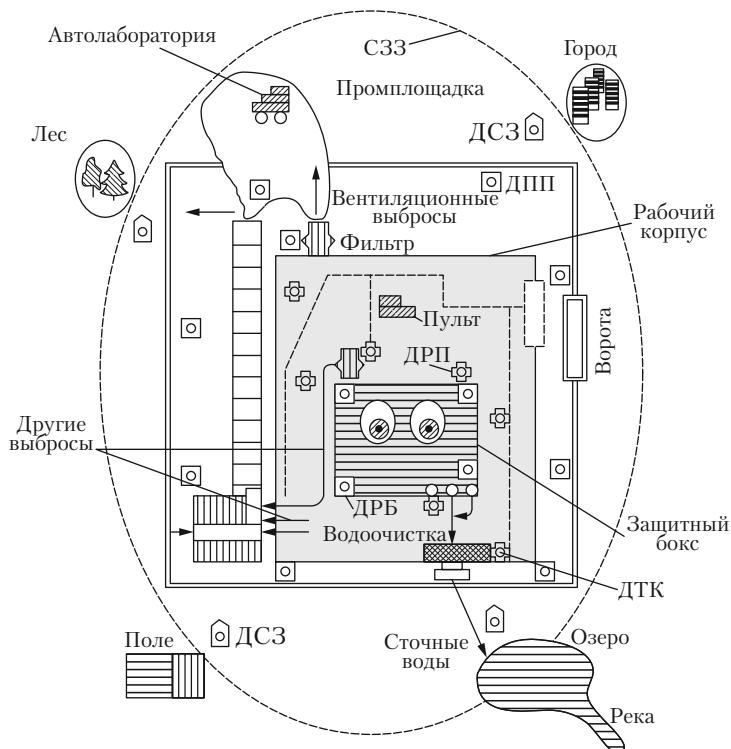


Рис. 4.1. Схема ОПО по уничтожению ОВ:

ДСЗ — датчик санитарно-защитной зоны; ДПП — датчик промплощадки; ДРП — датчик рабочих помещений; ДРБ — датчик рабочих блоков; ДТК — датчик технологических капсул

по другой, — трасс железных и шоссежных дорог, нефте-, газо-проводов) и объектов, занимающих большие площади, применение методов наземного мониторинга требует слишком большого числа участников и аппаратуры, что усложняет систему временной синхронизации измерений и требует больших материальных затрат. Поэтому для проведения мониторинга таких объектов используют систему комплексов дистанционного зондирования. К ним относятся:

- искусственные спутники Земли (ИСЗ);
- высотные самолеты-лаборатории (высоты полетов $H > 1-2$ км);
- низколетающие самолеты-лаборатории ($H > 50-100$ м);
- вертолетные лаборатории.

Для исследования состояния природных ресурсов и решения экологических задач в России и за рубежом используется большое число различных типов самолетов-лабораторий и ИСЗ.

Использование ИСЗ, летающих на высотах 300–600 км, для экологического контроля имеет определенные ограничения из-за наличия облачности над снимаемым районом и узкой полосы съемки с высоким разрешением относительно межвиткового расстояния (~ 150 км). Для большинства ИСЗ проход над одним и тем же районом происходит обычно с двухнедельным периодом, в течение которого могут существенно измениться состояние облачности и наземная ситуация (например, в случае наводнения). Поэтому при проведении дистанционного мониторинга следует опираться на аэромониторинг и привлекать материалы космической съемки, когда она позволяет дополнительно получить необходимую информацию.

Самолетные средства дистанционного зондирования более мобильны по сравнению с ИСЗ. Они также дают больший объем информации и в целом ряде случаев позволяют получить данные с высоким пространственным разрешением. Следует сказать, что аппаратура дистанционного зондирования предназначена в основном для картирования характеристик подстилающей поверхности и редко используется для так называемых трассовых измерений, которые дают информацию о поверхности только по одной координате — вдоль линии полета и в фиксированной полосе сбора информации по другой координате.

По разрешающей способности съемки с ИСЗ приближаются к съемкам с борта высотных самолетов-лабораторий: черно-белые снимки высокого разрешения (2 м) в полосе 18 км, а с разрешением 3–5 м — в полосе 37,5 км (ИСЗ серии «Космос»).

Съемки с вертолетов также имеют свои ограничения из-за сильных колебаний, что не позволяет проводить качественную фотосъемку. Вертолеты используются обычно для проведения телевизионной съемки. Таким образом, дистанционная съемка с борта самолетов-лабораторий является в большинстве случаев основным вариантом для целей мониторинга.

Высотная аэрокосмическая съемка позволяет определить и картировать следующие явления:

- загрязнение нефтепродуктами и некоторыми цветоконтрастными веществами (торф, взвеси почвы и грунта, буро-

вые растворы для нефте- и газодобычи и др.) водных акваторий;

- разлив нефти по поверхности;
- заболевания деревьев в лесах;
- территории лесных пожаров с выделением выгоревших зон и зон горения;
- затопления и подтопления.

Линейные объекты — трассы железных и шоссежных дорог, трассы нефте-, газо- и других продуктопроводов, каналы, ЛЭП требуют систематического наблюдения и контроля для обеспечения их безопасной эксплуатации. Так, например, для контроля трасс нефте- и газопроводов и дорог с целью определения их безопасности и экологических характеристик контроль следует проводить два-три раза в год, в период наиболее сильных деформаций грунта во время весеннего и осеннего оттаивания и замерзания, а также летнего паводка.

Неразрушающий контроль. Для наблюдения за состоянием сложных и энергоемких технических систем (элементы конструкции атомных реакторов, подземные нефте- и газопроводы и т.п.) активно разрабатываются и применяются средства неразрушающей диагностики. Основное преимущество такого метода контроля состоит в возможности выявления дефектов конструкций непосредственно в процессе их эксплуатации и при профилактических осмотрах. Средства и методы неразрушающего контроля весьма эффективны и экономически целесообразны.

Контроль безопасности оборудования и продукции. Для исключения эксплуатации оборудования, не соответствующего требованиям безопасности, производится соответствующая проверка оборудования как перед его первичным задействованием, так и в процессе эксплуатации. Применительно к оборудованию повышенной опасности проводятся специальные освидетельствования и испытания.

При поступлении нового оборудования и машин на предприятие они проходят входную экспертизу на соответствие требованиям безопасности. Она проводится отделом главного механика с привлечением механика того подразделения (цеха), где его планируют использовать. В случае энергетических систем в проверке участвуют также главный энергетик и энергетик указанного выше подразделения. В случае если оборудование не соответствует предъявляемым требованиям, оно не допускается к использованию, при этом составляется рекламация в адрес завода-изготовителя.

Ежегодно отдел главного механика проверяет состояние всего парка станков, машин и агрегатов цеха. Особое внимание уделяется компрессорным устройствам, грузоподъемному оборудованию, лифтам, газопроводам и т.п.

При постановке новой продукции на производство устанавливаются режим, позволяющий обеспечить выполнение всех действующих требований безопасности и экологичности.

Проверка новых технических решений, обеспечивающих достижение новых потребительских свойств продукции, должна осуществляться при лабораторных, стендовых и других исследовательских испытаниях моделей, макетов, натуральных составных частей изделий и экспериментальных образцов продукции в целом в условиях, имитирующих реальные условия эксплуатации.

Опытные образцы (опытную партию) или единичную продукцию (головной образец) подвергают приемочным испытаниям в соответствии с действующими стандартами или типовыми программами и методиками испытаний, относящимся к данному виду продукции. При их отсутствии или недостаточной полноте испытания проводят по программе и методике, подготовленным разработчиком и согласованным с заказчиком или одобренным приемочной комиссией. В приемочных испытаниях вправе принять участие изготовитель и органы, осуществляющие надзор за безопасностью, охраной здоровья и природы, которые должны быть заблаговременно информированы о предстоящих испытаниях.

Оценку выполненной разработки и принятие решения о производстве и (или) применении продукции проводит приемочная комиссия, в состав которой входят представители заказчика (основного потребителя), разработчика, изготовителя. При необходимости к работе комиссии могут быть привлечены эксперты сторонних организаций, а также органы, осуществляющие надзор за безопасностью техники, охраной здоровья и природы.

Контроль безопасности рабочих мест. Одним из методов обеспечения безопасности труда и контроля его условий на промышленном предприятии является *аттестация рабочих мест по условиям труда*. Аттестация рабочих мест проводится в соответствии с приказом Минздравсоцразвития России от 26 апреля 2011 г. № 342н «Об утверждении порядка проведения аттестации рабочих мест по условиям труда» и включает:

- гигиеническую оценку существующих условий и характера труда (на основании Р.2.2.2006—05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда»);
- оценку травмоопасности рабочих мест;
- оценку обеспеченности работников средствами индивидуальной защиты.

При аттестации рабочих мест наряду с оценкой технического уровня оснащения рабочих мест и их организации проводится анализ уровня вредностей на соответствие требованиям безопасности проводимых/технологических процессов, используемого оборудования и средств защиты.

Для офисных работников необходимо соблюдать следующие правила:

- температура воздуха может колебаться от 22—24°С зимой до 23—25°С летом. Если в офисе холоднее или теплее, рабочий день должен быть сокращен;
- в рабочем помещении на одного человека с компьютером должно приходиться 4,5 м²;
- если работник трудится на компьютере со старым (не ЖК) монитором, «его» площадь увеличивается до 6 м²;
- между столами коллег должно быть минимум 2 м с тыльной стороны и 1,2 м — между боковыми поверхностями мониторов.

Результаты обследования условий труда оформляются актами и протоколами. Аттестация проводится специально созданной комиссией, которая оформляет результаты своей работы общим протоколом аттестации рабочих мест по условиям труда, к которому прилагаются все материалы аттестации и план мероприятий по улучшению условий труда.

По результатам проверки заполняют карты аттестации рабочих мест, в которых фиксируются нормативные и фактические значения факторов, характеризующих условия труда, величины отклонения их от норм, наличие тяжелого физического труда, наличие соответствия требованиям безопасности средств коллективной и индивидуальной защиты, соответствие требованиям безопасности оборудования и технологических процессов. Основным выводом по результатам аттестации каждого рабочего места является заключение о том, аттестовано, условно аттестовано или не аттестовано рабочее место на соответствие требованиям безопасности труда. Контроль тяжелых и особо вредных условий труда — одна из важнейших задач администрации.

Итоги аттестации рабочих мест по условиям труда используются для ознакомления работающих с условиями труда, сертификации производственных объектов, подтверждения или отмены права предоставления компенсаций и льгот работникам, занятым на тяжелых работах с вредными и опасными условиями труда, для проведения оздоровительных мероприятий.

В мировой практике для оценки безопасности труда на промышленных объектах ведут учет соотношений *инцидентов различной степени серьезности*, направленный на выявление связей между крупными и мелкими происшествиями и другим опасными событиями. В итоге были сделаны следующие важные выводы:

- в каждом исследовании прослеживается связь между разными типами событий, менее тяжелые происшествия регистрировались гораздо чаще, чем более тяжелые;
- каждый раз была опасность того, что «происшествия без травм» и «опасные ситуации» могли перерасти в более серьезные.

Получено следующее соотношение: на одно тяжелое происшествие (с потерей трудоспособности) приходится 10 происшествий с легкими последствиями (любая травма, не приводящая к потере трудоспособности), 30 случаев нанесения материального ущерба (все типы), 600 происшествий без видимых травм и материального ущерба, т.е. соотношение 1 : 10 : 30 : 600.

Таким образом, предотвращение самых легких происшествий косвенным образом влияет и на количество происшествий с тяжелыми последствиями. Более того, в последнее время в мировой практике принято учитывать и оценивать опасность возникновения аварийной ситуации и регистрировать происшествия, которые произошли, но не привели к аварии, инциденту или несчастному случаю. Регистрация и анализ происшествий, которые в реальности не привели к более тяжелым последствиям, служат основой для снижения аварийности и травматизма.

Мониторинг здоровья работающих и населения. Мониторинг здоровья проводится путем анализа заболеваемости населения различных групп и возрастов в сопоставлении с уровнем загрязнения среды обитания с учетом негативно-го влияния объектов экономики. По этим данным определяется роль загрязнений окружающей среды и факторов производственной среды в ухудшении здоровья населения

и снижении его продолжительности жизни. Материалы мониторинга здоровья населения входят отдельными разделами в годовые отчеты Минздравсоцразвития России и Минприроды России.

Негативное воздействие опасностей на человека в наибольшей степени проявляется в крупных городах и промышленных центрах. *Картографическое описание патологии человека в регионах* — одна из важнейших задач медицины в ближайшем будущем. Данные о характере заболеваний населения будут одним из основных показателей для принятия решений в области безопасности жизнедеятельности.

Для достоверной оценки показателей негативности техносферы необходимо ясно представлять истинное состояние здоровья работающих на промышленном предприятии и различных групп населения города и региона. Оценка состояния здоровья, базирующаяся на данных обращаемости населения в медицинские учреждения, недостоверна и существенно отличается в лучшую сторону от реальной, получаемой при активном выявлении заболеваний. Для иллюстрации сказанного достаточно сопоставить следующие цифры: у нас в стране ежегодно диагностируется около 9000 случаев профессиональных заболеваний, а в США — более 450 000.

Эти данные свидетельствуют о низком уровне профилактических осмотров, проводимых сегодня на промышленных предприятиях. Что касается регулярных профилактических осмотров городского населения, то на сегодня они практически отсутствуют. Возможно ситуацию несколько улучшат создаваемые с 2009 г. по всей России Центры здоровья, где любой гражданин может пройти полноценное обследование и получить рекомендации врачей по здоровому образу жизни. К настоящему моменту открыто более 500 таких центров.

При проведении мониторинга здоровья населения используется диагностика снижения функций человека под влиянием отдельных опасностей. Так, например, оценка состояния слуховой функции базируется на количественном определении потерь слуха и производится по показателям аудиометрического исследования. Основным методом исследования слуха является тональная аудиометрия. При оценке слуховой функции определяющими приняты средние показатели порогов слуха в области восприятия речевых частот (500, 1000, 2000 Гц), а также потеря слухового восприятия

в области 4000 Гц (рис. 4.2). Критерием профессионального снижения слуха принят показатель средней арифметической величины снижения слуха в речевом диапазоне, равный 11 дБ и более.

Измеряя снижение чувствительности рук к механическим колебаниям, можно определить степень опасности воздействия локальных вибраций. Для оценки влияния вибраций обычно применяют датчики виброускорений — акселерометры, установленные на виброактивных поверхностях (рукоятки ручных машин, сиденья водителей средств транспорта и т.п.).

С 1 июня 2008 г. введен в действие ГОСТ 31192.1—2004. Стандарт устанавливает общие требования по измерению и представлению результатов измерений локальной вибрации в трех направлениях. Получаемые оценки могут быть использованы для предсказания негативных эффектов воздействия локальной вибрации в диапазоне частот 5,6—1400 Гц. Расположение ладоней кистей рук на вибрирующих поверхностях показано на рис. 4.3.

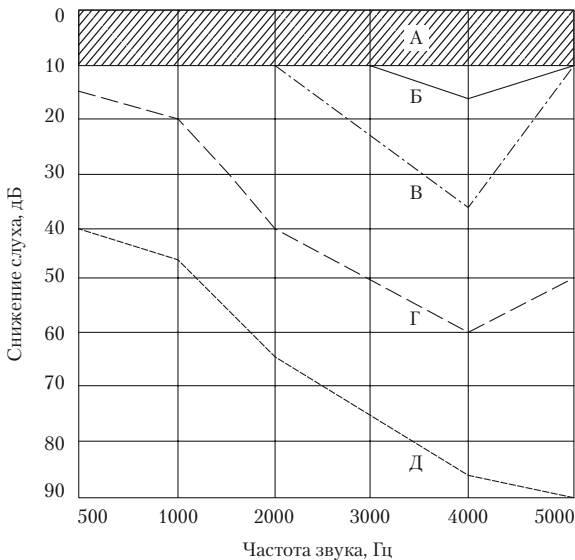


Рис. 4.2. Аудиограммы, отражающие различные степени потери слуха, вызванной шумом:

А — нормальный хороший слух; Б и В — ранние этапы ослабления слуха от воздействия шума; Г — значительные изменения слуха; Д — потеря слуха, вызванная длительным воздействием шума

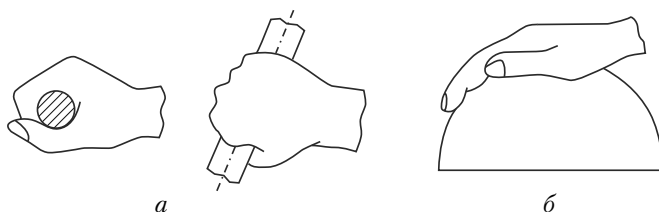


Рис. 4.3. Схемы расположения ладоней:

а – положение «сжатая ладонь» (кисть обхватывает цилиндрическую рукоятку); *б* – положение «плоская ладонь» (кисть нажимает на сферическую поверхность)

Негативное влияние трудовой деятельности административно-управленческого аппарата оценивается по напряженности его труда (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Оценка напряженности труда работников административно-управленческого аппарата

| Показатель | Балл |
|--|------|
| <i>Степень ответственности в работе:</i> | |
| ответственность за выполнение собственных функциональных обязанностей | 1 |
| ответственность за выполнение работы небольшой группы лиц (до 5 человек) | 2 |
| организационное и (или) техническое руководство деятельностью подразделения (отдел, сектор, лаборатория) | 3 |
| организационное руководство основными направлениями деятельности коллектива, отрасли. Разработка долгосрочных планов, прогнозов, программ, концепций в масштабах отрасли | 4 |
| <i>Необходимость принятия решений:</i> | |
| решение простых вопросов по четкой инструкции | 1 |
| решение сложных вопросов по серии инструкций, пособий и т.п. | 2–3 |
| эвристическая (творческая) деятельность в редко повторяющихся ситуациях | 4 |
| <i>Степень загрузки:</i> | |
| недогружен периодически | 1 |
| загружен полностью | 2 |
| перегружен периодически | 3 |
| перегружен постоянно | 4 |

Окончание табл. 4.1

| Показатель | Балл |
|---|------|
| <i>Сверхурочная работа:</i> | |
| отсутствует | 1 |
| <i>Степень ответственности в работе:</i> | |
| реже одного раза в неделю | 2 |
| один-два раза в неделю | 3 |
| ежедневно | 4 |
| <i>Ритмичность загрузки:</i> | |
| равномерная загрузка | 1 |
| бывает неритмичная в течение дня, недели, месяца, года | 2 |
| систематическая неритмичная работа | 3 |
| <i>Дефицит времени:</i> | |
| работа по индивидуальному графику | 1 |
| работа по точному графику с возможностью корректировки по ходу деятельности | 2 |
| работа периодически в условиях дефицита времени | 3 |
| работа в условиях постоянного дефицита времени и недостаточной информации для принятия срочного решения | 4 |
| <i>Организация труда:</i> | |
| характер и организация труда соответствуют должностным обязанностям | 1 |
| периодически (не полностью) не соответствует | 2 |
| не соответствует | 3 |
| <i>Частота стрессовых ситуаций:</i> | |
| отсутствует | 1 |
| реже одного раза в неделю | 2 |
| один-два раза в неделю | 3 |
| ежедневно | 4 |
| <i>Длительность стрессовых ситуаций:</i> | |
| до 10 мин | 1 |
| до 30 мин | 2 |
| свыше 30 мин | 3 |
| <i>Дефицит двигательной активности на работе (неподвижная работа):</i> | |
| до 5 ч | 1 |
| 6 ч | 2 |
| 7 ч | 3 |
| 8 ч | 4 |

Определение категории напряженности труда производится после расчета суммарного показателя по всем критериям в баллах. Если сумма баллов не превышает 16, работу следует относить к первой категории — мало напряженный труд, если она составляет 17–22 балла — ко второй категории — напряженный труд и 22 балла и выше — к третьей категории — очень напряженный труд.

Значительные профессиональные нагрузки работников аппарата приводят к повышению рабочего напряжения и утомлению, критериями которых являются качественные и количественные сдвиги в состоянии функциональных систем организма.

Количественные критерии, характеризующие высокую степень риска:

- сердечный ритм — 100 уд./мин;
- артериальное давление: систолическое — 160 мм рт. ст.; диастолическое 105 мм рт. ст.

Физиологическими критериями утомления наряду с ощущением усталости и снижением работоспособности являются: уменьшение функциональной активности физиологических систем к концу рабочего дня и недели, увеличение периода рефлекторных реакций, нарушение реакции на звук и свет, ухудшение функции внимания, памяти, нарушение мозгового кровообращения и др.

Мониторинг окружающей среды. *Мониторинг окружающей среды* — это система регулярного наблюдения, оценки и прогноза состояния среды обитания. Он представляет собой комплекс мероприятий по определению состояния окружающей среды и отслеживанию изменений в ее состоянии.

Основные задачи мониторинга можно определить как:

- систематические наблюдения за состоянием среды и источниками, воздействующими на окружающую среду;
- оценка фактического состояния природной среды;
- прогноз состояния окружающей среды.

Глобальный мониторинг. В 1971 г. Международный совет научных союзов впервые сформулировал принципы построения глобальной системы мониторинга состояния биосферы и определил показатели, за которыми следует установить постоянные наблюдения и контроль. В 1972 г. Стокгольмская конференция ООН по окружающей среде одобрила эти основные принципы, а в рамках Программы ЮНЕП (Программа ООН по проблемам окружающей среды) в 1973–1974 гг. были разработаны основные положения создания Глобаль-

ной системы мониторинга окружающей среды (ГСМОС). При создании ГСМОС было рекомендовано опираться на существующие национальные системы.

На совещании в Найроби (1974 г.) определены следующие задачи ГСМОС:

- организация расширенной системы предупреждения об угрозе здоровью человека;
- оценка глобального загрязнения атмосферы и его влияния на климат;
- оценка количества и распределения загрязнителей биосферы, особенно пищевых цепей;
- оценка критических проблем, возникающих в связи с сельским хозяйством;
- оценка реакции наземных экосистем на загрязнение окружающей среды;
- оценка загрязнения океана и его влияния на морские экосистемы;
- создание и усовершенствование системы предупреждения о стихийных бедствиях в международном масштабе.

При этом были определены конечные цели ГСМОС:

- установление уровней выбросов загрязнителей в определенной среде, их распределения в пространстве и времени;
- знание скоростей и величин потоков выбрасываемых загрязнителей и вредных продуктов их превращений;
- обеспечение сравнения методик пробоотбора и анализов, принятых в различных странах, обмен опытом организации мониторинга;
- обеспечение информацией о загрязнителях в глобальном и региональном масштабе для принятия решений по управлению при борьбе с загрязнениями.

Приняты следующие *перечни приоритетных загрязнителей*, подлежащих определению:

1) в воздухе — взвешенные частицы, оксиды серы, азота и углерода, озон, сульфаты, свинец, кадмий, ртуть, мышьяк, бенз(а)пирен, ДДТ и другие пестициды;

2) в атмосферных осадках — свинец, кадмий, ртуть, мышьяк, сульфаты, бенз(а)пирен, ДДТ и другие пестициды, рН, главные катионы и анионы (катионы калия, натрия, магния и кальция, сульфат-, хлорид-, нитрат- и гидрокарбонат-анионы);

3) в пресных водах, в донных отложениях и почве — свинец, кадмий, ртуть, мышьяк, бенз(а)пирен ДДТ и другие пестициды, биогенные элементы (фосфор, азот, кремний);

4) в биоте — свинец, кадмий, ртуть и мышьяк, бенз(а)пирен, ДДТ и другие пестициды.

Государственный мониторинг окружающей среды (далее — экологический мониторинг, ЭМ) проводится в соответствии с положением, утвержденным постановлением Правительства РФ от 31 марта 2003 г. № 177.

ЭМ включает в себя мониторинг атмосферного воздуха, земель, лесов, водных объектов, объектов животного мира, состояния недр и других природных зон (внутренние моря, озеро Байкал, территориальные моря).

Результаты ЭМ с практической точки зрения весьма важны, так как при этом устанавливаются уровни загрязнений компонент окружающей среды в регионах и городах различными ингредиентами, а также фоновые загрязнения атмосферного воздуха, водных объектов, почвы.

Фоновое загрязнение природной среды изменяется в основном за счет распространения загрязняющих веществ в атмосфере на большие расстояния. Загрязняющие вещества в процессе дальнего переноса претерпевают физико-химические изменения, осаждаются на земную поверхность и включаются в природные процессы миграции. В районах, удаленных от мест интенсивной деятельности, происходит накопление загрязнителей. Фоновый экологический мониторинг проводится для того, чтобы выявить глобальные тенденции изменений биосферы на фоновом уровне загрязнения.

ЭМ осуществляют в пределах своей компетенции Минприроды России, Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Федеральная служба земельного кадастра России, Минсельхоз России и другие органы исполнительной власти. Минприроды России координирует деятельность федеральных органов по организации и осуществлению ЭМ.

Государственная наблюдательная сеть за загрязнением окружающей среды Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды ведет следующие работы.

Наблюдения за загрязнением атмосферы проводятся регулярно в 229 городах и населенных пунктах Российской Федерации на 623 стационарных постах Росгидромета. В большинстве городов измеряют концентрации от 5 до 25 веществ.

Наблюдения за загрязнением поверхностных вод суши по гидробиологическим показателям производится в 6 гидро-

графических районах на 133 водных объектах по 323 створам. Программа наблюдений включает от 2 до 6 показателей.

Наблюдения за загрязнением морской среды по гидрохимическим показателям проводятся на 160 станциях в прибрежных районах восьми морей, омывающих территорию Российской Федерации. В отобранных пробах определяются до 24 ингредиентов.

Сеть станций наблюдения трансграничного переноса веществ ориентирована на западную границу Российской Федерации. На четырех станциях наблюдений производится отбор и анализ атмосферных аэрозолей, газов (диоксидов азота и серы) и атмосферных осадков.

Пунктами сети наблюдений за загрязнением почв являются сельскохозяйственные угодья (поля), лесные массивы зон отдыха и прибрежных зон. Отбор почв на содержание пестицидов 21 наименования выполнен в хозяйствах 190 районов. Отбор проб на содержание до 24 ингредиентов промышленного происхождения проводился на территории 41 города.

Наблюдениями за загрязнением поверхностных вод суши по гидрохимическим показателям охвачены 1182 водных объекта. Отбор проб по физическим и химическим показателям с одновременным определением гидрологических показателей проводился на 1716 пунктах.

Сеть станций, осуществляющих наблюдения за химическим составом и кислотностью осадков, состоит из 123 станций федерального уровня, отбирающих на химический анализ суммарные пробы, и 131 пункта, на которых в оперативном порядке измеряется только величина рН.

Система контроля загрязнения снежного покрова на территории России осуществляется на 536 пунктах. В пробах определяются ионы сульфата, нитрата аммония, значение рН, а также бенз(а)пирен, тяжелые металлы.

Система фоновый мониторинга ориентирована на получение информации о состоянии природной среды на территории Российской Федерации, на ее основании проводятся оценки и прогноз изменения этого состояния под влиянием техногенных факторов. На территории России находятся пять станций комплексного фоновый мониторинга, которые расположены в биосферных заповедниках: Воронежском, Приокско-Тerrasном, Астраханском, Кавказском, Алтайском.

Наблюдения за радиоактивным загрязнением окружающей среды на территории России осуществляется сетью радиационного мониторинга Росгидромета. В 2009 г. наблю-

дения за мощностью экспозиционной дозы гамма-излучения проводилась на 1285 станциях и постах. Дополнительно такие измерения проводились на 25 постах в крупных городах и с помощью автоматических датчиков и автоматических метеостанций в ближних зонах отдельных АЭС. Наблюдения за радиоактивными атмосферными выпадениями проводились на 409 станциях.

Региональный мониторинг. На территории больших городов крупных государств, например, таких, как Российская Федерация, США, Канада и т.п., организуется региональный мониторинг. Он не только является частью государственного мониторинга, но и решает задачи, специфические для данной территории. Основная задача регионального мониторинга — получение более полной и детальной информации о состоянии окружающей среды региона и воздействии на нее техногенного фактора, что не представляется возможным сделать в рамках глобального и государственного мониторинга, так как в их программах нельзя учесть особенности каждого региона.

Локальный мониторинг. При организации и проведении локального мониторинга необходимо определить приоритетные загрязнители, за которыми уже ведутся наблюдения в рамках глобального, государственного и регионального мониторинга, а также загрязнители от имеющихся источников загрязнения или от создаваемых производств.

По результатам локального мониторинга соответствующие компетентные органы могут установить для предприятия временные ПДВ или ПДС. В особых случаях может ставиться вопрос о полной приостановке деятельности предприятия, его перепрофилировании или переносе в другую местность.

Контроль уровней энергетических воздействий (вибраций, акустических воздействий, ЭМП и ЭМИ, радиоактивных излучений и т.п.) в жилых помещениях, на открытой территории проводится с помощью инструментальных измерений по утвержденным методикам.

Органами муниципального уровня при проведении измерений параметров ЭМП в помещениях жилых и общественных зданий (внешнее излучение, включая вторичное) измерения проводятся в центре помещений, у окон, у батарей отопления и других коммуникаций, а также, при необходимости, в других точках. Измерения внешнего излучения при отсутствии кондиционирования воздуха проводятся при открытой форточке, фрамуге или узкой створке окна.

На открытой территории измерения проводятся на высоте 2 м от поверхности земли, далее на высотах 3, 6, 9 м и т.д. в зависимости от этажности застройки. Измерения в каждой точке проводятся на высоте 0,5, 1,0 и 1,7 м от опорной поверхности. Определяющим в данной точке является максимальное измеренное значение интенсивности ЭМП.

Измерения интенсивности ЭМП от антенн с вращающейся или сканирующей диаграммой направленности должны проводиться при неподвижной диаграмме направленности при всех возможных углах наклона антенны.

Измерения интенсивности ЭМП должны проводиться не реже одного раза в год в порядке текущего контроля; а также при внесении в условия и режимы работы источников ЭМП изменений, влияющих на уровни излучения (замена генераторных и излучающих элементов, изменение технологического процесса, изменение экранировки и средств защиты, увеличение мощности, изменение расположения элементов и т.д.); после ремонта источников ЭМП.

Контрольные вопросы

1. Назовите виды мониторинга источников опасностей объектов экономики.
2. Что такое глобальный и фоновый мониторинг окружающей среды?
3. Какие задачи решает аттестация рабочих мест?
4. Как проводится мониторинг здоровья работающих и неработающего населения России?

Глава 5

ОЦЕНКА УЩЕРБА ОТ РЕАЛИЗОВАННЫХ ОПАСНОСТЕЙ

Расширение любых действий человека не должно приводить к социально-экономическим и экологическим катастрофам, подрывающим саму возможность существования людей.

*Принцип разумной достаточности
и допустимого риска*

Изучив материалы этой главы, студент должен:

- *знать*: основные показатели негативности производственной среды, окружающей среды;
- *уметь*: пользоваться информационными ресурсами для поиска статистической информации для оценки ущерба от реализованных опасностей, определять величину снижения средней продолжительности жизни (СПЖ) при заданных количественных и качественных показателях условий жизнедеятельности;
- *владеть* навыками оценки травматизма в производственных условиях на основе предоставленных статистических данных.

5.1. Показатели негативного влияния опасностей

Реализованные в среде обитания человека опасности неизбежно сопровождаются потерей здоровья или гибелью людей. Для оценки этих потерь на объектах экономики в условиях города, региона или в быту используют следующие *абсолютные показатели*:

- численность $T_{п}$ погибших от внешних факторов за год;
- численность $T_{тр}$ пострадавших от воздействия травмирующих факторов за год;
- численность T_3 получивших региональные или профессиональные заболевания от воздействия вредных факторов.

Для оценки травматизма в производственных условиях, кроме абсолютных показателей, используют относительные показатели частоты и тяжести травматизма: $K_{ч}$, $K_{т}$ и $K_{сн}$.

Показатель частоты травматизма K_q определяет число несчастных случаев, приходящихся на 1000 работающих за определенный период:

$$K_q = 1000T_{\text{тр}}/C,$$

где C — среднесписочное число работающих.

Показатель тяжести травматизма K_T характеризует среднюю длительность нетрудоспособности, приходящуюся на один несчастный случай:

$$K_T = D/T_{\text{тр}},$$

где D — суммарное число дней нетрудоспособности по всем несчастным случаям.

Показатель травматизма со смертельным исходом $K_{\text{си}}$ определяет число несчастных случаев из расчета на 1000 работающих за определенный период времени (обычно в год):

$$K_{\text{си}} = 1000T_{\text{пн}}/C,$$

где $T_{\text{пн}}$ — численность погибших на производстве.

Для оценки уровня нетрудоспособности вводят *показатель нетрудоспособности* $K_H = 1000D/C$; нетрудно видеть, что $K_H = K_q K_T$.

В качестве показателей, отражающих опасность жизнедеятельности в стране или регионе, используют данные по:

- *младенческой смертности* (число смертей детей в возрасте до 1 года из 1000 новорожденных) от внешних причин;
- *детской смертности*, определяемой как численность умерших в возрасте до 15 лет от внешних причин;
- *смертности населения в трудоспособном возрасте* от внешних причин.

Общее состояние экономики страны, общественных отношений, уровня социальной защиты и безопасности в отраслях экономики, качества среды обитания и ряда других факторов, влияющих на жизнь населения, находит свое интегральное отражение в численности населения и показателях продолжительности жизни, таких как:

- средняя продолжительность жизни людей в пенсионном возрасте;
- средняя продолжительность жизни людей.

Средняя продолжительность жизни людей в пенсионном возрасте как интегральный показатель влияния условий жизни, в том числе опасностей экономики среды обитания, определяется как разность средней продолжительности жизни людей и пенсионного возраста, установленного в стране.

Таблица 5.1

Продолжительность жизни людей в пенсионном возрасте

| Место жительства | Средняя продолжительность жизни, лет | Пенсионный возраст, лет | Продолжительность жизни в пенсионном возрасте, лет |
|--------------------|--------------------------------------|-------------------------|--|
| Япония | 80 | 65 | 15 |
| США: мужчины | 75,3 | 66 | 9,3 |
| Россия: женщины | 74,7 | 55 | 19,7 |
| мужчины | 62,8 | 60 | 2,8 |

Данные, приведенные в табл. 5.1, свидетельствуют о весьма серьезной ситуации в России с продолжительностью жизни мужчин пенсионного возраста.

Из приведенных данных следует, что в среднем мужчины России умирают, едва достигнув пенсионного возраста. К сожалению, показатель продолжительности жизни людей в пенсионном возрасте пока еще не нашел в нашей стране должного места при оценке социальной деятельности государства и общества.

Продолжительность жизни — один из демографических параметров, который наиболее корректно оценивает качество жизни человека. Различают индивидуальную, максимальную и среднюю продолжительность жизни.

Индивидуальная продолжительность жизни — это срок от рождения до смерти конкретного человека. Максимальная индивидуальная продолжительность жизни отражает особенности, характеризующие биологическую норму реакции. Максимальная достоверно зарегистрированная индивидуальная продолжительность жизни человека находится в пределах 113—121 года.

Средняя продолжительность жизни зависит от социальных, экономических, экологических, медико-биологических условий. В последние десятилетия роль социальных и экологических факторов стала резко возрастать. В качестве реперного значения средней продолжительности жизни (СПЖ) следует принимать максимально достигнутые значения СПЖ₀ в странах мира (например, в Японии СПЖ₀ = 80 лет).

Исходя из этого, для каждой страны уменьшение СПЖ можно найти по формуле

$$\Delta \text{СПЖ} = \text{СПЖ}_0 - \text{СПЖ},$$

где СПЖ — средняя продолжительность жизни в стране (регионе).

Относительное значение $\bar{\Delta}$ СПЖ определяется по формуле

$$\bar{\Delta}\text{СПЖ} = \frac{\text{СПЖ}_0 - \text{СПЖ}}{\text{СПЖ}_0}.$$

Данные о средней продолжительности жизни в ряде стран показывают, что средняя продолжительность жизни людей в развитых странах составляет 75 лет и более, а в развивающихся — 63 года и менее. В Африке, например, средняя продолжительность жизни — 52,5 года, а в Европе — 73,1 года.

Ряд исследователей (А. А. Кирюшкин и др.) предприняли попытку установить связь между средней продолжительностью жизни людей в стране с их доходами, а затем, учитывая, что доход D на душу населения и ВВП (валовый внутренний продукт) в государстве связаны пропорционально (например, для Англии и Канады $\text{ВВП} = 1,5D$), попытались найти численные соотношения между величинами ВВП и СПЖ. По данным работы [4] выяснилась следующая картина:

| | | | | | | | | | | |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| ВВП, тыс. долл./чел. | 0,6 | 1,1 | 2,1 | 3,2 | 4,0 | 5,0 | 6,9 | 8,0 | 10,0 | 12,0 |
| СПЖ, лет | 46 | 56 | 62 | 62 | 68 | 70 | 74 | 76 | 78 | 79 |

Графическая интерпретация этих данных (рис. 5.1) свидетельствует о существенном снижении СПЖ при значениях ВВП около 3—4 тыс. долл./чел., что подтверждается данными, приведенными в табл. 5.2.

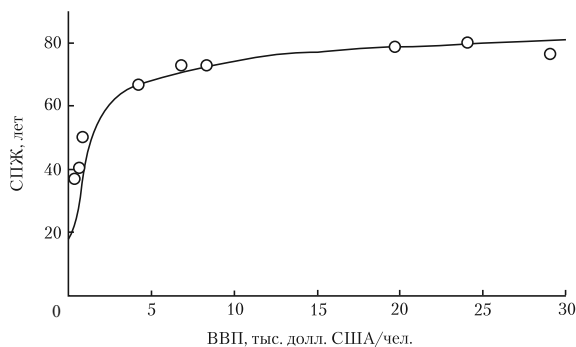


Рис. 5.1. Зависимость СПЖ от ВВП

Экспериментальные значения обозначены точками, теоретическая кривая — сплошной линией

Таблица 5.2

Соотношения между ВВП и СПЖ

| Страна | Реальный ВВП, тыс. долл. /чел. | Средняя продолжительность жизни, лет |
|--------------|-----------------------------------|---|
| Япония | 25,6 | 81 |
| США | 34,3 | 77 |
| Мексика | 8,4 | 75 |
| Россия | 6,88 | 66 |
| Нигерия | 0,79 | 52 |
| Сьерра-Леоне | 0,46 | 40 |

Необходимо отметить, что Россия долгое время находилась в неустойчивой зоне значений СПЖ с ВВП близким к 4 тыс. долл./чел. В течение всего XX в. и в начале XXI в. в России имелись объективные причины к снижению ВВП (табл. 5.3).

В 2011 г. расходы федерального бюджета на образование и здравоохранение составят 1,2 трлн руб. из общего бюджета 11,2 трлн руб., а в 2014 г., соответственно, 1 из 14,3 трлн руб. При этом СПЖ в России составляет всего 66,6 года.

В работе К. И. Прощева показано, что преждевременное старение во многом связано с качеством жизни. В странах, где оно высокое (Япония, Франция, Германия и др.), средняя продолжительность жизни (СПЖ) — 75 лет и выше, преждевременное старение не является проблемой.

В странах, где СПЖ меньше 75 лет, преждевременное старение происходит из-за низкого качества жизни, которое оценивается по шкале от 0 до 100 баллов. В России оно составляет 52 балла, во Франции — 87, в США — 86. Исследования показали, что СПЖ линейно зависит от качества жизни.

Таблица 5.3

Снижение ВВП в России

| Событие, период | Падение ВВП, % |
|-------------------------------------|----------------|
| Первая мировая война, 1914–1917 гг. | 25 |
| Гражданская война, 1918–1922 гг. | 23 |
| Вторая мировая война, 1941–1945 гг. | 21 |
| Годы реформ, 1986–2000 гг. | 50 |
| Экономический кризис, 2008–2009 гг. | 11 |

5.2. Потери от опасностей в быту, на производстве и в селитебных зонах

Воздействие вредных и травмирующих факторов производственной среды приводит к травмированию и профессиональным заболеваниям работающих. Оценочные данные свидетельствуют о том, что ежегодно в мире на производстве от травмирующих факторов погибают около 2 млн человек и получают травмы 160 млн человек.

В ведущих странах мира число смертельных несчастных случаев на 1000 работающих и риск составляют:

| Страна | $K_{\text{си}}$ | $R_{\text{си}}$ |
|----------------|-----------------|---------------------|
| Великобритания | 0,015 | $1,5 \cdot 10^{-5}$ |
| Германия | 0,070 | $7 \cdot 10^{-5}$ |
| США | 0,090 | $9 \cdot 10^{-5}$ |
| Франция | 0,084 | $2,4 \cdot 10^{-5}$ |
| Япония | 0,020 | $2 \cdot 10^{-5}$ |

Уровень производственного травматизма со смертельным исходом в России значительно (до десяти раз) превышает аналогичные показатели в экономически развитых странах. Каждый год в нашей стране погибают столько же работников, сколько во всех странах Евросоюза. В течение последних 15 лет на производстве погибли более 125 тыс. и были тяжело травмированы более 5 млн человек.

Ежегодные расходы на меры безопасности на производстве в Европе составляют от 300 до 400 евро на одного работающего, а в России — не более 50 евро.

В России производственный травматизм со смертельным исходом имеет общую тенденцию к снижению, но остается достаточно высоким по сравнению с ведущими странами:

| Год | 1996 | 2000 | 2003 | 2005 |
|-----------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| $K_{\text{си}}$ | 0,155 | 0,149 | 0,131 | 0,124 |
| $R_{\text{си}}$ | $1,55 \cdot 10^{-4}$ | $1,49 \cdot 10^{-4}$ | $1,31 \cdot 10^{-4}$ | $1,24 \cdot 10^{-4}$ |

Данная тенденция сохраняется и в настоящее время.

Некоторые виды производственной деятельности имеют более высокие риски. Некоторые примеры:

| Профессия | $R_{\text{си}}$, 1 чел. в год |
|---|-----------------------------------|
| Текстильщики, обувщики, работники лесной промышленности и др. | 10^{-4} |

| Профессия | $R_{\text{сн}}$ 1 чел. в год |
|---|---------------------------------|
| Шахтеры, металлурги, судостроители, строители и др. | $10^{-4} - 10^{-3}$ |
| Рыбаки-промысловики, верхолазы, водители, трактористы | $10^{-4} - 10^{-2}$ |
| Летчики-испытатели, летчики реактивных самолетов | 10^{-2} |

Основным травмирующим фактором в машиностроении являются: оборудование (41,9%), падающие предметы (27,7%), падение персонала (11,7%), заводской транспорт (10%), нагретые поверхности (4,6%), электрический ток (1,6%), прочие (2%).

К наиболее травмоопасным в экономике относят следующие профессии (в скобках дан процент травмируемых): водитель (18,9), тракторист (9,8), слесарь (6,4), электромонтер (6,3), газомонтер (6,3), газоэлектросварщик (3,9), разнорабочий (3,5).

От действия электрического тока погибают от 3 до 10 человек на 1 млн жителей, т.е. $R_{\text{си}} = (3-10) \cdot 10^{-6}$. Из всех случаев гибели 30% приходится на производство, а 70% поражений — на бытовые условия.

В табл. 5.4 приведены интегральные данные по производственному травматизму в России в период 2000—2007 гг.

Воздействие вредных производственных факторов на человека сопровождается ухудшением здоровья, возникновением профессиональных заболеваний и сокращением продолжительности жизни. Профзаболевания возникают, как правило, у длительно работающих в запыленных и загазованных помещениях, у лиц, подверженных воздействию шума и вибрации, а также занятых тяжелым физическим трудом.

Таблица 5.4

Производственный травматизм в России

| Показатель | Годы | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|
| | 2000 | 2003 | 2005 | 2007 |
| Численность занятых в экономике, млн чел. | 72,77 | 72,39 | 73,43 | 74,58 |
| Пострадавшие со смертельным исходом из 1000 работников | 0,149 | 0,131 | 0,124 | 0,124 |
| Получившие профессиональные заболевания из 1000 работников | 0,184 | 0,203 | 0,170 | 0,154 |
| Пострадавшие на производстве при несчастных случаях из 1000 работников | 5,1 | 3,9 | 3,1 | 2,7 |

Доля работников, подвергавшихся воздействию вредных производственных факторов, по отдельным видам экономической деятельности в России в процентах от численности занятых в условиях, не отвечающих гигиеническим нормативам условий труда (по данным Росстата за 2009 г.), представлена в табл. 5.5.

Первичные профессиональные заболевания в Российской Федерации ежегодно получают примерно 20–22 человека из 100 000 работающих. Смертность от производственно обусловленных заболеваний примерно в пять раз выше летальных исходов на производстве. Например, в странах Евросоюза из 120 тыс. человек, ушедших из жизни в 2005 г., только 8880 человек умерли в результате несчастных случаев на производстве, остальные – от профзаболеваний. Российская статистика, основанная на официальных данных Росстата, представлена в табл. 5.6.

О влиянии параметров микроклимата на самочувствие человека в состоянии покоя и при выполнении работ средней тяжести свидетельствуют данные табл. 5.7.

Таблица 5.5

Доля работников, подвергавшихся воздействию вредных производственных факторов

| Виды факторов | Добыча полезных ископаемых | Обрабатывающие производства | Производство и распределение электрической энергии, газа и воды | Строительство | Транспорт | Связь |
|---|----------------------------|-----------------------------|---|---------------|-----------|-------|
| Повышенный уровень шума, ультра- и инфразвука | 59,8 | 57,5 | 53,5 | 43,2 | 50,2 | 16,5 |
| Повышенный уровень вибраций | 23,0 | 9,4 | 11,0 | 23,6 | 26,0 | 8,0 |
| Повышенный уровень запыленности воздуха | 29,2 | 22,8 | 18,2 | 19,4 | 4,6 | 5,1 |
| Повышенный уровень загазованности воздуха | 12,1 | 23,6 | 16,1 | 21,1 | 7,5 | 13,6 |

Таблица 5.6

Показатели производственного травматизма в России

| Показатели производственного травматизма | Численность, тыс. чел. | | | |
|---|------------------------|---------|---------|---------|
| | 2006 г. | 2007 г. | 2008 г. | 2009 г. |
| Численность пострадавших при несчастных случаях на производстве | 70,70 | 61,10 | 58,30 | 46,10 |
| Из них со смертельным исходом | 2,90 | 2,99 | 2,55 | 1,97 |

Таблица 5.7

Зависимость состояния человека от изменения параметров микроклимата

| Состояние | Температура рабочей зоны, °С | Влажность, % | Частота пульса, уд./мин |
|------------------------|------------------------------|--------------|-------------------------|
| Покой | 27 | 80 | 60 |
| | 32 | 90 | 110 |
| Работа средней тяжести | 27 | 80 | 120 |
| | 32 | 90 | 150 |

Неудовлетворительное освещение является одной из причин повышенного утомления, особенно при работах, связанных с напряжением зрения. Продолжительная работа при недостаточном освещении приводит к снижению производительности труда, увеличению брака, повышению вероятности нарушения зрения. Исследованиями Е. А. Никитиной показано, что нормализация освещения снижает утомление в 1,5–2 раза, брак на 3–5%, повышает производительность на 1,5–2%.

Допустимым требованиям зачастую не соответствуют условия труда по ряду вредных факторов, основными из которых являются:

| Вредные факторы | Доля работающих в неблагоприятных условиях, % |
|--------------------------------------|---|
| Загазованность, запыленность | 3 |
| Неблагоприятные температурные режимы | 2,3 |
| Повышенный шум | 1,8 |
| Недостаточное освещение | 1,8 |
| Повышенная вибрация | 0,5 |

Основные профессиональные заболевания в России распределяются следующим образом: 35% — органы дыхания,

Таблица 5.8

Классы условий труда в зависимости от содержания в воздухе рабочей зоны вредных веществ (превышение ПДК, раз)

| Вредные вещества | Класс условий труда | | | | |
|--|--|---------|----------|-----------|-----------|
| | допустимый | вредный | | | |
| | 2 | 3.1 | 3.2 | 3.3 | 3.4 |
| Вредные вещества 1–4-го классов опасности, за исключением перечисленных ниже | \leq ПДК _{макс} | 1,1–3,0 | 3,1–10,0 | 10,1–15,0 | 15,1–20,0 |
| | \leq ПДК _{сс} | 1,1–3,0 | 3,1–10,0 | 10,1–15,0 | > 15,0 |
| Особенности действия на организм | Вещества, опасные для развития острого опавления: | | | | |
| | с остронаправленным механизмом действия, хлор, аммиак | 1,1–2,0 | 2,1–4,0 | 4,1–6,0 | 6,1–10,0 |
| | раздражающего действия | 1,0–2,0 | 2,1–5,0 | 5,1–10,0 | 10,1–50,0 |
| | Канцерогены; вещества, опасные для репродуктивного здоровья человека | 1,0–2,0 | 2,1–5,0 | 5,1–10,0 | 10,1–50,0 |
| | Аллергены: | | | | |
| высокоопасные | \leq ПДК _{макс} | — | 1,1–3,0 | 3,1–15,0 | 15,1–20,0 |
| умеренно опасные | \leq ПДК _{сс} | 1,1–2,0 | 2,1–5,0 | 5,1–15,0 | > 20,0 |

Примечание. ПДК_{макс} – максимальная ПДК в рабочей зоне; ПДК_{сс} – среднесменная концентрация при 8-часовой рабочей смене.

25% — вибрационная болезнь, 12% — органы слуха, 12% — опорно-двигательный аппарат.

От воздействия вредных производственных факторов в России в 2005 г. получили первичные профзаболевания 8158 человек, причем треть из них — женщины.

Воздействие вредных факторов на здоровье человека в зонах его пребывания определяется совокупностью и уровнями вредных факторов, а также длительностью нахождения человека в этих зонах.

Совокупность вредных факторов производственной среды рассмотрена в руководстве Р 2.2.2006—05. Это руководство определяет связь между совокупностью вредных производственных факторов и классами условий труда (табл. 5.8). При этом учитывается также специфика воздействия вещества. Шкала оценки ущерба здоровью работающих в виде сокращения продолжительности жизни в сутках за год в зависимости от класса условий труда приведена в табл. 5.9.

Таблица 5.9

Шкала ущерба здоровью по показателю тяжести трудового процесса (сокращение СПЖ)

| Класс условий труда | Ущерб, сут./год |
|---------------------|-----------------|
| 2 | 0 |
| 3.1 | 2,5—3,75 |
| 3.2 | 5,1—8,75 |
| 3.3 | 12,6—18,75 |

Вероятность гибели и получения смертельных заболеваний от различных опасных воздействий в быту показана на рис. 5.2.

Детский травматизм по месту получения травмы распределен следующим образом (данные в процентах):

| | |
|-------------------------|------|
| В быту | 44,2 |
| На улице | 36,8 |
| На транспорте | 1,5 |
| В школе | 8,9 |
| На спортивных площадках | 3,9 |
| Прочее | 4,7 |

Численность впервые признанных инвалидами детей в возрасте до 18 лет из-за травм, отравлений и других внешних причин представлена в табл. 5.10.

Влияние загрязнений окружающей среды регионов и городов хорошо известно. Ситуации, когда загрязнение атмосферы-

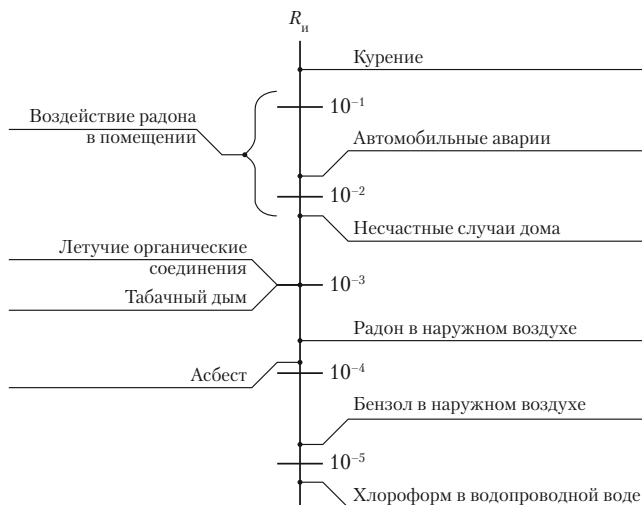


Рис. 5.2. Риск гибели или возникновения смертельных заболеваний от различных источников в быту

Таблица 5.10

Численность впервые признанных инвалидами детей в возрасте до 18 лет из-за травм, отравлений и других внешних причин

| | 2005 г. | 2007 г. | 2010 г. |
|-----------------------------|---------|---------|---------|
| Численность инвалидов, чел. | 2473 | 2529 | 2138 |

ного воздуха или водоемов привело к заболеваниям или смерти значительного числа людей, приведены в табл. 5.11.

Кризисным регионам свойственны «приоритетные» заболевания, о чем свидетельствуют данные табл. 5.12.

Можно утверждать, что в крупных городах, промышленных центрах и вокруг них формируются очаги патологии человеческих популяций. По данным специалистов, здоровье населения ухудшается из-за низкого качества окружающей среды и продуктов питания. В России от заболеваний, связанных с низким качеством окружающей среды ежегодно умирают около 40 тыс. человек.

Влияние отдельных отраслей промышленности на состояние здоровье человека (по данным европейского отделения ВОЗ) представлено в табл. 5.13.

От источников ионизирующих излучений естественного (81%) и техногенного (19%) происхождения в России ежегодно погибает около 44 тыс. человек.

Таблица 5.11

**Отдельные случаи чрезмерно высоких загрязнений
компонентов биосферы и их последствия**

| Место и год | Вредный фактор | Патология, обусловленная загрязнением | Число пострадавших |
|------------------------------|---|--|--|
| Лондон, Великобритания, 1952 | Сильное загрязнение воздуха SO ₂ и взвешенными частицами среды | Увеличение числа случаев заболеваний сердца и легких | 3000 случаев смерти |
| Минамата, Япония, 1956 | Загрязнение моря и рыбных продуктов ртутью | Неврологическое заболевание, «Болезнь Минамата» | 200 случаев тяжелых заболеваний |
| Бхопал, Индия, 1985 | Сильное загрязнение воздуха метилизоцианатом | Острые заболевания легких | 2000 случаев смерти, 200 тыс. случаев отравлений |

Таблица 5.12

Влияние состава атмосферного воздуха на здоровье людей

| Группа болезней | Показатели среднемесячной заболеваемости взрослого населения на 1 тыс. чел. | | |
|---------------------------------|---|-----------|--------------|
| | средний показатель | г. Липецк | г. Березники |
| Злокачественные новообразования | 0,25 | 0,48 | 0,32 |
| Болезни эндокринной системы | 0,26 | 1,09 | 0,30 |
| Болезни органов пищеварения | 1,91 | 2,11 | 6,64 |
| Болезни органов дыхания | 14,7 | 32,29 | 24,96 |
| Болезни системы кровообращения | 3,06 | 18,85 | 24,96 |
| Болезни кожи | 0,76 | 2,4 | 1,3 |
| Болезни органов чувств | 1,18 | 4,1 | 3,2 |

Таблица 5.13

Влияние промышленности на здоровье человека

| Промышленность | Заболевания |
|------------------------------|--|
| Металлургическая | Легочные и сердечно-сосудистые заболевания |
| Нефтехимическая и химическая | Аллергия, рак легких, желудка, молочной железы. Заболевания центральной нервной системы. |

Окончание табл. 5.13

| Промышленность | Заболевания |
|--------------------------------|--|
| | темы. Бесплодие и невынашивание беременности. Задержка развития у детей, слабоумие |
| Производство цемента | Аллергия, различные легочные заболевания. Ларенгит, трахеит |
| Машиностроение | Заболевания нервной системы, малокровие, заболевание кожи. Заболевания почек |
| ТЭЦ и мусоросжигательный завод | Рак легких, аллергия, бронхиальная астма, кожные болезни |
| Угольная | Заболевания легких — от астмы до рака |

5.3. Потери от чрезвычайных опасностей

При авариях на опасных производственных объектах (ОПО) на их территориях и прилегающих к ним зонах по величине индивидуального риска и показателям плотности населения (N) в рассматриваемой зоне площадью S в первом приближении можно определить количество жертв техногенной аварии по формуле

$$T = R_{\text{н}}SN.$$

Некоторые данные о плотности населения N в различных зонах приведены ниже:

| Район | Плотность населения, чел./га |
|--------------------------|------------------------------|
| Сельский | 20 |
| Городские окраины | 40 |
| Деловой центр города | 80 |
| Центральный район города | 160 и более |

Количество погибших и пострадавших от пожаров представлено на рис. 5.3. Несмотря на то что начиная с 2003 г. удалось достичь положительной динамики по количеству пожаров, общее количество погибших и пострадавших в результате пожаров продолжает составлять значительную величину.

Данные по числу погибших в ЧС приведены на рис. 5.4.

На рис. 5.5 показан ущерб от пожаров в России в 2002—2010 гг.

Численность россиян, погибших в ДТП в период с 1965 по 2008 г., представлена на рис. 5.6. Сведения о погибших и пострадавших в чрезвычайных ситуациях, происшедших на территории РФ в 2010 г., представлены в табл. 5.14.

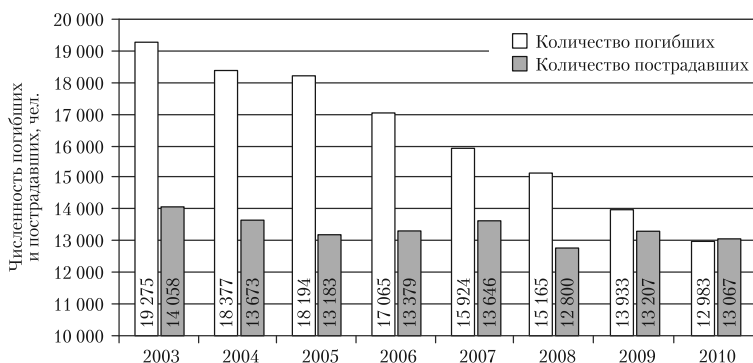


Рис. 5.3. Количество погибших и пострадавших в пожарах на территории Российской Федерации

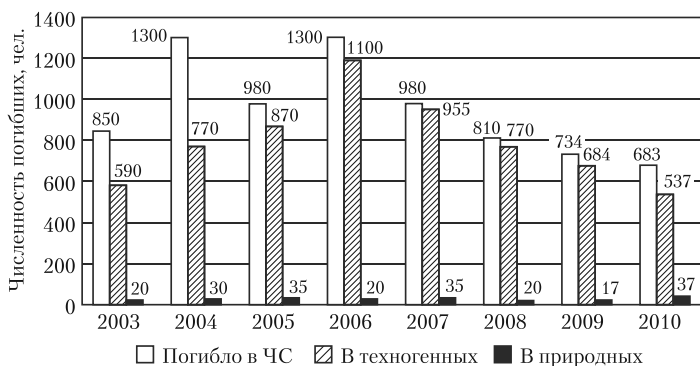


Рис. 5.4. Динамика численности погибших в ЧС (без учета пожаров) за период 2003–2010 гг.

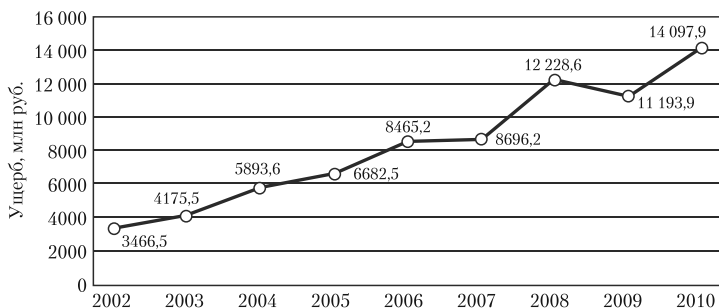


Рис. 5.5. Ущерб от пожаров в России

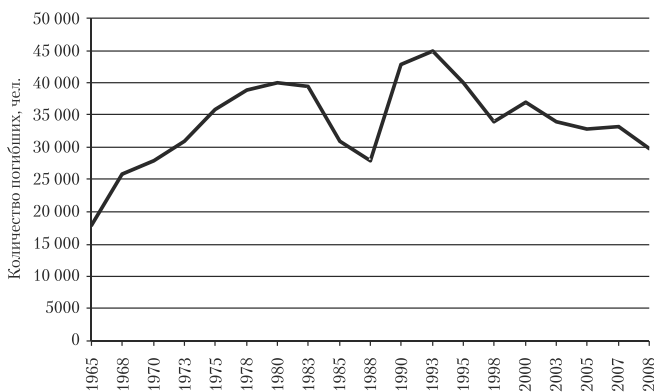


Рис. 5.6. Смертность в ДТП в России

Таблица 5.14

Сведения о погибших и пострадавших в чрезвычайных ситуациях, происшедших на территории РФ в 2010 г.

| Виды чрезвычайных ситуаций | Количество ЧС | Количество, чел. | |
|--|---------------|------------------|--------------|
| | | погибших | пострадавших |
| Техногенные ЧС¹ | 178 | 537 | 982 |
| Аварии грузовых и пассажирских поездов | 16 | 2 | 3 |
| Аварии грузовых и пассажирских судов | 10 | 20 | 6 |
| Авиационные катастрофы | 30 | 65 | 208 |
| ДТП с тяжкими последствиями ² | 83 | 356 | 562 |
| Аварии на магистральных и внутрипромышленных нефтепроводах | 2 | 0 | 0 |
| Аварии на магистральных газопроводах | 6 | 1 | 15 |
| Взрывы в зданиях, на коммуникациях, технологическом оборудовании промышленных объектов | 4 | 69 | 173 |
| Взрывы в зданиях и сооружениях жилого, социально-бытового и культурного назначения | 5 | 12 | 6 |
| Обнаружение (утрата) неразорвавшихся боеприпасов, взрывчатых веществ | 1 | 0 | 0 |
| Аварии с выбросом (угрозой выброса) АХОВ | 4 | 8 | 8 |
| Аварии с выбросом (угрозой выброса) РВ ³ | 2 | 0 | 0 |
| Внезапное обрушение производственных зданий, сооружений, пород | 1 | 4 | 1 |
| Аварии на электроэнергетических системах | 6 | 0 | 0 |

Окончание табл. 5.14

| Виды чрезвычайных ситуаций | Количество ЧС | Количество, чел. | |
|--|---------------|------------------|--------------|
| | | погибших | пострадавших |
| Аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения | 6 | 0 | 0 |
| Аварии на тепловых сетях в холодное время года | 2 | 0 | 0 |
| Террористические акты | 21 | 108 | 578 |
| Природные ЧС | 118 | 37 | 1298 |
| Землетрясения, извержение вулканов | 8 | 0 | 0 |
| Бури, ураганы, смерчи, шквалы | 3 | 0 | 0 |
| Снежные лавины | 1 | 10 | 8 |
| Сильный дождь, сильный снегопад, крупный град | 6 | 0 | 0 |
| Заморозки, засуха | 20 | 0 | 0 |
| Отрыв прибрежных льдов | 14 | 0 | 407 |
| Опасные гидрологические явления | 8 | 18 | 27 |
| Крупные природные пожары ⁴ | 58 | 9 | 856 |
| Биолого-социальные ЧС | 43 | 1 | 50 |
| Инфекционная заболеваемость людей | 3 | 0 | 45 |
| Инфекционная заболеваемость сельскохозяйственных животных | 37 | 1 | 5 |
| Поражения сельскохозяйственных растений, болезнями и вредителями | 3 | 0 | 0 |
| Итого | 360 | 683 | 2908 |

¹ Без учета пожаров.² Автомобильные катастрофы, в которых погибло 5 и более человек.³ Обнаружение источников ионизирующего излучения.⁴ Природные пожары, площадь очагов которых составляет 25 га и более для наземной охраны лесов; 200 га и более, — для авиационной охраны лесов.

Непрерывно нарастает экономический ущерб от стихийных бедствий (рис. 5.7). Представленная тенденция сохраняется в настоящее время: 2010 г. — 226 млрд долл., 2011 г. — 350 долл.

Непрерывно нарастает ущерб от и естественно-техногенных опасностей. Убытки от катастрофы в Японии в марте 2011 г., по предварительным оценкам специалистов, составили более 300 млрд долл.

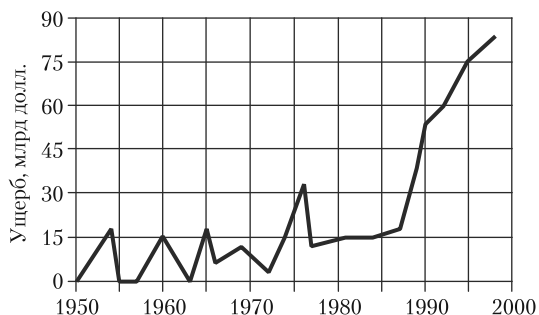


Рис. 5.7. Экономические потери от стихийных бедствий с 1950 по 2000 г.

5.4. Смертность населения от внешних причин

Под смертностью от внешних причин понимается смертность от причин, вызванных не болезнями, а различными внешними воздействиями: умышленными (убийства и самоубийства) или неумышленными (всякого рода несчастные случаи). Для оценки значения смертности от внешних причин и их места среди других причин смерти очень важно понимать, что речь идет о единственном классе причин, который обуславливает **предотвратимые** смерти. Убийства, самоубийства, транспортные катастрофы, алкогольные отравления, производственный травматизм, гибель в результате чрезвычайных ситуаций и другие источники внешних воздействий во всем мире ежегодно обрывают свыше пяти миллионов человеческих жизней, которые без этих воздействий могли бы длиться еще много лет.

Данные о состоянии смертности населения Российской Федерации от естественных и внешних причин представлены на рис. 5.8 и 5.9.

Качественное влияние ряда негативных факторов на смертность людей в мире в течение XX в. показано на рис. 5.10.

Производственные негативные факторы (кривая 2) заявили о себе еще в XIX в., а в XX в. была достигнута их относительная стабилизация. В ряде стран производственный травматизм с летальным исходом в последние годы снижается, что является результатом эффективности принимаемых мер защиты.

Уровни и масштабы воздействия других негативных факторов постоянно нарастают. Начиная с середины XX в. рез-



Рис. 5.8. Динамика смертности населения России, тыс. чел.



Рис. 5.9. Динамика смертности населения России от внешних причин для мужского и женского населения, тыс. чел.

ко возросло воздействие на людей региональных негативных факторов крупных городов и промышленных центров. Ряд негативных воздействий имеют уже глобальное влияние. Нарастает влияние и негативных факторов техногенного происхождения в чрезвычайных ситуациях.

Общая и вынужденная смертность населения России и ее причины приведены в табл. 5.15, а средний возраст смерти — в табл. 5.16. Следует отметить, что тенденции, отмеченные в табл. 5.17, сохраняются и в настоящее время.

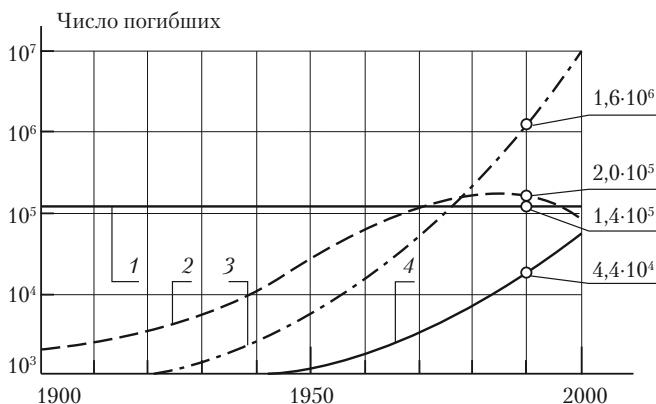


Рис. 5.10. Тенденции роста численности погибших в XX в.

Погибшие вследствие: 1 — стихийных бедствий; 2 — воздействия производственных негативных факторов; 3 — загрязненности техносферы и биосферы; 4 — чрезвычайных ситуаций техногенного характера

В табл. 5.17 приведены некоторые сравнительные данные ВОЗ по медицинской статистике для России и США.

Значительное негативное влияние на здоровье населения оказывают нарушения здорового образа жизни и прежде всего получившие широкое распространение: потребление алко-

Таблица 5.15

Статистические данные о гибели населения России от внешних причин

| Показатель | Год | |
|--|------------|------------------|
| | 2000 | 2008 |
| Смертность населения, млн чел. | 2 217 062 | 2 075 900 |
| Численность умерших от несчастных случаев, травм и отравлений, чел., из них: | 310 503 | 244 463 |
| автотранспортные травмы | 39 341 | 29 947 |
| производственный травматизм | 5984 | 2985 (2007 г.) |
| отравились алкоголем | 33 979 | 25 000 (2007 г.) |
| утопления | 15 866 | 12 981 |
| самоубийства | 56 568 | 51 120 |
| погибло на пожарах | Нет данных | 15 165 |
| Погибло в ЧС: | | |
| естественных | 48 | 21 |
| техногенных | 940 | 4455 |

Таблица 5.16

Средний возраст смерти от различных причин

| Причина смерти | Страны | | |
|---------------------------------------|--|---------|---------|
| | США, Велико- британия, Франция, Япония | Россия | |
| | | 1990 г. | 1990 г. |
| Новообразования | 72,5 | 64,6 | 63,6 |
| Болезни системы кровообращения | 77,3 | 71,6 | 67,6 |
| Болезни органов дыхания | 80,1 | 66,4 | 59,8 |
| Несчастные случаи, отравления, травмы | 54,2 | 43,4 | 42,2 |

голя, курение, наркомания и токсикомания. Сегодня 87,5% от общей смертности в России связаны с гипертонией, высоким уровнем холестерина, чрезмерным употреблением алкоголя и табакокурением.

Производство и потребление алкоголя продолжает нарастать. Динамика производства алкогольной продукции на территории Российской Федерации представлена в табл. 5.18.

Особую настороженность вызывает активное потребление алкоголя подростками в возрасте 14–16 лет. По данным

Таблица 5.17

Некоторые сравнительные данные медицинской статистики США и России

| Показатели | Россия | США |
|---|--------|------|
| Средняя продолжительность жизни мужчин (лет) | 59 | 74 |
| Средняя продолжительность жизни женщин (лет) | 72 | 80 |
| Показатель рождаемости на 1000 населения | 9,7 | 14,1 |
| Показатель смертности на 1000 населения | 13,9 | 8,7 |
| Показатель смертности от инсультов, инфарктов и т.д. на 100 000 населения | 895 | 351 |
| Показатель смертности от онкологических заболеваний на 100 000 населения | 201 | 203 |
| Заболееваемость туберкулезом на 100 000 населения | 92,1 | 5,8 |
| Ошибки врачей на 100 000 населения | 420 | 279 |
| Расходы на медицину в стране, % к ВВП | 2,9 | 13 |

Таблица 5.18

Динамика производства алкогольной продукции в России

| Год | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2008 |
|--|------|------|------|------|------|
| Вина виноградные, млн дкл | 75,7 | 15,2 | 24,1 | 31,7 | 50,3 |
| Вина плодовые, млн дкл | — | 7,6 | 2,8 | 3,0 | 3,9 |
| Вина шампанские и игристые, млн дкл | 8,3 | 8,2 | 6,8 | 14,1 | 20,8 |
| Пиво, млн дкл | 336 | 213 | 516 | 910 | 1140 |
| Водка и ликеро-водочные изделия, млн дкл | 138 | 123 | 123 | 132 | 122 |
| Коньяки, тыс. дкл | 5921 | 887 | 1749 | 4512 | 9932 |

НИИ наркологии Минздравсоцразвития России, в последние годы возросло употребление пива. В Москве оно близко к употреблению пива в таких странах, как Дания и Чехия, — «рекордсменах» по употреблению пива. Справедливости ради, следует отметить, что количество лиц, заболевших алкоголизмом и алкогольными психозами, снижается (табл. 5.19).

Полные потери населения в связи с алкоголем разделяют на прямые и непрямые. Прямые — это смертельные случаи, связанные с алкогольными психозами, отравлениями алкоголем. Непрямые — это смерть людей, находящихся в состоянии алкогольного опьянения, в ДТП, на производстве, из-за соматических заболеваний, осложнившихся из-за потребления алкоголя, и др.

Таблица 5.19

Заболеемость населения алкоголизмом и алкогольными психозами

| Год | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Взято под диспансерное наблюдение больных с впервые в жизни установленным диагнозом в отчетном году | | | | | | |
| Всего, тыс. чел. | 228,2 | 218,4 | 209,2 | 192,9 | 174,9 | 173,4 |
| На 100 000 чел. населения | 159,1 | 153,1 | 147,4 | 135,3 | 123,1 | 122,2 |
| Численность больных, состоящих на учете в лечебно-профилактических учреждениях на конец отчетного года | | | | | | |
| Всего, тыс. чел. | 2213,1 | 2203,1 | 2190,7 | 2152,0 | 2115,8 | 2082,7 |
| На 100 000 чел. населения | 1547,1 | 1547,8 | 1547,2 | 1513,1 | 1489,9 | 1467,7 |

Потребление чистого алкоголя в России, по данным ВОЗ за 2003 г., составляло 14–15 л. Следует отметить, что каждый добавочный литр сверх определенного ВОЗ предела (8 л) уносит 11 месяцев жизни у мужчин и 4 месяца у женщин, с употреблением алкоголя связан и огромный разрыв в продолжительности жизни у мужчин и женщин (самый большой в мире) – 14 лет. Озвученные Минздравсоцразвития России данные о потреблении алкоголя в России, равном 18 л в год, по мнению экспертов, являются завышенными. По данным ВОЗ, в 2010 г. среднедушевое потребление чистого алкоголя населения России составило 16,27 л, для сравнения: в Чехии – 16,45 л, в Молдавии – 18,22. В среднем в мире потребление алкоголя составляет 6,1 л (например, Китай – 5 л на 1 чел./год, Турция – 1,5 л на 1 чел./год).

Ранее в России производство алкоголя составляло: в 1950 г. – 4,1 л, в 1965 г. – 8,0 л, в 1980 г. – 10,1 л на 1 чел./год.

Следует отметить, что в настоящее время смертность в результате алкогольных отравлений связана не с употреблением некачественной алкогольной продукции, а с увеличением количества употребляемого алкоголя. Сегодня в России в шесть раз больше употребляющих алкоголь мужчин, нежели женщин. Из каждых 100 тыс. населения алкоголизмом больны уже 22, а 827 подростков регулярно принимают спиртное без проявления признаков алкогольной зависимости.

Распространение самоубийств на 12% зависит от хронического алкоголизма. Алкоголь обнаруживается в крови не менее чем у 30% самоубийц. Более 30% дорожно-транспортных происшествий (ДТП) приходится на долю пьяных водителей.

Роль потребления алкоголя в показателях демографического состояния России огромна. Достаточно сказать, что алкоголики и тяжелые пьяницы, потребляющие больше половины выпускаемых страной спиртных напитков, составляют соответственно 10 (7%) и 20 млн человек (14%), т.е. около 30 млн человек практически не участвуют в позитивном решении демографических проблем.

Исходя из демографической динамики дореволюционные специалисты предсказывали, что к 2000 г. население России составит 594 млн человек. Сегодня в границах «новой» России нас 142,9 млн человек. Конечно, огромный демографический ущерб нанесли войны, революция, голод, система сталинских лагерей и репрессий. Но и утраты из-за

губительного влияния алкоголя можно сравнить с результатами геноцида. Ученые подсчитали, что от воздействия алкоголя и экологических проблем Россия недосчитывает более 100 млн человек.

В последние годы в России значительно помолодел возраст начинающего курильщика (табл. 5.20).

Таблица 5.20

Возраст начала курения

| | | | | | | |
|--------------|------|------|------|------|------|------|
| Год | 1991 | 1994 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 |
| Возраст, лет | 17,6 | 13,7 | 13,4 | 13 | 12 | 12,1 |
| Год | 2000 | 2001 | 2002 | 2005 | 2006 | 2007 |
| Возраст, лет | 11,7 | 10,9 | 10,1 | 10,7 | 11 | 11 |

Динамика производства табачной продукции на территории России:

| | | | | | |
|-------------------------------|------|------|------|------|------|
| Год | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2008 |
| Папиросы и сигареты, млрд шт. | 151 | 141 | 348 | 407 | 413 |

Опрос курильщиков показал, что в день они выкуривают: менее 10 шт. — 10%, от 10 до 20 шт. — 54%, от 20 до 30 шт. — 14%, более 30 шт. — 2%, не знают — 3%. А между тем курение опасно, так как смолы, содержащиеся в табачном дыму, — канцерогены. Их содержание в папиросах и сигаретах составляет:

| Марка | Содержание смол, мг/шт. |
|--------------|-------------------------|
| Беломорканал | 30–35 |
| Прима | 16,6 |
| Пегас | 19,0 |
| Петр I | 15,5 |
| Космос | 15,5 |
| Золотая Ява | 13,0 |
| LM | 13,0 |
| LM Lights | 9,0 |
| Marlboro | 13,8 |
| Parlament | 9,6 |

Каждый год в России от употребления табака умирают около 400 тыс. человек.

Загрязнение воздушного бассейна табачным дымом превышает загрязнение воздуха выхлопами автомобилей в 4,5 раза; ежегодно по вине курильщиков в мире возникают сотни тысяч пожаров, которые забирают десятки тысяч жизней, уничтожают природные и созданные человеком ресурсы, оценивающиеся миллиардами долларов.

Численность наркоманов в России с 1990 г. возрастает. Данная тенденция сохраняется до настоящего времени (табл. 5.21). К 2012 г., по данным средств массовой информации, в России принимают наркотики уже около 6 млн человек.

Таблица 5.21

**Численность наркоманов в России
(данные Минздравсоцразвития России)**

| Показатель | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Взято под диспансерное наблюдение больных с впервые в жизни установленным диагнозом в отчетном году: | | | | | | |
| всего, тыс. чел. | 22,9 | 21,0 | 24,4 | 27,2 | 29,6 | 26,5 |
| на 100 000 чел. населения | 16,0 | 14,7 | 17,2 | 19,1 | 20,8 | 18,7 |
| Численность больных, состоящих на учете в лечебно-профилактических учреждениях на конец отчетного года: | | | | | | |
| всего, тыс. чел. | 326,6 | 325,7 | 328,0 | 333,3 | 338,7 | 341,9 |
| на 100 000 чел. населения | 228,3 | 228,8 | 231,6 | 234,4 | 238,5 | 240,9 |

По экспертным оценкам, в наркологические учреждения обращается только каждый десятый наркоман. Ежегодно от наркомании и токсикомании в России умирают до 40 тыс. человек, что значительно превышает аналогичный показатель для стран Западной Европы и США.

Сравнительный анализ показывает, что смертность населения России зависит от курения на 17%, от переедания (избыточный вес) — на 15%, от потребления алкоголя — на 12% от общей смертности.

Ежегодная смертность населения Земли от основных внешних причин представлена в табл. 5.22 (в расчетах принято, что ежегодная смертность населения Земли равна 100 млн чел.).

Таблица 5.22

Ежегодная смертность населения Земли

| Причина | Смертность, млн чел. | Доля от общей смертности, % |
|---|----------------------|-----------------------------|
| Курение | 5 | 5 |
| Производственный травматизм и профзаболевания | 2,2 | 2,2 |
| Техногенные ЧС (кроме ДТП и пожаров) | 0,5 | 0,5 |
| ДТП | 1,3 | 1,3 |
| Пожары | 0,2 | 0,2 |
| Загрязнение окружающей среды | 5,3 | 5,3 |
| Отравление пищей | 2,0 | 2,0 |

Контрольные вопросы

1. Назовите показатели для оценки негативного влияния опасностей на человека в условиях производства.
2. Что такое СПЖ? Какова ее связь с ВВП?
3. Охарактеризуйте уровень смертности от внешних причин в России. Назовите ее основные причины.
4. Сделайте анализ показателей гибели людей в России по видам ЧС.

Глава 6

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЧЕЛОВЕКО– И ПРИРОДОЗАЩИТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Биосфера неизбежно превратится в ноосферу, т.е. в сферу, где разум человека будет играть доминирующую роль в развитии системы человек — природа, хаотичное саморазвитие, основанное на процессах естественной саморегуляции, будет заменено разумной стратегией регулирования процессов естественного развития.

*В. И. Вернадский,
закон ноосферы (1944 г.)*

Изучив материалы этой главы, студент должен:

- *знать*: важнейшие показатели демографического развития, современную демографическую ситуацию в России и ее главные причины, основы стратегии устойчивого развития, перспективы развития научного направления «техносферная безопасность»;
 - *уметь*: формулировать понятие «культура безопасности», пользоваться информационными ресурсами для поиска статистической информации по оценке демографической ситуации в России.
-

6.1. Демографическое состояние России и пути его улучшения

В настоящее время Россия переживает демографический кризис. Согласно переписи населения 2010 г. численность населения России составляет 142 857 тыс. человек. Демографический прогноз для России неутешителен (рис. 6.1).

Согласно докладу ООН 2009 г. к 2025 г. население России сократится приблизительно на 11 млн человек, а к 2050 г. — на 33 млн. Для сравнения: к 2025 г. Япония потеряет 25 млн человек, Украина — 15 млн человек, Германия — 8,4 млн че-

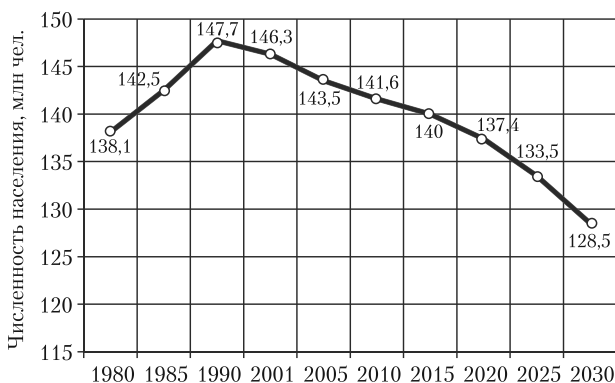


Рис. 6.1. Демографический прогноз для России

ловек. По численности населения мы упадем с 9-го на 15-е место в мире, уступив даже Вьетнаму.

Основные причины снижения численности населения:

- низкая рождаемость (в среднем 1,49 ребенка на семью по данным Росстата на 2008 г.);
- высокая смертность, основными причинами которой являются болезни кровообращения, травмы и отравления, новообразования (раковые заболевания). На их долю приходится соответственно 55, 14 и 14% от общей смертности населения.

Численность родившихся и умерших в России в период 1980—2008 гг. приведена на рис. 6.2.

Одной из главных причин демографического кризиса в России является высокая преждевременная смертность репродуктивной части населения от совокупности внешних причин. **Средний возраст смерти** мужского населения России от внешних причин составляет 42—44 года. Для решения демографических проблем важное значение имеет снижение смертности людей в репродуктивном возрасте.

Поиск и реализация путей преодоления демографического кризиса в России за счет повышения продолжительности жизни людей — сложная и многоплановая задача. Для ее решения выделим основные группы факторов, влияющих на продолжительность жизни населения и его здоровье. Некоторое представление об этом дают результаты научных исследований.

По данным ВОЗ, индивидуальная продолжительность жизни людей во многом связана с условиями их жизнедеятельности. ВОЗ считает, что здоровье людей определяется:

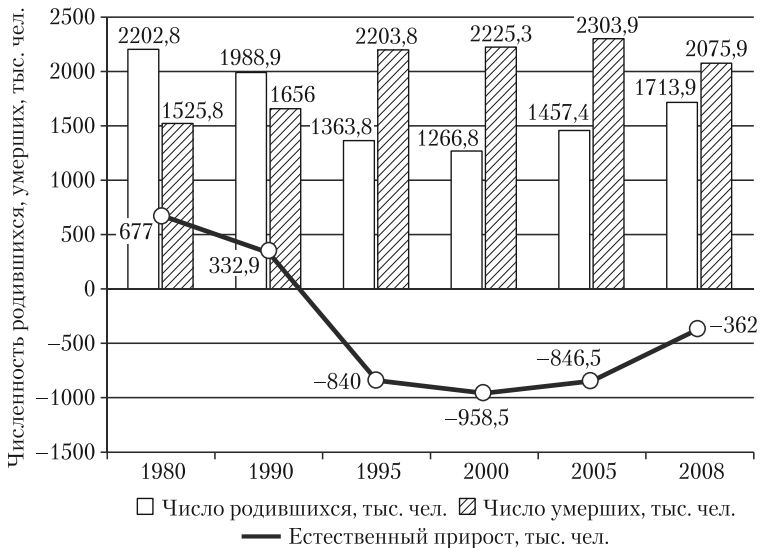


Рис. 6.2. Численность родившихся, умерших и естественный прирост населения в России

- генетическими факторами на 18–20%;
- организацией здравоохранения на 7–10%;
- образом жизни на 30–40%;
- состоянием окружающей среды на 30–40%.

Данные ВОЗ отчетливо свидетельствуют о том, что здоровье человека зависит во многом (до 70%) от его поведения (образа жизни) и от состояния среды жизнедеятельности. В профилактике негативного влияния этих факторов выделяют два направления: личное безопасное поведение человека и коллективные мероприятия по обеспечению безопасности.

Роль личности в достижении безопасности жизнедеятельности. Овладение знаниями по безопасности позволит каждому человеку свести к минимуму вероятность непредвиденной гибели. Для этого необходимо:

- соблюдать правила здорового образа жизни (ЗОЖ);
- всемерно следовать основам безопасности в быту, на производстве, на транспорте и в других сферах деятельности и отдыха;
- рационально выбирать виды деятельности и место жительства для себя и своей семьи, исходя из качества окружающей среды и уровня безопасности сфер деятельности.

Правила ЗОЖ. Причины смерти, связанные с нарушением ЗОЖ, и меры по их устранению приведены в табл. 6.1.

Из перечисленных в табл. 6.1 видов нарушения ЗОЖ трудно выделить главное зло, хотя во многом исходным, провоцирующим звеном в цепи нарушений принято считать алкоголь. Однако важно, не с чего начинают нарушать правила здорового образа жизни, а когда, в каком возрасте? Курить сегодня дети начинают в 11 лет, впервые употреблять алкоголь в ряде случаев в этом же возрасте, поэтому

Таблица 6.1

Меры по устранению причин смерти

| Причина смерти, опасность | Причина возникновения опасности | Меры устранения опасности |
|---------------------------|--|---|
| Алкоголизм | Незнание последствий. Злоупотребление. Низкое качество спиртного | Информация о вреде алкоголя. Контроль за качеством алкоголя. Лечение алкоголизма |
| Наркомания | Незнание последствий. Наркотическая зависимость | Информация о вреде наркотиков. Лечение наркотической зависимости. Соблюдение запрета на наркотики |
| ВИЧ-инфекция | Незнание последствий. Беспорядочный образ жизни | Информация о губительности СПИДа. Лечение |
| Курение | Незнание последствий. Широкая реклама табачных изделий | Информация о вреде курения. Контроль за качеством табака |
| Утопление | Неумение плавать. Незнание опасностей водной среды. Пренебрежение опасностью | Обучение плаванию. Информация об опасности водной среды |
| Самоубийство | Неудовлетворенность жизненной ситуацией. Психические расстройства. Стрессовые ситуации | Создание благоприятной социальной среды. Повышение благосостояния людей. Лечение. Информация о выходе из стрессовой ситуации |

рассмотрение вопросов, связанных с основами ЗОЖ, и знакомство с последствиями его нарушения необходимо начинать **в дошкольном возрасте и продолжать в начальных и средних классах школы.**

Выбор вида деятельности и местожительства. Для этого человеку необходима прежде всего информация о загрязнении селитебных зон и о рисках, связанных с профессиональной деятельностью и зоной обитания. Эта информация должна предоставляться компетентными государственными органами, а человек должен обладать необходимыми знаниями для ее адекватной оценки. *Благоприятное влияние* на здоровье населения оказывает *близкое к естественному* состояние среды обитания в городах и промышленных центрах.

Личная безопасность каждого человека определяется во многом его знаниями об опасностях, их источниках и мерах защиты. Своевременное выявление опасностей и рациональное использование средств защиты — основы личной безопасности.

Коллективная безопасность. Для снижения негативного влияния техники и технологий на людей создателям этих технических средств необходимо соблюдать требования безопасности и экологичности. При невозможности достижения таких решений необходимо предусматривать защитные средства. Все это должны в совершенстве знать творцы техносферы — инженеры, градостроители, работники коммунального хозяйства и многие другие, ответственные за реализацию мер коллективной безопасности.

Каждый человек, переходя из состояния учащегося (после завершения обучения в школе, колледже, вузе) в состояние *работника — создателя*, должен знать и оценивать возможные последствия своих действий. Поскольку человек наделен разумом, он стремится к созидательной жизни, пытаясь, как правило, изменить окружающий его мир в свою пользу. К сожалению, это преобразование, кроме желаемого, создает неизбежно и негативные эффекты, порождая тем самым отрицательные воздействия на человека и окружающий его мир.

Еще в 1882 г. Ф. Энгельс в работе «Диалектика природы» сказал, что наша историческая деятельность имеет «в первую очередь, те последствия, на которые мы рассчитываем, но во вторую и третью — совсем другие, непредвиденные, которые очень часто уничтожают значения первых». Он не

ошибся. Создавая техносферу, мы получаем не только комфорт, но и порождаем опасности.

Культура безопасности. Все, что входит в понятие личной и коллективной безопасности, достигается человеком на основе знания и последующего опыта, поэтому первейшим этапом достижения высоких значений продолжительности своей жизни является овладение каждым субъектом культурой безопасности.

Культура безопасности — качество личности, определяющее ее направленность на развитие потребностей в безопасности, на постоянное совершенствование знаний, умений и навыков реализации человеко- и природозащитной деятельности. Получить необходимые познания по безопасности можно с наибольшим успехом в системе образования.

Современный образованный человек приносит обществу пользу, когда максимально полно применяет свои знания, умения и навыки в решении задач безопасности.

Образование является основным звеном в обеспечении безопасности жизнедеятельности человека в техносфере. Оно обеспечивает комплекс необходимых знаний, базирующихся на научной основе и методологии, что позволяет поднять безопасность людей на новый, более высокий уровень.

Исходя из вышесказанного, первым и важнейшим шагом государства и общественности в деле достижения здоровой и продолжительной жизни населения России является обучение людей *основам культуры безопасности*.

Каждый россиянин должен:

- обладать знаниями и способностью узнавать опасности в быту, в сфере своей профессиональной деятельности, а также при использовании средств транспорта, т.е. на всех этапах своей жизни;

- всемерно соблюдать правила здорового образа жизни. Человек, особенно в молодом возрасте, должен знать об опасностях вредных привычек, таких как курение, алкоголизм, наркомания и т.п.;

- правильно выбирать и применять средства личной защиты от опасностей;

- способствовать устранению опасностей коллективного воздействия на людей и природу;

- уметь оказывать помощь и содействие пострадавшим от опасного воздействия.

В нашей стране созданы предпосылки для активного обучения всего населения основам культуры безопасности. Для

этого, как минимум, достаточно модернизировать курс ОБЖ, читаемый практически всем молодым россиянам в средней школе.

Учение «техносферная безопасность». Завершая анализ современного мира опасностей и человеко- и природо-защитной деятельности в России, необходимо отметить, что основной путь дальнейшего развития БЖД и ЗОС в ближайшем будущем и на перспективу — это *создание учения о техносферной безопасности*.

Для устранения негативного воздействия промышленного производства, энергетических комплексов, средств транспорта и иных объектов экономики на работающих, население и природу необходимо дальнейшее усовершенствование методов и средств превентивного анализа опасностей, действующих в селитебных зонах и регионах с целью наиболее полного описания их совместного воздействия.

Реализуемые в настоящее время мероприятия (экологическая экспертиза, аттестация рабочих мест, экспертиза промышленной безопасности, декларация промышленной безопасности и др.) проводятся, как правило, разобщенно для каждого источника опасности и опираются лишь на нормативы и правила по безопасности.

Настало время, когда необходимо переходить к комплексной оценке воздействия всех негативных территориальных объектов на работающих, население и окружающую техногенную и природную среды. На региональном уровне это оценка объекта должна проводиться не только на основании нормативных актов, в сложных случаях ее необходимо сопровождать научными изысканиями в области безопасности.

Создание безопасной техносферы — задача как индивидуального, так и всенародного масштаба; задача, непосредственно связанная как с действиями каждого человека в сфере деятельности, быта и отдыха (защита от опасностей первого круга), так и с действиями руководителей производственных процессов, отраслей экономики и государства (защита от опасностей первого и второго кругов). Значение этого существенно возрастает еще и потому, что обеспечение безопасности техносферы — это одновременно путь к решению и других проблем негативного влияния техносферы, фундамент для решения проблем безопасности на более высоких научных уровнях: региональном, межрегиональном, трансграничном, континентальном и глобальном.

Анализ причин возникновения техносферы и ее негативного влияния на природу и человека в ней обитающего свидетельствует не только о необратимости этого процесса, но и о сложности задачи создания техносферы высокого качества.

Опыт создания техносферы показывает, что ее высокое качество достижимо лишь в условиях неукоснительного соблюдения требований по совместимости техносферы и отдельных ее составляющих с человеком и всей биосферой. Достичь этого можно, лишь развивая и совершенствуя безопасность всех компонентов, составляющих техносферу (промышленные предприятия, транспорт и т.п.) и применяя специальную защитную технику для устранения негативного влияния техносферы на человека.

Создание техносферы высокого качества — насущная потребность всего урбанизированного населения Земли, путь к реализации учения о ноосфере.

Ноосфера — это стадия развития биосферы в будущем, когда главным фактором ее развития станет разумная деятельность людей, т.е. когда наступит гармония антропогенной деятельности человека с состоянием природной среды.

Предложено в 1927 г. французским философом Э. Леруа понятие «ноосфера» в дальнейшем (1945 г.) было развито В. И. Вернадским, который указал, что для реализации ноосферы необходимо как минимум:

- ограничение чрезмерных потреблений людей;
- рациональное использование природных ресурсов;
- использование экологически чистых технологий;
- осуществление мониторинга опасностей среды обитания;
- контроль численности населения Земли.

К началу XXI в. человечеству не удалось решить многие проблемы техносферной безопасности и создать техносферу необходимого качества. Что же нужно сделать для этого сейчас?

Во-первых, необходимо не на словах, а на деле признать важность стоящей перед человечеством задачи по созданию техносферы, качественно близкой к естественной (природной) среде. Создание качественной техносферы — это основа для сохранения человеком своего места на планете Земля.

Во-вторых, нужно признать актуальность разработки научного знания о техносферной безопасности.

Научные знания, составляющие основу новой естественнонаучной дисциплины «Ноксология», необходимы выпускнику вуза — будущему специалисту, бакалавру, магистру.

6.2. «Эра здоровой и продолжительной жизни»

Стратегически важным фактором, определяющим содержание человеко- и природозащитной деятельности в будущем, является предстоящая смена акцентов в развитии человеческого общества, обусловленная приходом «эры здоровой и продолжительной жизни», которая неизбежно последует за «эрой информатизации» уже в XXI в. Эта смена акцентов в развитии человеческого общества неизбежно потребует и смены приоритетов в его развитии. От приоритетной цепочки «эффективность — экономичность — безопасность», характерной для эры НТР, мир неизбежно придет к цепочке «безопасность — эффективность — экономичность» при реализации всего, создаваемого человеком в материальной сфере. Такая смена акцентов развития общества неизбежно потребует дальнейшего развития научного подхода в оценке опасностей окружающего нас материального пространства и поведенческих качеств людей.

При этом человечество неизбежно сменит свою тактику защиты от опасностей за счет соблюдения норм и правил безопасности (подход, часто понимаемый как метод «затыкания дыр») и перейдет к методу превентивного анализа опасностей всего вновь создаваемого человеком, постоянно помня о том, что *все опасности на Земле*, кроме естественных, *рукотворны*.

Неэффективность приоритетной цепи «эффективность — экономичность — безопасность» со всей очевидностью демонстрирует череда крупнейших аварий и катастроф XX — начала XXI в.: события на Чернобыльской АЭС, Саяно-Шушенской ГЭС, в Мексиканском заливе, в Фукусиме и т.п.

Переход к «эре здоровой и продолжительной жизни» потребует значительных усилий от государства и прежде всего роста доли ВВП, приходящегося на человеко- и природозащитные меры, в том числе и на развитие медико-биологических исследований; создание научной базы превентивной оценки опасностей всего вновь создаваемого экономикой страны; усиление мониторинга опасностей урбанизированных территорий и рабочих мест; широкое внедрение неразрушающего контроля состояния машин и агрегатов; совершенствование государственного управления органов защиты здоровья населения и сохранения окружающей техногенной и природной сред; дальнейшего совершенствования сферы образования в области безопасности человека и охраны природы.

С наступлением «эры здоровой и продолжительной жизни» на нашей планете должна восторжествовать философия безопасного долголетия человека, основанная на создании безопасной техносферы как среды обитания человека, всецело владеющего культурой безопасности.

Устранение демографического кризиса в России также во многом связано с формированием у ее населения философии и культуры безопасности. Философия безопасности основана на признании людьми важнейшей роли своей защиты и защиты окружающего их мира от опасностей, а необходимый культурный уровень достижим при соответствующем уровне образования людей, при их развитии и воспитании в духе глубокого почитания принципов и основ безопасности.

Последние десятилетия общественно-политическая элита, государственные деятели неустанно ищут варианты национальной идеи развития России. На наш взгляд, заслуживают особого внимания высказывания А. И. Солженицына (2005 г.): «В нашем бедственном, неурядливом, ограбленном состоянии я предложил бы национальную идею, которая изложена 250 лет тому назад елизаветинским вельможей Петром Ивановичем Шуваловым. Он предложил Елизавете руководствоваться как главным законом таким — бережение народа. Какая здесь мысль!».

В послании Президента РФ В. В. Путина Федеральному собранию (2006 г.) сказано: «Если мы действительно хотим сделать для граждан что-то полезное и нужное — предлагаю вам, отодвинув в сторону политические амбиции и не распыляя ресурсы, сосредоточиться на решении важнейших для страны проблем. И одна из них — демографическая или, как точно выразился А. И. Солженицын, это в широком смысле “бережение народа”. Убежден, что при таком подходе вы заслужите слова благодарности миллионов матерей, молодых семей, всех граждан нашей страны».

6.3. Стратегия устойчивого развития

Неизбежным позитивным итогом деятельности каждого из нас в области человеко- и природозащитной деятельности будет содействие реализации всемирной стратегии устойчивого развития «Повестка дня на XXI век» (Бразилия, Рио-де-Жанейро, июнь 1992 г).

Стратегия устойчивого развития направлена на достижение гармонии между людьми, обществом и природой.

Это означает, что понятие «устойчивое развитие» направлено на выживание человечества и сохранение биосферы как естественной основы всей жизни на Земле.

Эта концепция характеризуется несколькими принципиальными чертами:

- на глобальные проблемы, стоящие перед цивилизацией, авторы концепции смотрят не с позиции мирового сообщества, государства, региона, какой-либо организации, а с позиции отдельного человека;

- концепция по своему замыслу не разделяет, а объединяет людей независимо от того, где они живут, от их политических и религиозных убеждений. Она стоит выше этих различий, рассматривая всех, кто живет сейчас и кто придет на нашу планету в будущем, как граждан одной земной цивилизации;

- концепция впервые помещает в центр внимания интересы не только нынешнего, но и будущих поколений. В соответствии с ней будущим поколениям должны быть обеспечены приемлемые стартовые условия, сравнимые с теми, которые имеет поколение, живущее на Земле сейчас. Эти стартовые условия трактуются не только как поддержание удовлетворительного состояния окружающей среды, но и как сохранение культурных, духовных, информационных ресурсов, передача следующим поколениям многих системообразующих смыслов и ценностей как важнейших условий выживания и развития человечества.

Россия, подписавшая документы Всемирного форума, взяла на себя обязательства по реализации программы устойчивого развития, что подтверждено указом Президента РФ от 4 февраля 1994 г. № 236 «О государственной стратегии по охране окружающей среды и обеспечению устойчивого развития».

Контрольные вопросы

1. Каковы перспективы демографического развития России в XXI в.?

2. Что такое «культура безопасности»?

3. В чем суть учения о техносферной безопасности? Охарактеризуйте роль и место нокологии в этом учении.

4. Что потребуется от человека при переходе к «Эре здоровой и продолжительной жизни»?

5. Что такое стратегия устойчивого развития?

Практикум

Практическое занятие № 1

Оценка условий жизнедеятельности человека по факторам вредности и травмоопасности

Цель работы — ознакомление с методикой оценки последствий воздействия на человека неблагоприятных условий труда, а также вредных и травмоопасных факторов среды обитания (на производстве, в городе и в быту), наносящих ущерб здоровью, приводящих к сокращению жизни и повышению риска его гибели.

Теоретическая часть

Сокращение продолжительности жизни (СПЖ) — показатель скрытого ущерба здоровью; обобщенная характеристика ущерба неидентифицируемых (скрытых в отличие от проявленных — идентифицируемых) результатов воздействия опасности на человека как стохастических эффектов повреждения здоровья (суток за год).

Исходя из гигиенических критериев, условия труда подразделяются на 4 класса: оптимальные, допустимые, вредные и опасные (подробнее об этом читайте в параграфе 3.4). Соответствия классов условий труда степеням отклонений действующих факторов производственной среды и трудового процесса от гигиенических нормативов показаны далее в табл. 1, 2, 3, 4, 7, 8.

Уровни вредных воздействий, реально возможные в условиях производства, не ограничиваются значениями соответствующими классу 3.4. При более высоких уровнях вредных факторов их воздействие на человека может стать травмирующим, т.е. опасным, соответствующим классу 4.

Работа в условиях труда 4-го класса допускается только в чрезвычайных ситуациях, связанных с ликвидацией аварий и проведением экстренных работ по предупреждению аварийных ситуаций. В таких случаях должны применяться

Таблица 1

Превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны

| Класс условий труда | Вредные вещества | | | | | | | |
|---------------------|--|------------------------|--|---------------|------------------|---|---------------------------|--|
| | вещества, вызывающие острые отравления | | канцерогены, опасные для репродуктивного здоровья человека | аллергены | | противоопухолевые лекарственные средства, гормоны | наркотические анальгетики | прочие вредные вещества 1–4-го классов опасности |
| | с остронаправленным механизмом действия (хлор, аммиак) | раздражающего действия | | высокоопасные | умеренно опасные | | | |
| Допустимый: 2 | ≤ ПДК | ≤ ПДК | ≤ ПДК | ≤ ПДК | ≤ ПДК | – | – | ≤ ПДК |
| Вредный: 3.1 | 1,1–2,0 | 1,1–2,0 | 1,1–2,0 | – | 1,1–2,0 | – | – | 1,1–3,0 |
| 3.2 | 2,1–4,0 | 2,1–5,0 | 2,1–4,0 | 1,1–3,0 | 2,1–5,0 | – | + | 3,1–10,0 |
| 3.3 | 4,1–6,0 | 5,1–10,0 | 4,1–10,0 | 3,1–15,0 | 5,1–15,0 | – | – | 10,1–15,0 |
| 3.4 | 6,1–10,0 | 10,1–50,0 | > 10,0 | 15,1–20,0 | 15,1–20,0 | + | – | 15,1–20,0 |
| Опасный: 4 | > 10,0 | > 50,0 | – | > 20,0 | > 20,0 | – | – | > 20,0 |

Таблица 2

Превышение предельно допустимых уровней (ПДУ) шума, локальной, общей вибрации, инфразвука и ультразвука на рабочем месте

| Класс условий труда | Фактор и его показатель | | | | | |
|---------------------|---------------------------------------|--|----------------|---|---|--|
| | шум, эквивалентный уровень звука, дБА | вибрация локальная виброскорость, виброускорение; эквивалентный скорректированный уровень, превышение на ... дБ/среднее квадратическое значение, превышение в ... раз | вибрация общая | инфразвук, общий уровень звукового давления, измеренный по линейной шкале, дБ | ультразвук воздушный, уровень звукового давления в третьоктавных полосах частот, дБ | ультразвук контактный, уровень виброскорости, дБ |
| Допустимый: 2 | ≤ ПДУ | ≤ ПДУ | ≤ ПДУ | ≤ ПДУ | ≤ ПДУ | |
| Вредный: 3.1 | 5 | 3/1,4 | 6/2 | 5 | 5 | |
| 3.2 | 15 | 6/2 | 12/4 | 10 | 10 | |
| 3.3 | 25 | 9/2,8 | 18/6 | 15 | 15 | |
| 3.4 | 35 | 12/4 | 24/8 | 20 | 20 | |
| Опасный: 4 | > 35 | > 12/4 | > 24/8 | > 20 | > 40 | > 20 |

Таблица 3

Превышение ПДУ неионизирующих электромагнитных полей и излучений, раз

| Класс условий труда | Фактор | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|---------------------------------|-------------------------|---------------------------|---|---|---|--|--------------|---------------|----------------|-------------|---|-------|
| | геомагнитное поле (ослабленное) | электростатическое поле | постоянное магнитное поле | электрические поля промышленной частоты (50 Гц) | магнитные поля промышленной частоты (50 Гц) | электромагнитные поля в рабочем месте пользователя ПЭВМ | электромагнитные излучения радиочастотного диапазона | | | | | широкополосный электромагнитный импульс | |
| | | | | | | | 0,01–0,03 МГц | 0,03–3,0 МГц | 3,0–300,0 МГц | 30,0–300,0 МГц | 300,0 МГц – | | |
| Оптимальный: 1 | – | – | – | – | – | – | Естественный фон | | | | | – | |
| Допустимый: 2 | ≤ ВДУ | ≤ ПДУ | ≤ ПДУ | ≤ ПДУ | ≤ ПДУ | ≤ ВДУ | ≤ ПДУ | ≤ ПДУ | ≤ ПДУ | ≤ ПДУ | ≤ ПДУ | ≤ ПДУ | ≤ ПДУ |
| Вредный: 3.1 | ≤ 5 | ≤ 5 | ≤ 5 | ≤ 5 | ≤ 5 | > ВДУ | ≤ 5 | ≤ 5 | ≤ 5 | 5 | ≤ 5 | ≤ 5 | ≤ 5 |
| 3.2 | > 5 | > 5 | > 5 | > 10 | > 10 | – | ≤ 10 | ≤ 10 | ≤ 5 | ≤ 5 | ≤ 5 | ≤ 5 | > 5 |
| 3.3 | – | – | – | > 10 | > 10 | – | > 10 | > 10 | ≤ 10 | ≤ 10 | ≤ 10 | ≤ 10 | – |
| 3.4 | – | – | – | – | – | – | – | – | > 10 | > 10 | > 10 | > 10 | – |
| Опасный: 4 | – | – | – | > 40 | – | – | – | – | – | > 100 | > 100 | > 100 | > 50 |

Примечание. ВДУ – временные допустимые уровни.

Таблица 4

Превышение ПДУ неионизирующих электромагнитных излучений оптического диапазона
(лазерное, ультрафиолетовое)

| Класс условий труда | Излучение | | | при наличии источников УФО профилактического назначения (УФ-А), мВт/М ² |
|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|--|
| | лазерное | ультрафиолетовое | | |
| | при хроническом воздействии | при однократном воздействии | при наличии производственных источников: УФ-А + УФ-В, УФ-С, Вт/М ² | |
| Допустимый: 2 | \leq ПДУ ₁ | \leq ПДУ ₂ | ДИИ | 9–45 |
| Вредный: 3.1 | $>$ ПДУ ₁ | $>$ ПДУ ₂ | $>$ ДИИ | — |
| 3.2 | — | ≤ 10 ПДУ ₂ | — | — |
| 3.3 | — | $< 10^2$ ПДУ ₂ | — | — |
| 3.4 | — | $< 10^3$ ПДУ ₂ | — | — |
| Опасный: 4 | — | $> 10^3$ ПДУ ₂ | — | — |

Примечание. УФ — ультрафиолетовое излучение с длиной волны; УФ-А — 400–320 нм (длинноволновое, близкое УФ-излучение); УФ-В — 320–280 нм (средневолновое, загарающая радиация); УФ-С — 280–200 нм (коротковолновое, бактерицидная радиация); УФО — ультрафиолетовое облучение; ДИИ — допустимая интенсивность излучения.

Таблица 5

Тяжесть трудового процесса

| Показатель | Класс условий труда | | |
|---|--|--|---------------------------|
| | оптимальный: 1 (легкая физическая нагрузка) | допустимый: 2 (средняя физическая нагрузка) | вредный (тяжелый труд) |
| | | | 3.1 |
| | | | 3.2 |
| Физическая динамическая нагрузка (единицы внешней механической работы за смену, кг·м): | | | |
| при региональной нагрузке (с преимущественным участием мышц рук и плечевого пояса) при перемещении груза на расстояние до 1 м | До 2500 / до 1500 | До 5000 / до 3000 | До 7000 / до 4000 |
| при общей нагрузке (с участием мышц рук, корпуса, ног): | | | |
| при перемещении нагрузки на расстояние от 1 до 5 м | До 12 500 / до 7500 | До 25 000 / до 15 000 | До 35 000 / до 25 000 |
| при перемещении груза на расстояние более 5 м | До 24 000 / до 14 000 | До 46 000 / до 28 000 | До 70 000 / до 40 000 |
| Масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную, кг: | | | |
| подъем и перемещение (разовое) тяжести при чередовании с другой работой (до 2 раз в час) | До 15 / до 5 | До 30 / до 10 | До 35 / до 12 |
| подъем и перемещение (разовое) тяжести постоянно в течение рабочей смены | До 5 / до 3 | До 15 / до 7 | До 20 / до 10 более 10 |

Окончание табл. 5

| Показатель | Класс условий труда | | |
|---|--|--|----------------------------|
| | оптимальный: 1 (легкая физическая нагрузка) | допустимый: 2 (средняя физическая нагрузка) | вредный (тяжелый труд) |
| Суммарная масса грузов, перемещаемых в течение каждого часа смены: | | | 3.1 |
| с рабочей поверхности | До 250 / до 100 | До 870 / до 350 | До 1500 / до 700 |
| с пола | До 100 / до 50 | До 435 / до 175 | До 600 / до 350 |
| Стереотипные рабочие движения, количество за смену: | | | |
| при локальной нагрузке (с участием мышц кистей и пальцев рук) | До 20 000 | До 40 000 | До 60 000 |
| при региональной нагрузке (при работе с преимущественным участием мышц рук и плечевого пояса) | До 10 000 | До 20 000 | До 30 000 |
| Статическая нагрузка за смену при удержании груза, приложении усилий, 10 Н·с: | | | |
| одной рукой | До 18 000 / до 11 000 | До 36 000 / до 22 000 | До 70 000 / до 42 000 |
| двумя руками | До 36 000 / до 22 000 | До 70 000 / до 42 000 | До 140 000 / до 84 000 |
| с участием мышц корпуса и ног | До 43 000 / до 26 000 | До 100 000 / до 60 000 | До 200 000 / до 120 000 |

Примечание. В числителе указаны данные для мужчин, в знаменателе — для женщин.

Таблица 6

Напряженность грудного процесса

| Класс условий труда | Нагрузки | | | эмоциональные |
|---|--|--|--|---|
| | интеллектуальные | сенсорные | | |
| | Содержание работы | Восприятие сигналов (информации) и их оценка | Длительность сосредоточенного наблюдения, % от времени смены | Степень ответственности за результат собственной деятельности. Значимость ошибки |
| Оптимальный: 1 (напряженность труда легкой степени) | Отсутствует необходимость принятия решения | Восприятие сигналов, но не требуется коррекция действий | До 25 | Несет ответственность за выполнение отдельных элементов заданий. Влечет за собой дополнительные усилия в работе со стороны работника |
| Допустимый: 2 (напряженность труда средней степени) | Решение простых задач по инструкции | Восприятие сигналов с последующей коррекцией действий и операций | 26–50 | Несет ответственность за функциональное качество вспомогательных работ (заданий). Влечет за собой дополнительные усилия со стороны вышестоящего руководства (бригадира, мастера и т.п.) |

Окончание табл. 6

| Класс условий труда | Нагрузки | | | | эмоциональные |
|-----------------------------|---|---|--|--|---------------|
| | интеллектуальные | сенсорные | Длительность сосредоточенного наблюдения, % от времени смены | Степень ответственности за результат собственной деятельности. Значимость ошибки | |
| Вредный (напряженный труд): | | | | | |
| 3.1 | Содержание работы Решение сложных задач с выбором по известным алгоритмам (работа по серии инструкций) | Восприятие сигналов (информации) и их оценка Восприятие сигналов, с последующим сопоставлением фактических значений параметров с их номинальными значениями. Значительная оценка фактических значений параметров | 51—75 | Несет ответственность за функциональное качество основной работы (задания). Влетает за собой исправления за счет дополнительных усилий всего коллектива (группы, бригады и т.п.) | |
| 3.2 | Эвристическая (творческая) деятельность, требующая алгоритма решения, единичное руководство в сложных ситуациях | Восприятие сигналов с последующей комплексной оценкой связанных параметров. Комплексная оценка всей производственной деятельности | Более 75 | Несет ответственность за функциональное качество конечной продукции, работы, задания. Влетает за собой повреждение оборудования, остановку технологического процесса. Может возникнуть опасность для жизни | |

Таблица 7

Параметры световой среды

| | | Освещение | | | |
|------------------------|--|---|---------------------------|---|---------------------------------------|
| | | естественное | искусственное | | |
| Класс условий труда | коэффициент естественного освещения (КЕО), % | освещенность рабочей поверхности (Е, лк) для рядов зрительных работ | | прямая и зеркально отраженная блескость | коэффициент пульсации освещенности, % |
| | | I-III, А, Б1 | IV-XIV, Б2, В, Г, Д, Е, Ж | | |
| Допустимый: 2 | $\geq 0,5$ | $E_{н}$ | $E_{н}$ | Отсутствие | $K_{пн}$ |
| Вредный: 3.1 3.2 | $0,1 - 0,5E_{н}$ $< 0,1E_{н}$ | $0 \leq 5E_{н} \text{ до } < E_{н}$ $< 0,5E_{н}$ | $< E_{н}$ | Наличие — | $> K_{пн}$ — |

Примечание. Индексом «н» обозначены нормативные значения параметров.

Таблица 8

Пороговые значения уровней вредных факторов для класса 4

| Вредные факторы | Значения уровней факторов |
|---|---|
| Вредные вещества 1-го и 2-го класса опасности | > 20 ПДК |
| Вредные вещества, опасные для развития острого отравления | > 10 ПДК |
| Шум, дБА | Превышение ПДУ > 35 |
| Вибрация локальная, дБ | Превышение ПДУ > 12 |
| Вибрация общая, дБ | Превышение ПДУ > 24 |
| Тепловое излучение | > 2800 Вт/м ² |
| Электрические поля промышленной частоты | > 40 ПДК |
| Лазерное излучение | > 10 ³ ПДУ при однократном воздействии |

средства индивидуальной защиты и строго соблюдаться специальные режимы проведения работ.

Оценка ущерба здоровью, обусловленного неблагоприятными условиями среды обитания

При суточной миграции человека во вредных условиях жизненного пространства (производство, город, быт) суммарная оценка скрытого ущерба здоровью определяется через подсчет сокращения продолжительности жизни (СПЖ_Σ), в сутках потерянной жизни за год, по формуле

$$\text{СПЖ}_{\Sigma} = \text{СПЖ}_{\text{пр}} + \text{СПЖ}_{\text{г}} + \text{СПЖ}_{\text{б}}, \quad (1)$$

где СПЖ_{пр}, СПЖ_г, СПЖ_б – время сокращения продолжительности жизни человека при пребывании его соответственно в производственных, городских и бытовых условиях, сут.

Расчет снижения продолжительности жизни по фактору неблагоприятных условий производства осуществляется по формуле

$$\text{СПЖ}_{\text{пр}} = (K_{\text{пр}} + K_{\text{т}} + K_{\text{н}})(T - T_{\text{н}}), \quad (2)$$

где $K_{\text{пр}}$ – ущерб здоровью на основании оценки условий труда по факторам производственной среды, сут./год; $K_{\text{т}}$ – ущерб здоровью по показателю тяжести трудового процес-

са, сут./год; K_n — ущерб здоровью по показателю напряженности трудового процесса, сут./год; T — возраст человека, лет; T_n — возраст к началу трудовой деятельности, лет.

Ущерб здоровью на основании оценки условий труда по факторам производственной среды $K_{пр}$ рассчитывается в зависимости от класса вредности условий труда по табл. 9.

Ущерб здоровью по показателю тяжести трудового процесса K_T определяется в зависимости от класса условий труда по табл. 10.

Таблица 9

**Определение скрытого ущерба здоровью на основании
общей оценки класса условий труда**

| Фактические условия труда | Класс условий труда | Ущерб, суток за год ($K_{пр}$) |
|-------------------------------|---------------------|----------------------------------|
| 1 фактор класса 3.1 | 3.1 | 2,5 |
| 2 фактора класса 3.1 | 3.1 | 3,75 |
| 3 и более факторов класса 3.1 | 3.2 | 5,1 |
| 1 фактор класса 3.2 | 3.2 | 8,75 |
| 2 и более факторов класса 3.2 | 3.3 | 12,6 |
| 1 фактор класса 3.3 | 3.3 | 18,75 |
| 2 и более факторов класса 3.3 | 3.4 | 25,1 |
| 1 фактор класса 3.4 | 3.4 | 50,0 |
| 2 и более факторов класса 3.4 | 4 | 75,1 |
| Наличие факторов класса 4 | 4 | 75,1 |

Таблица 10

**Скрытый ущерб здоровью по показателю тяжести
трудового процесса**

| Фактические условия труда | Класс условий труда | Ущерб, суток за год (K_T) |
|-------------------------------|---------------------|-------------------------------|
| Менее 3 факторов класса 2 | 2 | — |
| 3 и более факторов класса 2 | 3.1 | 2,5 |
| 1 фактор класса 3.1 | 3.1 | 3,75 |
| 2 и более факторов класса 3.1 | 3.2 | 5,1 |
| 1 фактор класса 3.2 | 3.2 | 8,75 |
| 2 фактора класса 3.2 | 3.3 | 12,6 |
| Более 2 факторов класса 3.2 | 3.3 | 18,75 |

Ущерб здоровью по показателю напряженности трудового процесса K_n определяется в зависимости от класса условий труда по табл. 11.

Таблица 11

**Скрытый ущерб здоровью по показателю напряженности
трудового процесса**

| Класс вредности условий труда | Время сокращения продолжительности жизни, сут./год | |
|----------------------------------|--|------------------------|
| | диапазон | среднее значение K_n |
| 3.1 | От 2,5 до 5,0 | 3,75 |
| 3.2 | От 5,1 до 12,5 | 8,75 |
| 3.3 | От 12,6 до 25,0 | 18,75 |
| 3.4 | От 25,1 до 75,0 | 50,0 |
| 4 | 75,1 | — |

Сокращение продолжительности жизни человека по фактору неблагоприятных условий городской среды определяется по формуле

$$\text{СПЖ}_r = (K_{r1}T_r + K_{r2}\frac{t}{24}T_r), \quad (3)$$

где K_{r1} и K_{r2} — скрытый ущерб здоровью по вредным факторам городской среды соответственно от загрязнения воздуха и поездки на общественном транспорте, сут./год; t — время, затрачиваемое человеком ежедневно на проезд на работу и домой, отнесенное к 24 ч, ч; T_r — количество лет, в течение которых человек использует общественный транспорт для поездки на работу.

Сокращение продолжительности жизни человека по фактору неблагоприятных бытовых условий в предположении, что человек курит, определяется по формуле

$$\text{СПЖ}_6 = (K_{61}T + K_{62}\frac{n}{20}T_k), \quad (4)$$

где K_{61} и K_{62} — скрытый ущерб здоровью по вредным факторам бытовой среды соответственно от неблагоприятных жилищных условий и от курения, сут./год; n — количество сигарет, выкуриваемых человеком в день, отнесенное к 20 сигаретам, приводящим к отравлению, пограничному между хроническим и острым; T_k — стаж курильщика, лет.

Значения ущербов по городской среде K_{r1} , K_{r1} и по бытовой среде K_{61} , K_{62} приведены в табл. 12.

Таблица 12

**Скрытый ущерб здоровью по вредным факторам
городской и бытовой среды**

| Среда | Вредные факторы | | |
|-----------|---|-------------|-----------------|
| | наименование | обозначение | ущерб, сут./год |
| Городская | Загрязнение воздуха в крупных городах | $K_{г1}$ | 5 |
| | Ежедневная поездка в часы «пик» в общественном транспорте | $K_{г2}$ | 2 |
| Бытовая | Проживание в неблагоприятных жилищных условиях | $K_{б1}$ | 7 |
| | Ежедневное курение | $K_{б2}$ | 50 |

**Оценка риска получения человеком травм
с различными исходами в производственных,
городских и бытовых условиях**

Вероятность получения травмы человеком в различных сферах его жизнедеятельности (производственной, городской, бытовой) оценивается величиной индивидуального риска R . При наличии соответствующих статистических данных величину риска определяют по формуле

$$R = \frac{N_{\text{тр}}}{N}, \quad (5)$$

где $N_{\text{тр}}$ — число травм за некоторый период времени; N — среднесписочная численность работавших за тот же период.

Количественным показателем производственного травматизма являются:

1) коэффициент частоты травматизма:

$$K_{\text{ч}} = \frac{N_{\text{тр}}}{N} 1000; \quad (6)$$

2) коэффициент частоты несчастных случаев с летальным исходом:

$$K_{\text{ли}} = \frac{N_{\text{ли}}}{N} 1000, \quad (7)$$

где $N_{\text{ли}}$ — число травм с летальным исходом.

Эти показатели определяют число пострадавших, приходящихся на 1000 работающих за определенный период вре-

мени (обычно за год). При известных $K_{\text{ч}}$ и $K_{\text{ли}}$ риски получения на производстве травмы $R_{\text{тр}}$ и травмы с летальным исходом $R_{\text{ли}}$ определяются по формулам

$$R_{\text{тр}} = \frac{K_{\text{ч}}}{1000}; \quad (8)$$

$$R_{\text{ли}} = \frac{K_{\text{ли}}}{1000}. \quad (9)$$

Значения $K_{\text{ч}}$ и $K_{\text{ли}}$ для различных отраслей экономики и отдельных профессий приведены в табл. 13.

Таблица 13

**Коэффициенты частоты травматизма ($K_{\text{ч}}$)
и частоты несчастных случаев с летальным исходом ($K_{\text{ли}}$)
для отдельных отраслей и некоторых профессий**

| Отрасль, профессия | Коэффициент частоты травматизма ($K_{\text{ч}}$) | Коэффициент частоты несчастных случаев с летальным исходом ($K_{\text{ли}}$) |
|-----------------------------------|--|--|
| По всем отраслям | 5,0 | 0,15 |
| <i>Промышленность</i> (в среднем) | 5,5 | 0,133 |
| в том числе: | | |
| электроэнергетика | 1,7 | 0,131 |
| тепловые сети | 3 | 0,132 |
| черная металлургия | 3,6 | 0,146 |
| цветная металлургия | 4,5 | 0,216 |
| приборостроение | 3,1 | 0,061 |
| автомобильная промышленность | 4,6 | 0,069 |
| лесопильное производство | 16,7 | 0,246 |
| мясная и молочная промышленность | 7,4 | 0,079 |
| <i>Сельское хозяйство</i> | 8,3 | 0,216 |
| <i>Транспорт</i> (в среднем) | 3,6 | 0,162 |
| в том числе: | | |
| железнодорожный | 1,3 | 0,111 |
| водный | 5,0 | 0,345 |
| авиационный | 2,5 | 0,264 |
| <i>Строительство</i> | 5,3 | 0,312 |

Окончание табл. 13

| Отрасль, профессия | Коэффициент частоты травматизма (K_{tr}) | Коэффициент частоты несчастных случаев с летальным исходом ($K_{ли}$) |
|------------------------|--|---|
| Коммунальное хозяйство | 3,2 | 0,037 |
| Водитель | — | 0,32 |
| Электросварщик | — | 0,20 |
| Газосварщик | — | 0,21 |
| Грузчик | — | 0,18 |
| Слесарь | — | 0,11 |
| Крановщик | — | 0,14 |

Риск гибели людей в непроизводственных условиях города R_r и быта $R_б$ можно приближенно оценить, пользуясь данными, приведенными в табл. 14.

Таблица 14

Риск гибели людей в непроизводственных условиях

| Причина гибели | В условиях города (R_r) | В условиях быта ($R_б$) |
|---|-----------------------------|---------------------------|
| Автокатастрофа | 2,5 | 10^{-4} |
| Авиакатастрофа | 1 | 10^{-5} |
| Электротравма | 6 | 10^{-6} |
| Падение человека | 1 | 10^{-4} |
| Падение предметов на человека | 6 | 10^{-6} |
| Воздействие пламени | 4 | 10^{-5} |
| Утопление | 3 | 10^{-5} |
| Авария на АЭС (на границе территории АЭС) | 5 | 10^{-7} |
| Природные явления (молнии, ураганы и пр.) | 10^{-6} | 10^{-7} |

Вычисление вероятности гибели человека в цепи несовместимых событий производится по формуле

$$R_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n R_i, \quad (10)$$

где R_{Σ} — суммарный риск от n последовательных событий; R_i — вероятность индивидуального события.

Практическая часть

Порядок проведения работы

1. Внимательно изучите вариант задания, выданный преподавателем.

2. В соответствии с полученным заданием проведите оценку условий труда на рабочем месте по каждому негативному фактору, указанному в описании варианта, и определите класс вредности условий труда по табл 1—4, 7, 8. Заполните таблицу О-1 отчета по лабораторной работе.

3. Проведите количественную оценку скрытого ущерба здоровью по фактору неблагоприятных условий производства на основании общей оценки класса условий труда. Значения $K_{\text{пр}}$ выберите из табл. 9.

4. При оценке ущерба здоровью только по показателю тяжести трудового процесса воспользуйтесь табл. 6 и 10.

5. При оценке ущерба здоровью только по показателю напряженности трудового процесса величину ущерба определите по классу условий труда из табл. 7 и 11.

6. Учет влияния вредных факторов городской K_{r1} и бытовой K_{r2} среды на здоровье людей оцените по данным, приведенным в табл. 12.

7. Полученные в пунктах 3—6 данные внесите в табл. О-2 отчета по лабораторной работе.

8. Оцените риск получения травмы $R_{\text{тр}}$ или риск гибели на производстве $R_{\text{ли}}$, согласно формулам (8) и (9), подобрав величины коэффициента частоты травматизма $K_{\text{ч}}$ и коэффициент частоты несчастных случаев с летальным исходом $K_{\text{ли}}$ из табл. 13, а риск гибели в производственных условиях города $R_{\text{г}}$ и быта $R_{\text{б}}$ — из табл. 14. Результаты занесите в табл. О-3 отчета по лабораторной работе.

9. Сделайте выводы и предложите рекомендации по увеличению ВСПЖ и снижению риска $R_{\text{тр}}$ и $R_{\text{ли}}$.

Варианты заданий

Вариант № 1

Определите сокращение продолжительности жизни рабочего-заточника в зависимости от класса условий труда в механическом цехе, условий проживания, поведения и суммарный риск его гибели.

Работа ведется электрокорундовыми кругами. Количество окиси кремния (3-й класс опасности) в воздухе рабо-

чей зоны превышает ПДК в 1,5 раза. При заточке присутствует отраженная блескость. При контакте со шлифовальным кругом, вращающимся со скоростью 6300 об/мин, заточник испытывает воздействие локальной вибрации, превышающей допустимую на 9 дБ.

Уровень шума превышает допустимый на 25 дБА. Освещенность в цехе из-за сильного загрязнения системы освещения составляет $0,5 E_n$ (разряд зрительной работы – IV).

Живет заточник около нефтеперерабатывающего завода, ему 45 лет, трудиться начал с 15 лет, выкуривает более 20 сигарет в день в течение 30 лет. Время в пути до места работы составляет 1 ч, в транспорте заточник также подвергается воздействию вибрации.

Вариант № 2

Определите величину сокращения продолжительности жизни и величину риска гибели мастера (инженера) участка виброуплотнения и термообработки стержневых смесей литейного цеха. Вентиляция в цехе работает неэффективно. Печи индукционного нагрева работают на частоте 3,0 МГц с интенсивностью поля, превышающей ПДУ более чем в 5 раз. Вибрация на рабочем месте мастера превышает допустимую на 12 дБ. Уровень шума превышает допустимый на 15 дБА.

Интенсивность теплового потока на рабочем месте составляет $1,05 \text{ кВт/м}^2$ (норма – $0,35 \text{ кВт/м}^2$).

Запыленность алюминиевой и магниевой пылью (2-й класс опасности, без особого действия), загазованность воздуха рабочей зоны парами аммиака, ацетона, окисью углерода (3-й класс опасности, влияет на репродуктивную функцию) превышает ПДК в 7 раз.

Мастер живет за городом, куда добирается на электричке и автобусе в течение 1,5 часа. Дом его расположен около железнодорожного переезда и уровень инфразвука от маневровых тепловозов в доме в ночное время превышает ПДУ на 10 дБ. Ему 60 лет, из них 45 лет он курит в среднем по 12 сигарет в день. Трудовой стаж 40 лет.

Вариант № 3

Определите величину сокращения продолжительности жизни оператора гибкого автоматизированного комплекса, рабочее место которого оснащено компьютером буквенно-цифрового типа, на котором он работает более 4 ч за смену,

и пультом управления с большим числом контрольно-измерительных шкальных приборов. Оператор постоянно, с длительностью сосредоточенного наблюдения более 45% от времени смены, обрабатывает информацию, внося коррекцию в работу комплекса. При этом он несет полную ответственность за функциональное качество вспомогательных работ, а также за обеспечение непрерывного производственного процесса. Обеспечение последнего зависит от оперативного принятия управленческих решений.

Вариант № 4

Определите величину сокращения продолжительности жизни и величину риска гибели 50-летнего инженера, окончившего МГТУ им. Н. Э. Баумана и поступившего работать мастером окрасочного цеха на завод ЗИЛ в 25 лет.

Содержание в составе лакокрасочного аэрозоля — стирола, фенола (3-й класс опасности, без особенностей действия), формальдегида (2-й класс опасности, влияет на репродуктивную функцию) составляет 7,5 ПДК. Уровень шума при пневматической окраске превышает ПДУ на 25 дБА, освещенность в цехе из-за постоянного наличия лакокрасочного тумана составляет меньше 0,5 E_n (разряд зрительной работы — VI); уровень статического электричества при окраске с помощью центробежной электростатической установки УЭРЦ-1 составляет менее 5 ПДУ.

Степень ответственности за окончательный результат работы (боязнь остановки техпроцесса, возможность возникновения опасных ситуаций для жизни людей и др.) составляет класс условий труда 3.2. Из-за дефицита времени по напряженности труда работа мастера относится к классу 3.1.

Живет инженер в районе завода ЗИЛ на Автозаводской улице.

Вариант № 5

Определите величину сокращения продолжительности жизни маляра — женщины, которая окрашивает промышленные изделия с помощью краскопульта весом 18 Н в течение 80% времени смены, т.е. 360 мин, при этом она выполняет около 30 движений с большой амплитудой в минуту. Уровень звука в цехе превышает норму на 7 дБА, освещенность составляет 0,6 от E_n при выполнении IV разряда зрительной работы. Загазованность, вызванная испарением растворителей краски (ацетон, уайт-спирит — 4 класс опас-

Таблица О-2

| Класс условий деятельности | СПЖ |
|----------------------------|-----|
| СПЖ _{пр} | |
| СПЖ _г | |
| СПЖ _б | |
| СПЖ _Σ | |

Таблица О-3

| Показатель травматизма | Расчет риска |
|------------------------|--------------|
| $K_{ч}$ | |
| $K_{ли}$ | |
| $K_{г}$ | |
| $K_{б}$ | |
| $R_{г}$ | |
| $R_{б}$ | |
| $R_{Σ}$ | |

Выводы и рекомендации по увеличению СПЖ и снижению рисков $R_{гр}$, $R_{си}$:

| Работу выполнил | Дата | Работу принял | Дата |
|-----------------|------|---------------|------|
| | | | |

Практическое занятие № 2

Расчет СПЖ населения, проживающего на территории, загрязненной радионуклидами

Расчет проводится с учетом современных методов, утвержденных Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека и предназначенных для определения доз облучения населения, проживающего на территории, загрязненной в результате аварии на Чернобыльской АЭС.

Порядок расчета

1. Рассчитайте дозу внешнего облучения (D) за 70 лет (за всю жизнь) по нижеприведенной формуле (рекомендации ООН):

$$D = K\Pi,$$

где D — доза облучения, бэр; Π — начальная плотность загрязнения местности ^{137}Cs , Ки/км²; K — коэффициент, зависящий от типа почв местности и изменяющийся от 0,2 до 0,8. Для песчаных почв K максимален и равен 0,8; для черноземных почв $K = 0,2$. Обычно в расчетах принимают $K = 0,6$.

Отметим, что пострадавшими от аварии на Чернобыльской АЭС считаются территории, на которых загрязнение ^{137}Cs составляет 5 Ки/км² и выше. Общая загрязненная площадь составила около 25 000 км², при этом в отдельных местах загрязнение достигло 40–700 Ки/км² и более.

2. Рассчитайте потерю СПЖ по формуле

$$\Delta\text{СПЖ} = 5D,$$

где $\Delta\text{СПЖ}$ — потеря СПЖ, сут.

3. Ситуацию можно улучшить за счет переезда из загрязненной зоны в благоприятную. При переезде через пять лет после аварии предотвращаемая доза (доза, которая предотвращается вследствие применения конкретной контрмеры и рассчитывается как разность между дозой без применения контрмеры и дозой после прекращения действия введенной контрмеры) может составить около 30% от общей ожидаемой за 70 лет; через 10 лет — 15%, а через 20 лет — 10%.

4. Рассчитайте вклад внутреннего облучения и суммарное облучение за 5, 10, 20 и 70 лет, полагая, что внутреннее облучение (от загрязнения воды и продуктов) составит око-

до 40—60% от внешнего. При этом под суммарным облучением будем понимать сумму внешнего и внутреннего облучения.

Расчет Δ СПЖ необходимо выполнить для плотности загрязнения 20, 40, 60, 80, 100, 400 и 700 Ки/км². Результаты расчета необходимо оценить в процентах, исходя из условия, что в течение 70 лет нам отпущено $70 \cdot 365 = 25\,550$ суток. Результаты расчета представить в виде табл. О-4 и О-5.

Таблица О-4

| Расчетная величина | Плотность загрязнения местности ¹³⁷ Cs, Ки/км ² | | | | | | |
|-------------------------------------|---|----|----|----|-----|-----|-----|
| | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 400 | 700 |
| Доза внешнего облучения D , бэр | | | | | | | |
| Потеря СПЖ, сут. | | | | | | | |
| Потеря СПЖ, % | | | | | | | |
| <i>При переезде через 5 лет</i> | | | | | | | |
| Предотвращаемая доза D_5 , бэр | | | | | | | |
| Потеря СПЖ, сут. | | | | | | | |
| Потеря СПЖ, % | | | | | | | |
| <i>При переезде через 10 лет</i> | | | | | | | |
| Предотвращаемая доза D_{10} , бэр | | | | | | | |
| Потеря СПЖ, сут. | | | | | | | |
| Потеря СПЖ, % | | | | | | | |
| <i>При переезде через 20 лет</i> | | | | | | | |
| Предотвращаемая доза D_{20} , бэр | | | | | | | |
| Потеря СПЖ, сут. | | | | | | | |
| Потеря СПЖ, % | | | | | | | |

Таблица О-5

| Расчетная величина | Плотность загрязнения местности ¹³⁷ Cs, Ки/км ² | | | | | | |
|--------------------------------------|---|----|----|----|-----|-----|-----|
| | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 400 | 700 |
| <i>За 70 лет</i> | | | | | | | |
| Доза внешнего облучения D , бэр | | | | | | | |
| Доза внутреннего облучения D , бэр | | | | | | | |
| Суммарная доза, бэр | | | | | | | |

Окончание табл. О-5

| Расчетная величина | Плотность загрязнения местности ^{137}Cs , Ки/км ² | | | | | | |
|--------------------------------------|--|----|----|----|-----|-----|-----|
| | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 400 | 700 |
| <i>За 5 лет</i> | | | | | | | |
| Доза внешнего облучения D , бэр | | | | | | | |
| Доза внутреннего облучения D , бэр | | | | | | | |
| Суммарная доза, бэр | | | | | | | |
| <i>За 10 лет</i> | | | | | | | |
| Доза внешнего облучения D , бэр | | | | | | | |
| Доза внутреннего облучения D , бэр | | | | | | | |
| Суммарная доза, бэр | | | | | | | |
| <i>За 20 лет</i> | | | | | | | |
| Доза внешнего облучения D , бэр | | | | | | | |
| Доза внутреннего облучения D , бэр | | | | | | | |
| Суммарная доза, бэр | | | | | | | |

Глоссарий

Авария — разрушение сооружений, оборудования, технических устройств, неконтролируемый взрыв и (или) выброс опасных веществ, создающие угрозу жизни и здоровью людей.

Аксиома о воздействии среды обитания на любое живое тело (в том числе на человека) — воздействие среды обитания на живое тело может быть позитивным или негативным, характер воздействия определяют параметры потоков и способность живого тела воспринимать эти потоки.

Аксиома о совокупном воздействии опасности — на любой объект защиты одновременно воздействуют все потоки, поступающие извне в зону его пребывания.

Аксиома об одновременном воздействии опасностей — потоки вещества, энергии и информации, генерируемые их источниками, не обладают избирательностью по отношению к объектам защиты и одновременно воздействуют на человека, природную среду и техносферу, которые находятся в зоне их влияния.

Антропогенные опасности — опасности, которые возникают в результате ошибочных или несанкционированных действий человека или групп людей.

Антропогенно-техногенные опасности — опасности, связанные с усилением действия непосредственно антропогенных опасностей за счет взаимодействия человека с техническими системами или современными технологиями.

Безопасность жизнедеятельности — наука о комфортном и безопасном взаимодействии человека с техносферой.

Безопасность объекта защиты — состояние объекта защиты, при котором воздействие на него всех потоков вещества, энергии и информации из окружающей среды не превышает максимально допустимых значений.

Биосфера — природная область распространения жизни на Земле, включающая нижний слой атмосферы, гидросферу и верхний слой литосферы, не испытавшие техногенного воздействия.

Бытовые опасности — опасности, классифицируемые по признаку видов зон воздействия. Как правило, бытовые опасности являются локальными, ограниченными размерами помещений.

Глобальные опасности — опасности, классифицируемые по размерам зоны воздействия и отличающиеся всеобщим характером, охватывающие весь земной шар. К числу глобальных опасностей относятся, например, такие явления, как потепление климата (парниковый эффект) или разрушение озонового слоя.

Допустимое воздействие в системе «человек — среда обитания» — ситуация, когда потоки (вещества, энергии, информации), воздействуя на человека и среду обитания, не оказывают негативного влияния на здоровье, но приводят к дискомфорту, снижая эффективность деятельности человека. Соблюдение условий допустимого взаимодействия гарантирует невозможность возникновения и развития необратимых негативных процессов у человека и в среде обитания.

Допустимый (приемлемый) риск — максимальное значение риска (индивидуального, социального, техногенного и др.), нормативно приемлемое современным сообществом и государством.

Естественные опасности — опасности, обусловленные климатическими и природными явлениями. Они возникают при изменении погодных условий и естественной освещенности биосферы, а также во время стихийных явлений, происходящих в биосфере (наводнения, землетрясения и т.д.).

Естественно-техногенные опасности — опасности, связанные с усилением действия непосредственно естественных опасностей за счет взаимодействия с объектами техносферы.

Жизнедеятельность — процесс непрерывного взаимодействия человека со средой обитания в целях удовлетворения своих потребностей; повседневная деятельность и отдых, способ существования человека.

Защита от опасностей — способы и методы снижения уровня и продолжительности действия опасностей на человека в среде обитания.

Зона гибели — пределы толерантности по фактору воздействия, совпадающие со значениями максимума и минимума фактора, за пределами которых существование организма невозможно.

Зона допустимых значений фактора воздействия — область нормальной жизнедеятельности.

Зона оптимума — зона интенсивности фактора воздействия с точкой комфорта (точка максимума — жизненного потенциала), являющаяся областью нормальной жизнедеятельности.

Зона угнетения — зона интенсивности фактора воздействия с большими отклонениями его значения от оптимума.

Импульсные или кратковременные опасности — опасности, воздействие которых характерно для аварийных ситуаций, а также при залповых выбросах (например, при запуске ракет). Многие стихийные явления (например, грозу, сход лавин и т.п.) также относят к этой категории опасностей.

Индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) — интегральная оценка совместного негативного влияния загрязняющих воздух веществ.

Индивидуальные опасности — опасности, относящиеся к отдельному лицу и классифицируемые по признаку численности людей, подверженных опасному воздействию.

Индивидуальный риск — вероятность реализации негативного воздействия на человека в зоне его пребывания.

Информационные опасности — опасности, характеризующиеся движением через живое тело потоков информации и классифицируемые по признаку видов потоков в жизненном пространстве.

Качественное состояние среды обитания — состояние, которое достигается, главным образом, в результате рационального обращения с ресурсами и отходами, а также использования в условиях техносферы объектов экономики, машин и технологий, соответствующих нормативным требованиям по безопасности и экологичности.

Квантификация опасностей — количественная оценка опасностей.

Коллективные меры безопасности — меры, направленные на реализацию безопасных условий деятельности и быта, эффективную работу систем предупреждения и защиты населения от техногенных и естественных катастроф.

Комфортное (оптимальное) взаимодействие в системе «человек — среда обитания» — ситуация, когда потоки (вещества, энергии, информации) соответствуют оптимальным условиям взаимодействия: создают оптимальные условия деятельности и отдыха, предпосылки для проявления наивысшей работоспособности и, как следствие, влияют на продуктивность деятельности, гарантируют сохранение здоровья человека и целостности компонентов среды обитания.

Критерий безопасности — показатель качества среды обитания по параметрам влияния вредных и травмоопасных факторов в зоне пребывания человека. Это нормативные ограничения, налагаемые на вредные факторы и риски травмоопасности в зоне пребывания человека.

Критерии комфортности — показатель качества среды обитания по параметрам микроклимата, освещения и концентрациям загрязнения веществ в зоне пребывания человека.

Личные меры безопасности — меры, связанные с рациональным выбором места жительства, соблюдением правил и норм охраны труда, традициями здорового образа жизни.

Локальные опасности — опасности, классифицируемые по размерам зоны воздействия и отличающиеся местным, не выходящим за определенные пределы, характером. Как правило, к их числу относятся бытовые и производственные опасности, ограниченные размерами помещений.

Массовые опасности — опасности, относящиеся к широким кругам населения и классифицируемые по признаку численности людей, подверженных опасному воздействию.

Межрегиональные опасности — опасности, воздействующие одновременно на территории двух и более сопредельных государств. В этом случае опасные зоны и опасности становятся меж-

региональными, а поскольку источники опасности, как правило, расположены на территории одного государства, то при ликвидации последствий этих аварий возникают ситуации, приводящие к трудностям политического характера.

Наука о безопасности жизнедеятельности человека в техно-сфере — новая область научных знаний, которая формируется на основе ранее накопленного богатого практического опыта решения прикладных задач (защита от вибрации, шума, электромагнитных полей, механического травмирования и др.) и использования фундаментальных основ науки.

Неразличаемые опасности — опасности, классифицируемые по признаку избирательной идентификации опасности органами чувств человека, куда входит ряд опасных воздействий, которые не идентифицируются человеком: инфразвук, ультразвук, электромагнитные поля и излучения, ионизирующие излучения и др.

Ноксология (лат. *noxius* — вредный, греч. *logos* — учение): 1 — наука об опасностях материального мира Вселенной; 2 — наука об опасностях для человека и окружающей среды потоков веществ, энергии и информации материального мира Вселенной; 3 — наука о взаимоотношениях живых организмов между собой и окружающей их средой на уровне воздействий, приносящих ущерб здоровью и жизни организмов и (или) нарушающих целостность окружающей среды.

Ноксосфера — область возникновения, развития, действия опасностей.

Опасность — свойство человека и окружающей среды, способное причинять ущерб живой и неживой материи. Опасности возникают при достижении внешними потоками вещества, энергии, информации значений, превышающих способность к их восприятию любым элементом системы «человек — среда обитания» без нарушения своей функциональной целостности, т.е. без причинения ущерба. Применительно к БЖД термин «опасность» можно сформулировать как негативное свойство среды обитания, приводящее человека к потере здоровья или к гибели.

Основная цель учения о БЖД — формирование и широкая пропаганда знаний, направленных на снижение смертности и потерь здоровья людей от внешних причин.

Переменные (в том числе периодические) опасности — опасности, которые характерны для условий реализации циклических процессов: шум в зоне аэропорта или около транспортной магистрали, вибрация от средств транспорта и т.д.

Показатель негативности — абсолютная или относительная численность людей, пострадавших от воздействия опасностей среды обитания: численность пострадавших, показатели тяжести и частоты травматизма, смертность населения в трудоспособном возрасте, смертность людей от воздействия внешних негативных факторов среды обитания и т.п.

Показатель нетрудоспособности (K_n) — относительный показатель для оценки уровня нетрудоспособности: $K_n = 1000D/C$, где D — суммарное число дней нетрудоспособности по всем несчастным случаям, C — среднесписочное число работающих.

Показатель травматизма со смертельным исходом ($K_{си}$) — относительный показатель, определяющий число несчастных случаев из расчета на 1000 работающих за определенный период (обычно за год): $K_{си} = 1000(T_{си}/C)$, где $T_{си}$ — численность пострадавших со смертельным исходом, C — среднесписочное число работающих.

Показатель тяжести травматизма (K_T) — относительный показатель, характеризующий среднюю длительность нетрудоспособности, приходящуюся на один несчастный случай: $K_T = D/T_{тр}$, где D — суммарное число дней нетрудоспособности по всем несчастным случаям, $T_{тр}$ — численность пострадавших от воздействия травмирующих факторов за год.

Показатель частоты травматизма ($K_ч$) — относительный показатель, определяющий число несчастных случаев, приходящихся на 1000 работающих за определенный период: $K_ч = 1000(T_{тр}/C)$, где $T_{тр}$ — численность пострадавших от воздействия травмирующих факторов за год, C — среднесписочное число работающих.

Поле опасностей — совокупность опасностей в пространстве около объектов защиты.

Постоянные опасности — опасности, действующие в течение рабочего дня, суток и, как правило, связанные с условиями пребывания человека в производственных и бытовых помещениях, с его нахождением в городской среде или в промышленной зоне.

Потенциальная опасность — это угроза общего характера, не связанная с координатами пространства и временем воздействия.

Правило единственности объекта защиты — теоретический анализ и практическую деятельность по обеспечению безопасности необходимо проводить только для одного объекта.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) — максимальное значение вредного фактора, которое, воздействуя на человека, не вызывает у него или у его потомства патологических изменений даже скрытых или временно компенсируемых, в том числе заболеваний, изменений реактивности, адаптационно компенсаторных возможностей, иммунных реакций, нарушение физиологических циклов, а также психологических нарушений.

Предельно допустимый уровень (ПДУ) — уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований, в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Принцип существования внешних негативных воздействий на человека и природу (I принцип) — человек и природа могут подвергнуться негативным внешним воздействиям.

Принцип антропоцентризма (I принцип) — человек есть высшая ценность, сохранение и продление жизни которого является целью его существования.

Принцип природоцентризма (III принцип) — природа — лучшая форма среды обитания биоты, ее сохранение — необходимое условие существования жизни на земле.

Принцип возможности создания качественной техносферы (IV принцип) — создание человеком качественной техносферы принципиально возможно и достижимо при соблюдении в ней предельно допустимых уровней воздействия на человека и природу.

Принцип выбора путей реализации безопасного техносферного пространства (V принцип) — безопасное техносферное пространство создается за счет снижения значимости опасностей и применения защитных мер.

Принцип отрицания абсолютной безопасности (VI принцип) — абсолютная безопасность человека и целостность природы — недостижимы.

Принцип роста защищенности жизни человека будущего (VII принцип) — рост знаний человека, совершенствование техники и технологии, применение защиты, ослабление социальной напряженности в будущем неизбежно приведут к повышению защищенности человека и природы от опасностей.

Происшествие — событие, состоящее из негативного воздействия с причинением ущерба людским, природным или материальным ресурсам.

Производственные опасности — опасности, классифицируемые по признаку видов зон воздействия. Как правило, производственные опасности являются локальными, ограниченными размерами помещения.

Различаемые опасности — опасности, классифицируемые по признаку избирательной идентификации опасности органами чувств человека, куда входит ряд опасных воздействий (вибрация, шум, нагрев, охлаждение и т.д.), которые человек идентифицирует с помощью органов чувств.

Реализованные опасности — опасности, классифицируемые по признаку степени завершенности процесса воздействия опасности на объекты защиты, который характеризуется фактом воздействия реальной опасности на человека и (или) среду обитания, приведшим к потере здоровья или к летальному исходу человека, к материальным потерям.

Реальная опасность — это угроза реализации опасности в конкретной точке пространства.

Региональные опасности — опасности, классифицируемые по размерам зоны воздействия и относящиеся к какой-либо отдельной области, отдельной стране или нескольким соседним странам.

Совокупность систем «человек — среда обитания» — широко используемое в БЖД понятие для описания процессов негативно-го взаимодействия человека (коллектива людей, населения города, региона, страны, планеты Земля) с окружающей его средой обитания.

Среда обитания — окружающая человека среда, обусловленная совокупностью факторов (физических, химических, биологических, информационных, социальных), способных оказать прямое или косвенное, немедленное или отдаленное воздействие на жизнедеятельность человека, его здоровье и потомство.

Средняя продолжительность жизни людей в пенсионном возрасте — интегральный показатель негативного влияния условий жизни, в том числе опасностей среды обитания, определяемый как разность средней продолжительности жизни людей и пенсионного возраста, установленного в стране.

Стихийное бедствие — происшествие, связанное со стихийными явлениями на Земле и приведшее к гибели или потере здоровья людей, к разрушению биосферы или техносферы.

Таксономия опасностей — классификация опасностей по различным признакам. Опасности делят:

1) по происхождению — на естественные, техногенные, антропогенные, естественно-техногенные, антропогенно-техногенные;

2) по видам потоков в жизненном пространстве — на вещественные, энергетические, информационные;

3) по интенсивности — на опасные и чрезвычайно опасные потоки в жизненном пространстве;

4) по длительности воздействия — на постоянные, переменные (в том числе периодические), импульсные (кратковременные);

5) по видам зоны воздействия — на производственные, бытовые, городские, зоны ЧС;

6) по размерам зоны воздействия — на локальные, региональные, межрегиональные и глобальные;

7) по степени завершенности воздействия опасности на объект защиты — на потенциальные, реальные и реализованные;

8) по избирательной идентификации опасности органами чувств человека — на различаемые и неразличаемые;

9) по воздействию на человека — на вредные и травмоопасные;

10) по численности людей, подверженных опасному воздействию, — на индивидуальные, групповые и массовые.

Техногенные опасности — опасности, которые создают элементы техносферы (машины, сооружения, вещества).

Техногенный риск — вероятность возникновения аварий.

Техносфера — 1) среда обитания, возникшая с помощью прямого или косвенного воздействия людей и технических средств на природную среду с целью наилучшего соответствия среды социально-экономическим потребностям человека; 2) часть географической оболочки Земли, находящаяся под влиянием технических

устройств и средств, созданных современной цивилизацией, на которой расположены населенные пункты, фабрики, дороги, нефте- и газопроводы, системы связи, электростанции, ирригационные и дренажные сооружения, сельхозугодья и др.

Толерантность — способность организма переносить неблагоприятное воздействие (влияние) того или иного фактора среды обитания.

Травмирующий (травмоопасный) фактор — негативное воздействие на человека, которое приводит к травме или летальному исходу.

Травмоопасные воздействия — опасности, классифицируемые по признаку воздействия на человека, которое принято называть травмирующий фактор.

Урбанизация — процесс сосредоточения населения и экономической жизни в крупных городах.

Условие реализации опасности — совпадение в пространстве и времени источника опасностей и объекта защиты.

Цель науки о БЖД — создание защиты человека в техносфере от внешних негативных воздействий антропогенного, техногенного, естественного, естественно-техногенного и антропогенно-техногенного происхождения.

Цель изучения ноксологии — ознакомление с теорией и практикой науки об опасностях.

Цель изучения науки о ЗОС — достижение максимальной экологической безопасности хозяйственной деятельности человека, снижение риска антропогенного воздействия на окружающую среду.

Чрезвычайная ситуация (ЧС) — 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.

Чрезвычайно опасное взаимодействие в системах «человек — среда обитания» — ситуация, когда потоки (вещества, энергии, информации) высоких уровней за короткий период времени могут нанести травму, привести человека к летальному исходу, вызвать разрушения в среде обитания.

Чрезвычайно опасные потоки — опасности, классифицируемые по признаку интенсивности потоков в жизненном пространстве. Ситуацию считают чрезвычайно опасной в тех случаях, когда уровни потоков воздействия выше границ толерантности, что характерно для аварийной зоны или зоны стихийного бедствия.

Чрезвычайное происшествие (ЧП) — событие, обычно происходящее кратковременно и обладающее высоким разрушительным уровнем негативного воздействия на людей, природные и ма-

териальные ресурсы. К ЧП относятся крупные аварии, катастрофы, стихийные бедствия.

Экологический риск — 1) вероятность и масштаб неблагоприятных для экологических ресурсов последствий любых антропогенных изменений природных объектов; 2) вероятность реализации негативного воздействия на компоненты среды обитания.

Экологичность источника опасности — состояние источника, при котором соблюдается его допустимое воздействие на техносферу и (или) биосферу.

Экология — наука о составе, структуре, свойствах, функциональных особенностях и эволюции экосистем и биосферы.

Энергетические опасности — опасности, характеризующиеся движением через живое тело избыточных потоков энергии.

Приложение 1

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ОРГАНИЗАЦИИ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИЕ ЧЕЛОВЕКО– И ПРИРОДОЗАЩИТНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

1. **Всемирная организация здравоохранения – ВОЗ** – основанная представителями ООН 7 апреля 1948 г. является направляющей и координирующей инстанцией в области здравоохранения в рамках системы Объединенных Наций. Она несет ответственность за обеспечение ведущей роли при решении проблем глобального здравоохранения, установление норм и стандартов, разработку политики на основе фактических данных, обеспечение технической поддержки странам, а также контроль за ситуацией в области здравоохранения и оценку динамики ее изменения. Целью ВОЗ является достижение всеми народами возможно высшего уровня здоровья. Всемирная ассамблея здравоохранения является высшим органом ВОЗ. В работе ежегодных сессий ВОЗ принимают участие делегации из 193 государств – членом ВОЗ.

2. **Глобальная система мониторинга окружающей среды – ГСМОС** – международная организация, созданная в 1974 г. Участники – 140 стран мира. Цели: координация и содействие международным действиям по мониторингу и оценке окружающей среды; оказание поддержки в создании новых станций мониторинга; сбор и распространение данных о состоянии атмосферы и климата, загрязнении окружающей среды. Основная деятельность: объединение многочисленных данных (по землепользованию, климату, социально-экономическому развитию) на основе технологии геоинформационных систем; представление консультативных услуг по управлению информационными ресурсами.

3. **Европейское агентство по окружающей среде – ЕАОС** – учреждение Европейского Союза, осуществляющее сбор, обработку и анализ информации о состоянии окружающей среды на европейском континенте. Правовую базу деятельности Агентства составляет Регламент 1210/90 от 7 мая 1990 г. об учреждении ЕАОС. Выполняет следующие функции: обеспечение ЕС и государств-членов объективной экологической информацией; регистрация, сопоставление и оценка информации о состоянии окружающей сре-

ды; участие в информационном обмене на европейском уровне; координация Европейской сети информации и наблюдения за окружающей средой, содействие в инкорпорации ее в международные системы мониторинга, содействие государствам-членам в становлении систем мониторинга окружающей среды и консультация государств-членов по данным вопросам; совершенствование методов оценки стоимости ущерба, превентивных и восстановительных мероприятий.

4. Международная комиссия по радиационной защите — МКРЗ — организация, созданная в 1928 г, нынешнее название имеет с 1950 г. Разрабатывает правила работы с радиоактивными материалами.

5. Международная организация по стандартизации — ИСО — была создана в 1946 г. и начала функционировать 23 февраля 1947 г. Учреждена на основе достигнутого на совещании в Лондоне соглашения между представителями 25 индустриально развитых стран о создании добровольной, неправительственной организации, обладающей полномочиями координировать на международном уровне разработку различных промышленных стандартов и осуществлять процедуру принятия их в качестве международных. Основная цель организации сформулирована в ее уставе: «Содействие развитию стандартизации в мировом масштабе для обеспечения международного товарообмена и взаимопомощи, а также для расширения сотрудничества в областях интеллектуальной, научной, технической и экономической деятельности». На сегодняшний день в составе ИСО — 157 стран. К важнейшим заслугам организации следует отнести разработку нашедших всемирное применение фундаментальных системных стандартов по организации менеджмента качества (ISO 9000) и экологического менеджмента (ISO 14000).

6. Международная организация труда — МОТ — созданное в 1919 г. на основании Версальского мирного договора в качестве структурного подразделения Лиги Наций специализированное учреждение ООН, занимающееся вопросами регулирования трудовых отношений. В 2009 г. участниками МОТ являлось 182 государства. Одной из основных задач является защита рабочего от болезней, профессиональных заболеваний и несчастных случаев на производстве.

7. Международное агентство по атомной энергии — МАГАТЭ — для развития сотрудничества в области мирного использования атомной энергии, основанное в 1957 г. Основные функции агентства: поощрение исследований и разработок по мирному использованию атомной энергии; поощрение обмена научными достижениями и методами; формирование и применение системы гарантий того, что гражданские ядерные программы и разработки не будут использоваться в военных целях; разработка, установление и адаптация норм в области здравоохранения и безопасности.

8. Международный союз охраны природы (МСОП) — всемирный союз охраны природы — создан в 1948 г. во Франции, его членами являются как правительства различных стран, так и отдельные государственные структуры, учреждения, общественные объединения и т.д. МСОП готовит и издает международную «Красную Книгу», содержащую информацию о видах животных и растений, нуждающихся в охране. В рамках МСОП работает Комиссия экологического права, разрабатывающая основы международного экологического права.

9. Научный комитет по проблемам окружающей среды — СКОПЕ — организация, созданная в 1969 г. Цели: стимулирование новых подходов, оценка и определение важных научных проблем в области охраны окружающей среды; выявление крупнейших проблем международного значения; поддержка действий международного, неправительственного междисциплинарного характера. Основная деятельность: осуществление проектов по основным экологическим направлениям (устойчивое развитие, биогеохимические циклы, глобальные изменения и экосистемы, здоровье и экотоксикология); издание отчетов по проведенным исследованиям.

10. Программа ООН по окружающей среде — ЮНЕП — созданная в рамках системы ООН программа, способствующая координации охраны природы на общесистемном уровне. Программа учреждена на основе резолюции Генеральной Ассамблеи ООН от 15 декабря 1972 г. Основной целью ЮНЕП является организация и проведение мер, направленных на защиту и улучшение окружающей среды на благо нынешнего и будущих поколений. Девиз Программы — «Окружающая среда в интересах развития». Деятельность ЮНЕП включает в себя различные проекты в области атмосферы Земли, морских и наземных экосистем. ЮНЕП играет значительную роль в развитии международных конвенций в области экологии и охраны окружающей среды, сотрудничает с государствами и неправительственными международными организациями, часто спонсирует связанные с экологией проекты. В сферу деятельности ЮНЕП также входит разработка рекомендаций и международных договоров по таким вопросам, как потенциально опасные химикаты, трансграничное загрязнение воздуха и загрязнение международных судоходных русел. Управляющий Совет ЮНЕП состоит из 58 государств.

11. Программа ЮНЕСКО «Человек и биосфера» — МАБ — создана в 1971 г. для решения глобальных противоречий, возникающих в сфере окружающей среды и развития. Генеральная конференция ЮНЕСКО предполагает следующий подход программы «Человек и биосфера» к своей деятельности: максимальное сокращение потерь биоразнообразия за счет использования соответствующих научных знаний при принятии решений; повышение уровня сохранности окружающей среды за счет создания или ре-

зерватов; увеличение взаимодействия между культурным и биологическим разнообразием. МАБ управляется Международным Координационным Советом (МКС) и национальными комитетами. МКС состоит из 34 членов. В рамках программы по всему миру создана сеть биосферных резерватов (БР), которые охватывают все основные мировые экосистемы. Каждый из резерватов состоит, по меньшей мере, из одной заповедной зоны, а также прилегающих к ней буферной зоны и зоны сотрудничества. В общей сложности по состоянию на декабрь 2009 г. во Всемирную сеть входит 553 биорезервата в 107 странах.

12. Римский клуб — международная неправительственная организация, деятельность которой направлена на стимулирование изучения глобальных проблем. Основана в 1968 г. У Римского клуба нет штата и формального бюджета. Его деятельность координируется исполнительным комитетом, состоящим из 12 человек. Пост президента клуба последовательно занимали А. Печчеи, А. Кинг (1984—1991 гг.) и Р. Диес-Хохлайтнер (с 1991 г.). Согласно правилам, действительными членами клуба могут быть не более 100 человек из разных стран мира. Одной из главных своих задач Римский клуб изначально считал привлечение внимания мировой общественности к глобальным проблемам посредством своих докладов. Организация внесла значительный вклад в изучение перспектив развития биосферы и пропаганду идеи гармонизации отношений человека и природы.

Приложение 2

СИСТЕМА ФЕДЕРАЛЬНЫХ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ОРГАНОВ ВЛАСТИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИХ ЧЕЛОВЕКО– И ПРИРОДОЗАЩИТНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Обеспечение человеко- и природозащитной деятельности достигается в конечном счете правильностью и своевременностью принимаемых соответствующих управленческих решений в масштабах страны, в отраслях и на отдельно взятых производственных объединениях, предприятиях и организациях. В настоящее время в Российской Федерации данная деятельность включает в себя три самостоятельных направления, каждое из которых имеет свою правовую (законодательную), нормативную и организационную основу, свои руководящие и контролирующие органы. Этими направлениями являются: охрана труда, охрана окружающей среды и прогнозирование, предупреждение и ликвидация последствий ЧС (рис. П2-1).

Министерство природных ресурсов Российской Федерации (Минприроды России) является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере изучения, использования, воспроизводства и охраны природных ресурсов, включая недра, водные объекты, леса, расположенные на землях особо охраняемых природных территорий, объекты животного мира (за исключением объектов животного мира, отнесенных к объектам охоты) и среду их обитания, в сфере эксплуатации и обеспечения безопасности водохранилищ, водохозяйственных систем комплексного назначения и гидротехнических сооружений (за исключением судоходных гидротехнических сооружений), безопасного ведения работ, связанных с пользованием недрами, промышленной безопасности, безопасности при использовании атомной энергии, безопасности электрических и тепловых установок и сетей, безопасности производства, хранения и применения взрывчатых материалов промышленного на-



Рис. П2-1. Система управления человеко- и природозащитной деятельностью в России

значения, в сфере гидрометеорологии и смежных с ней областях, мониторинга окружающей природной среды, ее загрязнения, а также по выработке и реализации государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере охраны окружающей среды, включая вопросы, касающиеся особо охраняемых природных территорий и государственной экологической экспертизы.

Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России) является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке и реализации государственной политики, нормативно-правовому регулированию, а также по надзору и контролю в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, обеспечения пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах.

В систему органов государственной власти, осуществляющих человеко- и природозащитную деятельность, также входят нижеперечисленные федеральные службы и агентства.

Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации (Минтруда России) является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере социального развития, труда и защиты прав потреби-

телей, демографической политики, оценки воздействия на организм человека особо опасных факторов физической и химической природы, оплаты труда, социального страхования, условий и охраны труда, профессиональную подготовку, переподготовку, повышение квалификации отдельных категорий работников в области охраны труда.

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор) — осуществляет функции по контролю и надзору в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения, защиты прав потребителей и потребительского рынка, в том числе государственный санитарно-эпидемиологический надзор за соблюдением санитарного законодательства.

Федеральная служба по надзору в сфере здравоохранения и социального развития (Росздравнадзор) является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по контролю и надзору в сфере здравоохранения и социального развития.

Федеральная служба по труду и занятости (Роструд) является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по контролю и надзору в сфере труда, занятости и альтернативной гражданской службы, по оказанию государственных услуг в сфере содействия занятости населения и защиты от безработицы, трудовой миграции и урегулирования коллективных трудовых споров.

Федеральное медико-биологическое агентство (ФМБА России) является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по оказанию государственных услуг и управлению государственным имуществом в сфере здравоохранения и социального развития, включая организацию медико-социальной экспертизы, а также функции по контролю и надзору в сфере санитарно-эпидемиологического благополучия работников организаций отдельных отраслей промышленности с особо опасными условиями труда (в том числе при подготовке и выполнении космических полетов по пилотируемым программам, проведении водолазных и кессонных работ).

Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по принятию нормативных правовых актов, управлению государственным имуществом и оказанию государственных услуг в области гидрометеорологии и смежных с ней областях, мониторинга окружающей природной среды, ее загрязнения, государственному надзору за проведением работ по активному воздействию на метеорологические и другие геофизические процессы, обеспечивает в установленной сфере деятельности выполнение обязательств Российской Федерации по международным договорам Российской Федерации, в том числе по Конвенции Всемирной метеоро-

логической организации, рамочной Конвенции ООН об изменении климата и Протоколу по охране окружающей среды к Договору об Антарктике, подписанному в Мадриде 4 октября 1991 г.

Федеральная служба по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор) является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по контролю и надзору в сфере природопользования, а также в пределах своей компетенции в области охраны окружающей среды, в том числе в части, касающейся ограничения негативного техногенного воздействия, в области обращения с отходами (за исключением радиоактивных отходов) и государственной экологической экспертизы.

Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) является федеральным органом исполнительной власти в сфере технологического и атомного надзора, функции по контролю и надзору в сфере безопасного ведения работ, связанных с пользованием недрами, промышленной безопасности, безопасности при использовании атомной энергии (за исключением деятельности по разработке, изготовлению, испытанию, эксплуатации и утилизации ядерного оружия и ядерных энергетических установок военного назначения), безопасности электрических и тепловых установок и сетей (кроме бытовых установок и сетей), безопасности гидротехнических сооружений (за исключением судоходных гидротехнических сооружений), а также гидротехнических сооружений, полномочия по осуществлению надзора за которыми переданы органам местного самоуправления), безопасности производства, хранения и применения взрывчатых материалов промышленного назначения, а также специальные функции в области государственной безопасности в указанной сфере; осуществляет нормативно-правовое регулирование порядка оформления декларации промышленной безопасности опасных производственных объектов и перечень включаемых в нее сведений, порядка проведения технического расследования причин аварий, инцидентов и случаев утраты взрывчатых материалов промышленного назначения, методики разработки и установления нормативов предельно допустимых выбросов радиоактивных веществ в атмосферный воздух и нормативов допустимых сбросов радиоактивных веществ в водные объекты; порядка выдачи и форма разрешений на выбросы и сбросы радиоактивных веществ; осуществляет контроль и надзор: за соблюдением в пределах своей компетенции требований законодательства Российской Федерации в области обращения с радиоактивными отходами; выдает разрешения: на выбросы и сбросы радиоактивных веществ в окружающую среду; устанавливает нормативы предельно допустимых выбросов радиоактивных веществ в атмосферный воздух и нормативы допустимых сбросов радиоактивных веществ в водные объекты; регистрирует опасные производственные объекты и ведет государственный реестр таких объектов.

Федеральное агентство водных ресурсов (Росводресурсы) является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по оказанию государственных услуг, управлению государственным имуществом, а также правоприменительные функции в сфере водных ресурсов. Основными функциями Федерального агентства водных ресурсов являются: обеспечение в пределах своей компетенции мероприятий по рациональному использованию, восстановлению и охране водных объектов, предупреждению и ликвидации вредного воздействия вод; эксплуатация водохранилищ и водохозяйственных систем комплексного назначения, защитных и других гидротехнических сооружений, находящихся в ведении агентства, обеспечение их безопасности; разработка в установленном порядке схем комплексного использования и охраны водных ресурсов, водохозяйственных балансов и составление прогнозов состояния водных ресурсов и перспективного использования и охраны водных объектов; обеспечение разработки и осуществления противоаварийных мероприятий, мероприятий по проектированию и установлению водоохраных зон водных объектов и их прибрежных защитных полос, предотвращению загрязнения вод; мониторинга водных объектов, государственного учета поверхностных и подземных вод и их использования.

Федеральное агентство по недропользованию (Роснедра) является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по оказанию государственных услуг, управлению государственным имуществом, а также правоприменительные функции в сфере недропользования. Основными функциями Федерального агентства по недропользованию являются: организация работ по воспроизводству минерально-сырьевой базы и ее рациональному использованию; осуществление мониторинга состояния недр.

Министерство образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки России) является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере образования, научной, научно-технической и инновационной деятельности, развития федеральных центров науки и высоких технологий, государственных научных центров и наукоградов, интеллектуальной собственности (в том числе в области человеко- и природозащитной деятельности)

Министерство промышленности и торговли Российской Федерации (Минпромторг России) является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим: функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере технического регулирования и обеспечения единства измерений, науки и техники в интересах обороны и безопасности государства. Минпромторг России является уполномоченным

(национальным) органом Российской Федерации по выполнению Конвенции о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и его уничтожению и Конвенции о запрещении разработки, производства, накопления запасов бактериологического (биологического) и токсинного оружия и об их уничтожении.

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Ростехрегулирование) является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по оказанию государственных услуг, управлению государственным имуществом в сфере технического регулирования и метрологии

Федеральная служба государственной статистики (Росстат) является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по формированию официальной статистической информации о социальных, экономических, демографических, экологических и других общественных процессах в Российской Федерации, а также в порядке и случаях, установленных законодательством Российской Федерации, функции по контролю в сфере государственной статистической деятельности.

Федеральная служба по надзору в сфере транспорта (Ространнадзор) является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по контролю и надзору в сфере воздушного (гражданской авиации), морского (включая обеспечение безопасности мореплавания и порядка в морских рыбных портах), внутреннего водного, железнодорожного, автомобильного и городского электрического (включая метрополитен), промышленного транспорта и дорожного хозяйства, а также функции по техническому надзору за спортивными судами.

Федеральная служба страхового надзора (Росстрахнадзор) является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по контролю и надзору в сфере страховой деятельности. Основными функциями Федеральной службы страхового надзора являются: осуществление контроля за соблюдением субъектами страхового дела страхового законодательства, в том числе путем проведения проверок их деятельности; обобщение практики страхового надзора, разработка и представление в установленном порядке предложений по совершенствованию страхового законодательства, регулирующего осуществление страхового надзора.

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации (Минсельхоз России) является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции: по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере агропромышленного комплекса, карантин растений, плодородие почв, производство и оборот этилового спирта из пищевого и непищевого сырья, спиртосодержащей, алкогольной и табачной продукции, охраны, изучения, сохранения, воспроизводства и ис-

пользования объектов животного мира, отнесенных к объектам охоты, за исключением обитающих на особо охраняемых природных территориях и (или) занесенных в Красную книгу Российской Федерации, и среды их обитания, а также в области лесных отношений (за исключением лесов, расположенных на особо охраняемых природных территориях); по выработке и реализации государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере земельных отношений (в части, касающейся земель сельскохозяйственного назначения), по государственному мониторингу таких земель.

Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору (Россельхознадзор) является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по контролю и надзору в сфере ветеринарии, карантина и защиты растений, безопасного обращения с пестицидами и агрохимикатами, обеспечения плодородия почв, лесных отношений (за исключением лесов, расположенных на землях особо охраняемых природных территорий), охраны, воспроизводства, использования объектов животного мира, отнесенных к объектам охоты, и среды их обитания, функции по защите населения от болезней, общих для человека и животных.

Федеральная таможенная служба (ФТС России) является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим в соответствии с законодательством Российской Федерации функции по контролю и надзору в области таможенного дела, специальные функции по борьбе с контрабандой, иными преступлениями и административными правонарушениями.

Литература

1. *Белов, С. В.* Безопасность жизнедеятельности : учебник / С. В. Белов, В. А. Девисилов, А. Ф. Козьяков и др. ; под общ. ред. С. В. Белова. — 5-е изд., испр. и доп. — М. : Высшая школа, 2006.
2. *Белов, С. В.* Безопасность жизнедеятельности : учебник / С. В. Белов, В. А. Девисилов, А. В. Ильницкая и др. ; под общ. ред. С. В. Белова. — 8-е изд., испр. и доп. — М. : Высшая школа, 2009.
3. *Белов, С. В.* Безопасность жизнедеятельности. Терминология : учеб. пособие / С. В. Белов, В. С. Ванаев, А. Ф. Козьяков ; под ред. С. В. Белова. — М. : КНОРУС, 2008.
4. *Белов, С. В.* Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность) : учебник / С. В. Белов. — 4-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт ; ИД Юрайт, 2012.
5. *Борисов, А. Ф.* Чрезвычайные ситуации (источники, прогноз, защита) : учеб. пособие / А. Ф. Борисов, М. П. Пязин. — Нижний Новгород : Изд-во «Вента-2», 2004.
6. *Кирюшкин, А. А.* Введение в безопасность жизнедеятельности / А. А. Кирюшкин. — СПб. : Изд-во Санкт-Петербургского университета, 2001.
7. *Маслоу, А.* Самоактуализация. Психология личности / А. Маслоу. — М., 1982.
8. Надежность технических систем и техногенный риск / В. А. Акимов, В. Л. Лапин, В. М. Попов и др. ; под ред. М. И. Фалеева. — М. : ЗАО ФИД «Деловой экспресс», 2002.
9. Оценка условий жизнедеятельности человека по факторам вредности и травмоопасности : метод. указания к лабораторной работе по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» / С. В. Белов, Э. П. Пышкина, С. Г. Смирнов, В. С. Ванаев. — М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007.
10. *Панин, В. Ф.* Экология для инженера. Общеэкологическая концепция биосферы и экономические рычаги преодоления глобального экологического кризиса: обзор современных принципов и методов защиты биосферы : учеб. пособие / В. Ф. Панин, А. И. Сечин, В. Д. Федосова ; под ред. В. Ф. Панина. — М. : Издательский дом «Ноосфера», 2000.

11. Приложения к журналу «Безопасность жизнедеятельности» («Школа БЖД»): 2003. — № 7, 9, 11, 12; 2004. — № 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10; 2005. — № 3, 4, 6; 2006. — № 3, 5, 9.

12. Экология, охрана природы и экологическая безопасность : учеб. пособие / А. Т. Никитин, С. А. Степанов, Ю. М. Забродин [и др.]; под общ. ред. В. И. Данилова-Данильяна. — М. : Изд. МНЭПУ, 1997.

Покупайте наши книги:

В офисе издательства «ЮРАЙТ»:
111123, г. Москва, ул. Плеханова, д. 4,
тел.: (495) 744-00-12, e-mail: sales@urait.ru, www.urait.ru

В логистическом центре «ЮРАЙТ»:
140053, Московская область, г. Котельники, мкр. Ковровый, д. 37,
тел.: (495) 744-00-12, e-mail: sales@urait.ru, www.urait.ru

В интернет-магазине «ЮРАЙТ»: www.urait-book.ru,
e-mail: order@urait-book.ru, тел.: (495) 742-72-12

Для закупок у Единого поставщика в соответствии
с Федеральным законом от 21.07.2005 № 94-ФЗ
обращайтесь по тел.: (495) 744-00-12,
e-mail: sales@urait.ru, vuz@urait.ru

Учебное издание

**Белов Сергей Викторович,
Симакова Елена Николаевна**

НОКСОЛОГИЯ

Учебник для бакалавров

Под общей редакцией *С. В. Белова*

Формат 84 × 108¹/₃₂.
Гарнитура «PetersburgС». Печать офсетная.
Усл. печ. л. 22,63. Тираж 1500 экз. Заказ №

ООО «Издательство Юрайт»
111123, г. Москва, ул. Плеханова, д. 4.
Тел.: (495) 744-00-12. E-mail: izdat@urait.ru, www.urait.ru